



Departamento de Ingeniería Industrial

Trabajo de Diploma

Título: Diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta para el modelo pedagógico presencial del Plan de estudios D.

Autora: Ana María Ruiz Godoy

Tutor: MSc. Danny Daniel Hernández Capote

Consultantes: MSc. Mario A. Curbelo Hernández

Dr. Ramón Pérez Gálvez

Curso: 2014 – 2015
“Año 57 de la Revolución”

Pensamiento



Pensamiento

"Hoy se trata de perfeccionar la obra realizada y partiendo de ideas y conceptos enteramente nuevos. Hoy buscamos lo que a nuestro juicio debe ser y será un sistema educacional que se corresponda cada vez más con la igualdad, la justicia plena, la autoestima y las necesidades morales y sociales de los ciudadanos en el modelo de sociedad que el pueblo de Cuba se ha propuesto crear."

Fidel Castro Ruz

Agradecimientos



Agradecimientos

Muchas Gracias:

A mi tutor Danny por dedicarme tantas horas de sacrificio y comprensión, por ayudarme con tanta paciencia y dedicación. No tengo como agradecerle.

A Jenny por cuidarme en Las Tunas, por su apoyo y sus sabios consejos en todo momento.

A Mario Curbelo, por brindarme toda su ayuda y sabios consejos en esta recta final. Muchas gracias.

A Ramoncito por su ayuda incondicional en la realización de este trabajo.

A Vicky, Cintya, Livania, Maylin, Sergio, Gabriel, Armandito, el Pope por su amistad y apoyo incondicional siempre en los buenos y malos momentos.

A Idia, Susefy, Yuneisy y Maikel por compartir su amistad y apoyo desde que comencé a trabajar en la Facultad.

A Vladimir y Maxim por su infinita paciencia, comprensión y apoyo incondicional en todo momento, a los dos muchísimas Gracias.

A todos mis compañeros de trabajo del Departamento de Redes por apoyarme siempre y brindarme toda su ayuda.

A mis compañeros de trabajo de la Facultad que siempre estuvieron pendientes y me brindaron sus consejos siempre que los necesité.

A los profesores que me han impartido clases en estos seis años y medio de estudios, ustedes de una manera u otra han aportado su granito de arena a mi formación, sin su ayuda, conocimientos y enseñanzas, no estaría en este momento cumpliendo mi meta de ser ingeniera.

A todos los que de una forma u otra me brindaron su apoyo.

Muchas Gracias.

Dedicatoria



Dedicatoria

A mi mamá y mi papá por su comprensión y ayuda en cada uno de los momentos de mi vida, por enseñarme a ser perseverante en mis proyectos y por brindarme su inmenso amor sin pedir nada a cambio.

A mi hermano por confiar en mí y aconsejarme en todos los momentos de mi vida que lo necesite.

A Yody y Yamila por ser mis hermanas mayores, por guiarme y apoyarme en todo momento.

A toda mi familia que siempre estuvo ahí cuando los necesite y a los que ya no están, pero que siempre tendrán espacio en mi corazón.

Resumen



Resumen

El presente trabajo de diploma titulado “Diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta para el modelo pedagógico presencial del Plan de estudios D.”, se ha desarrollado en el quinto año de la carrera Ingeniería Industrial de la Universidad de Cienfuegos en el marco del perfeccionamiento del plan de estudios D. Para el cumplimiento del objetivo trazado se ha realizado una investigación documental detallada, sobre los contenidos de localización de instalaciones y distribución en planta para la asignatura objeto de estudio y la gestión del diseño curricular de la misma. Se realiza un análisis de los objetivos, sistema de habilidades y valores desde el nivel de la carrera (modelo del profesional) hasta la asignatura, que posibilita diseñar el plan calendario de la asignatura, además queda conformado el diseño curricular de la misma, de acorde a lo planteado en el programa de la asignatura, el plan calendario y las estrategias curriculares para el Plan de estudio D. A su vez se detallan las valoraciones obtenidas. Se utiliza el método de criterio de experto para completar la caracterización de la asignatura y justificar la validez del diseño curricular propuesto, así como la evaluación los resultados obtenidos con el diseño realizado.

Summary



Summary

This dissertation entitled "Curriculum Design Course Distribution Plan for classroom teaching model of Curriculum D." has developed in the fifth year of Industrial Engineering career at the University of Cienfuegos in the context of development curriculum D. to comply with the goal set was made a detailed documentary research on the contents of location of facilities and distribution plan for the subject under study and management of the curricular design of it. An analysis of the objectives, set of skills and values from the career level (professional model) to the subject, which allows designing the schedule of the course plan is done, besides the curriculum is comprised thereof, chord to what was stated in the course syllabus, schedule and curriculum plan strategies for curriculum D. turn the valuations obtained are detailed. Evaluating the results obtained with the design made the expert judgment method is used to complete the characterization of the subject and justify the validity of the proposed curriculum design, as well.

Índice



Contenido

PENSAMIENTO	3
AGRADECIMIENTOS	5
DEDICATORIA.....	7
RESUMEN.....	7
SUMMARY	11
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO I: “LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES, LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y LA GESTIÓN DEL DISEÑO CURRICULAR”	22
1.1. CONTENIDO DE LA ASIGNATURA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	23
1.1.1. <i>Localización en planta</i>	23
1.1.1.1. Procedimientos de localización	23
1.1.1.2. Importancia de las decisiones de localización	25
1.1.1.3. Las decisiones de localización: causas y tipos	26
1.1.1.4. Tendencias y estrategias futuras en localización.....	27
1.1.1.5. Factores que intervienen en la localización de una planta	28
1.1.1.6. Métodos de selección de la localización	29
1.1.2. <i>Distribución en Planta</i>	30
1.1.2.1. Objetivo de la distribución en planta	31
1.1.2.2. Principios básicos para una distribución en planta	31
1.1.2.3. Ventajas de una eficiente distribución en planta.....	32
1.1.2.4. Tipos de distribución en planta.....	33
1.1.2.5. Factores que intervienen en la distribución espacial de una instalación	35
1.1.2.5.1. Determinación de las necesidades de equipos, maquinarias y puestos de trabajo.....	36
1.1.2.5.2. Fuerza de trabajo.....	37
1.1.2.5.3. Necesidades de materiales	37
1.1.2.5.4. Necesidades de áreas	37
1.1.2.6. Métodos para determinar la distribución en planta	38
1.1.2.6.1. Método S.L.P. (Systematic Layout Planning)	38
1.1.2.6.2. Método húngaro.....	38
1.1.2.6.3. Método triangular	38
1.1.2.6.4. Método de los momentos de carga	39
1.1.2.6.5. Método relacional basado en la teoría de redes	39
1.2. DISEÑO CURRICULAR	39
1.2.1. <i>Gestión del diseño curricular</i>	39
1.2.2. <i>Diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta</i>	44
1.3. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	45
CAPÍTULO II: “DISEÑO Y PREPARACIÓN METODOLÓGICA DE LA ASIGNATURA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA”	47
2.1. INTRODUCCIÓN AL PLAN DE ESTUDIOS “D”	47
2.2. MODELO DEL PROFESIONAL DEL INGENIERO INDUSTRIAL	47
2.2.1. <i>Campos de acción</i>	48
2.2.2. <i>Objetivos generales</i>	49
2.2.3. <i>Habilidades profesionales</i>	49
2.3. DERIVACIÓN DE LA DISCIPLINA GESTIÓN DE PROCESOS Y CADENAS DE SUMINISTRO.....	50
2.3.1. <i>Fundamentación de la disciplina</i>	50

2.3.2. Objetivos educativos	50
2.3.3. Objetivos instructivos	51
2.3.4. Contenidos básicos de la disciplina	51
2.3.5. Conocimientos básicos a adquirir	52
2.3.6. Habilidades básicas a dominar en la disciplina.....	53
2.3.7. Valores de la carrera a que tributa.....	53
2.4. DERIVACIÓN DE LA ASIGNATURA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	54
2.4.1. Objetivos Instructivos	54
2.4.2. Conocimientos básicos a adquirir	54
2.4.3. Habilidades básicas a dominar	55
2.4.4. Indicaciones metodológicas y de organización.....	55
2.5. PREPARACIÓN DE LA ASIGNATURA.	55
2.6. PROGRAMA ANALÍTICO DE LA ASIGNATURA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	56
2.6.1. Problema que resuelve la propuesta del diseño metodológico de la asignatura Distribución en Planta	57
2.6.2. Objeto de la asignatura	58
2.6.3. Sistema de objetivos	58
2.6.4. Sistema de contenidos.....	59
2.6.5. Sistema de métodos de enseñanza.....	60
2.6.6. Formas organizativas de enseñanza	62
2.6.7. Sistema de medios de enseñanza	69
2.6.8. Sistema de evaluación	73
2.6.9. Sistema bibliográfico	74
2.6.10. Estrategias educativas	75
2.7. PLAN CALENDARIO DE LA ASIGNATURA	76
2.8. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	79
CAPÍTULO III: “VALIDACIÓN DEL DISEÑO CURRICULAR MEDIANTE EL MÉTODO DE CRITERIO DE EXPERTOS”	81
3.1. MÉTODO DE CRITERIO DE EXPERTOS.....	81
3.1.1. Formulación del problema	82
3.1.2. Elección de expertos.....	82
3.1.3. Elaboración y aplicación de los cuestionarios	84
3.1.4. Procesamiento y análisis de los resultados	89
3.1.4.1. Resultados del Cuestionario #2	92
3.1.4.2. Resultados del Cuestionario #3	97
3.2. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	103
CONCLUSIONES.....	105
RECOMENDACIONES	107
BIBLIOGRAFÍA.....	109
ANEXOS.....	115

Introducción



Introducción

La Distribución en planta es un tema que tiene cada vez más importancia para el incremento de la productividad. Las primeras distribuciones en planta en la antigüedad eran llevadas a cabo por el maestro de obras que diseñaba el edificio o por el trabajador que acondicionaba su propio puesto de trabajo. (Diéguez Matellán, Gómez Figueroa, Negrín Sosa, & Pérez Gosende, 2007)

Documentos históricos muestran el área de trabajo para un servicio específico, pero no se refleja la aplicación de ningún principio básico. Es en el advenimiento de la revolución industrial en el que la disposición espacial de la planta de producción toma carácter e importancia como objetivo económico, para los dueños de las empresas y fábricas que existían en ese entonces.

Con el paso del tiempo y la especialización del trabajo se comenzaron a crear grupos de especialistas que estudiaron los problemas de la distribución en planta, con ellos llegaron principios, fundamentos, requerimientos y se documentaron técnicas que hoy en día sirven de base para la planeación eficiente de una instalación, que han hecho de esta disciplina una de las más importantes en los procesos productivos, pudiéndose afirmar que la distribución en planta, se encuentra lejos de ser una ciencia, es más bien un arte en el que la pericia y la experiencia juegan un papel fundamental (Pérez Gosende, 2014).

Las decisiones de localización forman parte de la distribución en planta y a su vez parte importante del proceso de formulación estratégica de la empresa. Una buena selección puede contribuir a la realización de los objetivos empresariales, mientras que una localización desacertada puede conllevar un desempeño inadecuado de las operaciones (García Alonso, 2010).

Los principales problemas en la distribución en planta surgen cuando los estudios son realizados sin la importancia requerida, ignorando los objetivos y metas a mediano y largo plazo, por lo general se diseñan distribuciones para las condiciones de inicio, sin embargo a medida que la organización crece y se producen cambios, éstas se vuelven deficientes provocando grandes pérdidas, pues cambiar una distribución establecida suele ser demasiado costoso. (Nahmias, 1999)

En la actualidad, la sociedad de los países industrializados vive en un constante proceso de cambio debido al desarrollo científico – técnico, así como al establecimiento de determinados paradigmas técnicos – económicos, políticos y culturales en general, produciendo cambios a su vez a las diferentes ciencias, entre ellas la distribución en planta.

Las exigencias del desarrollo que se producen hoy en día en las sociedades modernas, conducen a las empresas a alcanzar resultados estables con el menor costo posible, para esto es necesario

erradicar la falta de profundidad en los estudios de factibilidad, de ahí que el estudio de la distribución en planta sea uno de los más importantes y que parte de ella se desenvuelva a través de los programas de estudio de la enseñanza superior.

Actualmente Cuba se encuentra inmersa en un proceso de actualización del modelo económico lo que conlleva directas repercusiones en la enseñanza superior. En el Sexto Congreso del Partido Comunista de Cuba se ha discutido y analizado el proyecto final de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, son decisivos para el futuro socialista del país, su aplicación eficiente constituye hoy uno de los mayores desafíos de la economía cubana para actualizar el modelo económico cubano, con el objetivo de garantizar la continuidad e irreversibilidad del Socialismo, el desarrollo económico del país y la elevación del nivel de vida de la población, conjugados con la necesaria formación de valores éticos y políticos de los ciudadanos. Los lineamientos definen que el sistema económico que prevalecerá continuará basándose en la propiedad socialista de todo el pueblo sobre los medios fundamentales de producción, donde deberá regir el principio de distribución socialista “de cada cual según su capacidad a cada cual según su trabajo”. La política económica del Partido se corresponderá con el principio de que en la actualización del modelo económico primará la planificación, la cual tendrá en cuenta las tendencias del mercado. Los lineamientos de política social, dentro de ellos uno muy importante, la educación, están encaminados a definir que se continúan preservando las conquistas de la Revolución. (Murillo Jorge, Marino., 2011)

La sociedad cubana actual no está exenta de los problemas que se producen al tener que satisfacer sus crecientes necesidades de educación con un costo aceptable. La educación superior en particular se enfrenta al reto de lograr la masividad y garantizar la educación permanente de calidad a todos los miembros de la sociedad, esto es necesario, como se ha mencionado, debido al constante desarrollo científico y tecnológico que se produce en las sociedades modernas y a la cada vez mayor informatización de éstas.

La provincia de Cienfuegos se encuentra privilegiada con la inversión en varias esferas de su economía, lo que trae consigo que se debe fortalecer la formación de profesionales. Debido a todos los cambios que vienen produciéndose en la actualidad se evidencia como el país necesita de especialistas con mayor preparación, que afronten los retos que vive hoy la sociedad, que se tracen metas correspondientes a alcanzar un mayor desarrollo de la nación y sobre todo que estén actualizados con las nuevas tendencias internacionales (Alayón Saborit, 2011).

Siendo esta una necesidad de primer orden para lograr una calidad elevada en la formación profesional de forma que este posea un conocimiento tal que lo haga capaz de responder ante cualquier situación de una forma eficaz y eficiente. (Nieto Chaviano, 2007)

Por tal razón la Comisión Nacional de Carreras tiene la importante tarea de perfeccionar y elaborar nuevos planes de estudio que se ajusten a las necesidades actuales y futuras del entorno nacional y regional de la sociedad en que vivimos.

Las universidades cubanas hoy en día se encuentran enfrascadas en un importante y estratégico proceso, que es el perfeccionamiento constante del plan de estudio D, el mismo tiene una organización docente formada por:

- Currículo base
- Currículo propio
- Asignaturas optativas/electivas

El currículo base para la carrera de Ingeniería Industrial está formado por 17 disciplinas con 56 asignaturas, que son de obligatorio cumplimiento ya que aseguran los objetivos esenciales del modelo del profesional y de las diferentes disciplinas. El currículo propio está formado por 11 asignaturas, las cuales se podrán especificar, en correspondencia con las particularidades de cada Centro de Educación Superior (CES), en el proceso de formación que deben cursar obligatoriamente todos los estudiantes. El currículo optativo/electivo está formado por 12 asignaturas, que podrán ser seleccionadas a partir de las ofertas de cada CES que sirvan de complemento para su formación integral.

El Plan de estudios D de la carrera de Ingeniería Industrial, es un plan que se encuentra en constante perfeccionamiento, con el propósito de alcanzar las transformaciones orientadas al logro de la eficacia y la calidad del mismo, de modo que responda a las necesidades crecientes de nuestro país, buscando una respuesta más integral de la Educación Superior y con ello, contribuir de manera más plena al desarrollo económico, social y cultural de la nación.

La implementación de estrategias pedagógicas cuyas acciones fomentan el progreso integral de los futuros profesionales, potencian la acción desarrolladora de las disciplinas, las estrategias curriculares constituyen una forma particular de desarrollar el proceso de enseñanza – aprendizaje con una direccionalidad altamente coordinada que responda al perfil de salida de la profesión, la flexibilidad de los planes de estudio, facilita desde el punto de vista curricular, la posibilidad de plantear diseños, que puedan adaptarse a las necesidades de los estudiantes, de la sociedad, y de los niveles de desarrollo del área del conocimiento.

La asignatura Distribución en Planta pertenece al grupo de asignaturas que conforman el currículo base y se imparte en el quinto año de la carrera de Ingeniería Industrial, a partir de la conformación del Plan de estudio D.

Dicha asignatura actualmente solo cuenta con la guía del profesor y del estudiante elaborado para la tarea “Álvaro Reynoso”, por lo que no existe un diseño curricular para la misma que cumpla con los requisitos necesarios para su impartición y se hace necesario la elaboración de conferencias, clases prácticas, talleres, laboratorio, seminarios y demás elementos que forman parte del Plan Calendario de la asignatura, de manera que puedan ser utilizadas por estudiantes y profesores que imparten la misma. Por todo lo expuesto anteriormente y dada la necesidad existente en el Departamento de Logística de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales respecto a esta asignatura se plantea el siguiente **Problema de investigación**:

¿Cómo organizar el proceso de enseñanza – aprendizaje en la asignatura Distribución en Planta de la disciplina Gestión de procesos y cadenas de suministro en el modelo pedagógico de la modalidad presencial a través del diseño y preparación metodológica de dicha asignatura?

Por lo tanto se formula el siguiente **Objetivo general**:

Realizar el diseño curricular y la preparación metodológica de la asignatura Distribución en Planta de la disciplina Gestión de procesos y cadenas de suministros para el modelo pedagógico presencial del Plan de estudios D de la carrera Ingeniería Industrial.

Los **Objetivos específicos** quedan formulados de la siguiente forma:

1. Realizar un estudio sobre los contenidos de localización de instalaciones y distribución en planta. Gestión del diseño curricular de la asignatura.
2. Realizar el diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta, de la disciplina gestión de procesos y cadenas de suministros que incluya el programa de la asignatura, el plan calendario y las estrategias curriculares.
3. Preparar cada actividad docente incluida en el plan calendario de la asignatura.
4. Evaluar los resultados obtenidos con el diseño propuesto.

Justificación de la investigación:

1. En el orden metodológico el diseño curricular completa la preparación metodológica de la disciplina a nivel de la asignatura del currículo base.
2. En el orden práctico el profesor contará con todos los componentes del proceso diseñados de forma sistémica, lo cual facilitará la dirección del proceso.
3. Los estudiantes contarán con los materiales y medios necesarios para el logro de los conocimientos y habilidades proyectadas en la asignatura.

El trabajo se ha dividido en tres capítulos, los cuales se describen a continuación:

Capítulo I: “Localización de instalaciones, la distribución en planta y la gestión del diseño curricular.”

En este capítulo se hace alusión a los contenidos de localización de instalaciones y distribución en planta para la asignatura objeto de estudio y la gestión del diseño curricular de la misma. Para su confección se toma como referencia las ideas expuestas por distintos autores mediante el análisis de sus puntos de vista, mostrando en forma organizada las ideas básicas sobre los temas definidos, derivados a partir de la literatura consultada.

Capítulo II: “Diseño y preparación metodológica de la asignatura Distribución en Planta.”

En este capítulo se realiza un análisis de los objetivos, sistema de habilidades y valores desde el nivel de la carrera (modelo del profesional) hasta la asignatura, que posibilita diseñar el plan calendario de la asignatura de Distribución en Planta, además queda conformado el diseño curricular de la asignatura, de acorde a lo planteado en el programa de la asignatura, el plan calendario y las estrategias curriculares para el Plan de estudio D.

Capítulo III: “Validación del diseño curricular mediante el método de Criterio de Expertos.”

En este capítulo se detallan las valoraciones obtenidas durante el presente trabajo de investigación. Se utiliza el método de criterio de experto para completar la caracterización de la asignatura Distribución en Planta y justificar la validez del diseño curricular propuesto, así como la evaluación los resultados obtenidos con el diseño realizado.

Capítulo I



Capítulo I: “Localización de instalaciones, la distribución en planta y la gestión del diseño curricular”.

En este capítulo, el cual constituye el marco teórico conceptual, se hace alusión a los contenidos principales de la asignatura Distribución en Planta acerca de la localización de instalaciones y la distribución en planta, además se hace un análisis detallado sobre la gestión del diseño curricular de dicha asignatura. Para su confección se toma como referencia las ideas expuestas por distintos autores mediante el análisis de sus puntos de vista, mostrando en forma organizada las ideas básicas sobre los temas definidos, derivados a partir de la literatura consultada.

El Hilo Conductor para el presente capítulo (Ver Figura 1.1) muestra de forma clara los diferentes aspectos tratados para obtener una revisión bibliográfica a la altura que el tema merece. Vinculando desde aspectos generales tratados por los clásicos y bibliografía autorizada; hasta enfoques y experiencias cubanas.

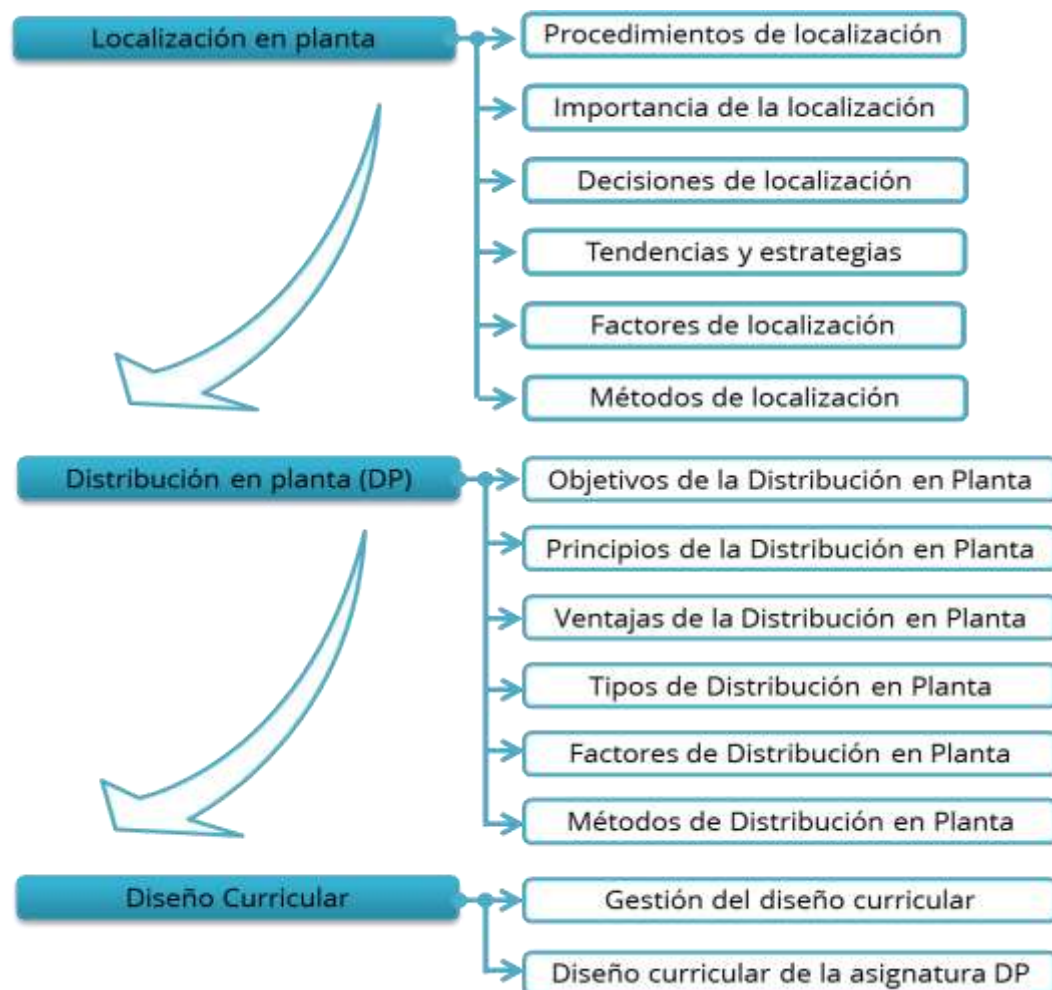


Figura 1.1. Hilo Conductor. **Fuente:** Elaboración propia

1.1. Contenido de la asignatura Distribución en Planta

1.1.1. Localización en planta

La localización es el lugar físico donde se realiza la actividad productiva, es decir, el emplazamiento hasta el que es preciso trasladar los factores de producción, y en el que se obtienen los productos que finalmente deberán de ser llevados al mercado. La selección de la localización de las instalaciones es cada vez más complicada por la globalización del lugar de trabajo. La globalización ha tenido lugar por el desarrollo de las economías de mercado, el desarrollo de las comunicaciones, la facilidad de flujo de capital entre países, etc. La selección de una planta debe basarse en un estudio muy detallado en el que deben tomarse en cuenta tantos factores como sea posible (Carro Paz & González Gómez, 2014).

La localización tiene por objeto analizar los diferentes lugares donde sea posible ubicar una instalación, con el fin de establecer un lugar que sea el más idóneo teniendo una estrecha relación entre costos – beneficios. Para lograr dicho objeto es necesario tener en cuenta aspectos de gran importancia como lo son la macrolocalización y la microlocalización (Chasco Lafuente, 1988)

1.1.1.1. Procedimientos de localización

Son diferentes los procedimientos de localización de instalaciones descritos; cuando las alternativas potenciales se extienden a regiones o países diferentes, la decisión se habrá de sistematizaren niveles geográficos (Domínguez Machuca et. al., 1995).

En este sentido, se distinguen dos o tres niveles geográficos, según los autores, aunque la diferencia es más bien de forma que de contenido. Así, los que optan por:

- Tres niveles distinguen el nivel regional/internacional, el de la comunidad o ciudad y el del lugar concreto.
- Dos niveles hablan de macroanálisis, o evaluación de países, regiones, comunidades o ciudades, y microanálisis, o evaluación de emplazamientos específicos (Fernández Sánchez, 1993) (Chase & Aquilano, 2001).

La localización de inversiones específicamente industriales se lleva a cabo en cuatro etapas: la planificación territorial, la macrolocalización, la microlocalización y la proyección del plan general. Las primeras tres etapas representan el núcleo del problema de la localización de fábricas, mientras que la cuarta es el punto de unión entre la localización y la proyección de instalaciones. La macrolocalización es la distribución de las inversiones sobre la base de los planes de ordenamiento territorial, definiendo la provincia, ciudad o territorio para su localización (Ver **Figura 1.2**). A través de la microlocalización se determina el lugar preciso para la ubicación de la instalación dentro de la provincia, el territorio o la ciudad, previamente elegido y aprobado en la

Capítulo I: Localización de instalaciones, la distribución en planta y la gestión del diseño curricular

macrolocalización (Ver Figura 1.3), así como las características del terreno seleccionado (Woithe & Hernández Pérez, 1986).



Figura 1.2. Ejemplo de macrolocalización. **Fuente:** <http://www.cubasolar.cu/mapa.jpg>



Figura 1.3. Ejemplo de microlocalización. **Fuente:** Google Earth

La localización de instalaciones se realiza a través de dos etapas, siendo la primera la localización general mediante el uso de métodos y la segunda etapa la selección de un punto o zona por parte del decisor a través de su sentido común (Ballou, 1991).

Según (Domínguez Machuca *et. al.*, 1995) y (Krajewski & Ritzman, 2000), plantean un procedimiento para la localización de instalaciones, que en cualquiera de los niveles mencionados, el procedimiento de análisis de la localización abarcaría cuatro fases (Ver Figura 1.4), siendo el más completo el estudio realizado por (Domínguez Machuca *et. al.*, 1995):

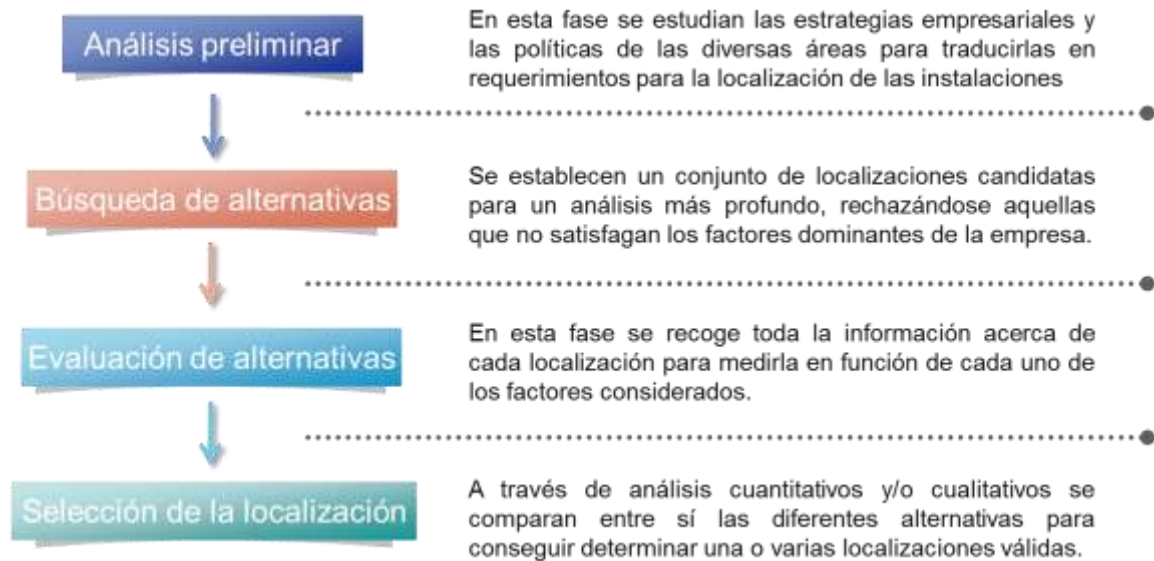


Figura 1.4. Fases del procedimiento de análisis de la localización. **Fuente:**(Domínguez Machuca et. al., 1995)

1.1.1.2. Importancia de las decisiones de localización

La selección del emplazamiento en el que se van a desarrollar las operaciones de una nueva instalación es una decisión de gran importancia. Aunque, se trate generalmente de una decisión infrecuente, la significación de su impacto y las implicaciones que se derivan de ella justifican una atención y consideración adecuada por parte de todo el personal involucrado, especialmente la Dirección. («Tema 5. Localización de instalaciones», 2004).

Decidir dónde ubicar una instalación son decisiones que afectan a la capacidad competitiva de la empresa; así una buena decisión favorecerá al desarrollo de las operaciones de forma eficiente y competitiva, mientras que una incorrecta impondrá considerables limitaciones a las mismas. Por otro lado hay que tener presente que las consecuencias negativas de una mala localización no resultan siempre evidentes, pues suelen manifestarse en forma de costes de oportunidad y, por tanto, no vienen recogidas en los informes tradicionales de las empresas. La influencia de la localización sobre la competitividad no solo procede de su influencia sobre los costos, sino también sobre los ingresos de la empresa (Carro Paz & González Gómez, 2014).

Es evidente que, para las empresas de servicios, la proximidad a los mercados es crítica para determinar la capacidad de atraer clientes; en empresas fabriles, la localización de las instalaciones en relación con el mercado influye sobre el tiempo de entrega de los productos y el nivel de servicio a los consumidores, lo cual afecta a su vez al volumen de ventas. Por lo que respecta a los costos la localización puede influir en una gran diversidad de ellos (como por ejemplo los derivados de los terrenos, de la mano de obra, de las materias primas o de distribución y transporte). Las consideraciones anteriores muestran claramente que la selección del lugar en

el cual van a ubicarse las operaciones no es una cuestión menor, sino que, requiere la debida atención por parte de la Dirección y de las distintas áreas empresariales implicadas, que deberán analizar todas las consecuencias que de ellas se pueden derivar (Grupo de Ingeniería de Organización, 2005).

1.1.1.3. Las decisiones de localización: causas y tipos

Las decisiones de localización, forman parte del proceso de formulación estratégica de la empresa. Una buena selección de la planta es muy importante a la hora de determinar su éxito o fracaso, ya que puede contribuir a la realización de los objetivos empresariales, mientras que una localización desafortunada puede conllevar un desempeño inadecuado de las operaciones (Vallhonrat & Corominas, 1991).

Según (Domínguez Machuca et. al., 1995) entre las diversas causas que originan problemas ligados a la localización, podríamos citar:

- Un mercado en expansión, que requerirá añadir nueva capacidad, la cual habrá que localizar, bien ampliando las instalaciones ya existentes en un emplazamiento determinado, bien creando una nueva en algún otro sitio.
- La introducción de nuevos productos o servicios, que conlleva una problemática análoga.
- Una contracción de la demanda, que puede requerir el cierre de instalaciones o la reubicación de las operaciones. Otro tanto sucede cuando se producen cambios en la localización de la demanda.
- El agotamiento de las fuentes de abastecimiento de materias primas también puede ser causa de la relocalización de las operaciones.
- La obsolescencia de una planta de fabricación por el transcurso del tiempo o por la aparición de nuevas tecnologías, que se traduce a menudo en la creación de una nueva planta más moderna en algún otro lugar.
- La presión de la competencia, que para aumentar el nivel de servicio ofrecido puede llevar a la creación de más instalaciones o a la relocalización de algunas existentes.
- Cambios en otros recursos, como la mano de obra o los componentes subcontratados o en las condiciones económicas de una región son otras posibles causas de relocalización.
- Las fusiones y adquisiciones entre empresas pueden hacer que algunas resulten redundantes o queden mal ubicadas con respecto a las demás.

Las causas mencionadas son algunas de las que pueden traer consigo que la empresa decida ubicar instalaciones o analizar si la localización de las mismas continúa siendo la correcta. Independientemente de cuáles sean las razones que lleven a ello. Existen tres posibles tipos de

alternativas de localización (Diéguez Matellán, Gómez Figueroa, Negrín Sosa, & Pérez Gosende, 2007).

1. **Expandir una instalación existente:** esta opción sólo será posible si existe suficiente espacio para ello. Puede ser una alternativa atractiva cuando la localización en la que se encuentra tiene características muy adecuadas o deseables para la empresa. Generalmente origina menores costos que otras opciones, especialmente si la expansión fue prevista cuando se estableció inicialmente la instalación.
2. **Añadir nuevas instalaciones en nuevos lugares:** a veces ésta puede resultar una opción más ventajosa que la anterior (por ejemplo si la expansión provoca problemas de sobredimensionamiento o de pérdida de enfoque sobre los objetivos de las operaciones). Otras veces es simplemente la única opción que tendrá sobre el sistema total de instalaciones de la empresa.
3. **Cerrar instalaciones en algún lugar y abrir otra(s) en otro(s) sitio(s):** esta opción puede generar grandes costos, por lo que se deberá comparar los beneficios de la relocalización con los que se derivarían del hecho de permanecer en el lugar actualmente ocupado.

1.1.1.4. Tendencias y estrategias futuras en localización

Es obvio que la mayoría de los factores de localización no permanecen inalterables en el tiempo sino, más bien todo lo contrario. El acelerado ritmo con el que se producen cambios en el entorno, una de las notas dominantes de la actualidad, está provocando que las decisiones de localización sean hoy mucho más comunes.

Uno de los fenómenos más importantes que estamos viviendo es la creciente internacionalización de la economía. Las empresas están traspasando fronteras para competir a nivel global. Las localizaciones en otros países distintos del de origen están a la orden del día para las grandes empresas. Aparecen nuevos mercados y se unifican otros, todo ello intensifica la presión de la competencia, hace que los factores logísticos sean más complejos e importantes y que las empresas se vean obligadas a reexaminar la localización de sus instalaciones para no perder competitividad.

Al mismo tiempo, la automatización de los procesos en algunas industrias está contribuyendo a la pérdida de importancia del factor costo de la mano de obra y, por tanto, a hacer menos atractivos aquellos países o regiones con bajo nivel salarial; en cambio, la calificación, la flexibilidad y la movilidad de la mano de obra están cobrando mayor significación. No obstante, el costo del factor trabajo sigue siendo un factor fundamental en algunas industrias y también en algunas fases de los procesos de fabricación de otras.

Otro aspecto destacado de estos nuevos tiempos es la mejora de los transportes y el desarrollo de las tecnologías informáticas y de las telecomunicaciones, lo cual está ayudando a la internacionalización de las operaciones y está posibilitando una mayor diversidad geográfica en las decisiones de localización. Esto, unido al mayor énfasis de la competencia en el servicio al cliente, el contacto directo, el rápido desarrollo de nuevos productos y la entrega rápida, se está traduciendo en una tendencia a la localización cercana a los mercados. En lo que a la fabricación se refiere, gracias a las tecnologías flexibles, las empresas pueden optar por instalar plantas más pequeñas y numerosas.

Por último, la adopción de sistemas *Just in Time* (JIT) en algunas industrias está obligando a las empresas proveedoras y clientes a localizarse en una zona próxima unos de otros para poder reducir los tiempos de transporte y realizar entregas frecuentes (Carro Paz & González Gómez, 2014).

1.1.1.5. Factores que intervienen en la localización de una planta

Según (Krajewski & Ritzman, 2000) al realizar un estudio para ubicar una instalación lo más común es que se encuentren varios factores importantes para decidir cuál es el sitio más idóneo, los cuales proporcionarán un amplio campo para el estudio. Los gerentes de organizaciones de servicios y de manufactura tienen que sopesar muchos factores cuando evalúan la conveniencia de un sitio en particular, como la proximidad a clientes y proveedores, los costos de mano de obra y de transporte. Generalmente, los gerentes pueden pasar por alto cualquier factor que no cumpla por lo menos con una de las condiciones siguientes:

- El factor tendrá que ser sensible a la localización, es decir, los gerentes no deben tomar en cuenta un factor que no resulte afectado por sus decisiones en materia de localización.
- El factor debe tener repercusiones sobre la capacidad de la empresa para alcanzar sus metas.

Existen varias clasificaciones con respecto a los factores de localización, siendo las más empleadas: factores críticos, objetivos y subjetivos.

Factores críticos: son aquellos criterios cuya naturaleza puede hacer imposible la localización de una planta en un lugar determinado, cualesquiera que fueren las demás condiciones que pudieran existir.

Factores objetivos: son los criterios que pueden evaluarse en términos monetarios, tales como la mano de obra, la materia prima, los servicios y los impuestos.

Factores subjetivos: son los criterios que se caracterizan por un tipo cualitativo de medición. Por ejemplo, puede evaluarse la naturaleza de las relaciones sindicales y de la actividad sindical, pero no puede establecerse su equivalente monetario.

Una buena localización de una instalación requiere además de un estudio de los factores que pueden afectar desde el punto de vista mundial, nacional, o departamental; debido a que la misma obedece al grado de desarrollo de las organizaciones, ya que mientras más grandes sean, más cuidadosos deberán ser los estudios que se deben tomar en cuenta a la hora de ampliar sus operaciones («Instalación industrial», 2014).

1.1.1.6. Métodos de selección de la localización

Debido a la gran cantidad de factores involucrados en el análisis y selección de la localización y añadiendo la posibilidad de plantear un gran número de posibles localizaciones a priori nos lleva a plantear la utilización de más de un método para decidir la localización idónea de una instalación. Teniendo en cuenta que existe una gran cantidad de métodos que contribuyen a la toma de decisiones de localización de instalaciones, en la **Tabla 1.1** se describen aquellos que por sus características pudieran ser más útiles (Diéguez Matellán, Gómez Figueroa, & Negrín Sosa, 2006).

Tabla 1.1. Métodos de localización. **Fuente:** (Diéguez Matellán, Gómez Figueroa, Negrín Sosa, & Pérez Gosende, 2007)

Métodos de localización	
Método	Descripción
Método de los factores ponderados	Más utilizado como técnica de ubicación, muy útil para la industria de servicio, permite una fácil identificación de los costos difíciles de evaluar que están relacionados con la localización de instalaciones.
Método de la media geométrica	Surge con el objetivo de evitar que puntuaciones muy deficientes en algunos factores sean compensadas por otras muy altas en otros, lo que ocurre en el método de los factores ponderados.
Gráficos de volúmenes, ingresos y costos	Distintos factores cuantitativos pueden expresarse en términos de costo total. Al localizar una determinada instalación pueden ser afectados los ingresos y los costos.
Método del centro de gravedad	Encuentra la ubicación del centro de distribución cerca a los demás destinos, se utiliza principalmente para los servicios aunque también puede utilizarse para la ubicación de un almacén, este método tiene en cuenta la localización de los mercados y los costos de transporte.

Método del transporte	Es una técnica de aplicación de la programación lineal, un enfoque cuantitativo que tiene como objetivo encontrar los medios menos costosos para embarcar abastos desde varios orígenes hacia varios destinos.
Modelo global de la localización	Su principal objetivo es solucionar el problema multidimensional de la localización y es empleado para ubicar una instalación.

1.1.2. Distribución en Planta

La distribución de las facilidades en planta influye directamente en el costo del manejo de materiales y en el uso adecuado del factor tiempo, entre otros; representando un aspecto que repercute directamente en la productividad de la organización. Es por ello, que desde hace varios años se han desarrollado líneas de investigación en el área, que han definido hasta los actuales momentos las directrices requeridas para la planificación de la distribución (Barrios, 2011).

La revisión bibliográfica sobre el tema ofrece diferentes definiciones sobre la distribución en planta, que difieren únicamente en aspectos particulares del mismo.

“La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento de materiales, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, así como el equipo de trabajo y el personal de taller”. (Muther, 1981a)

“Podemos definir la distribución en planta como el proceso de determinación de la mejor ordenación de los factores disponibles, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible” (Domínguez Machuca, 1995)

“La decisión de distribución en planta comprende determinar la ubicación de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas y de los puntos de almacenamiento de una instalación. Su objetivo general es disponer de estos elementos de manera que se aseguren un flujo continuo de trabajo o un patrón específico de tráfico”. (Chase & Aquilano, 2001)

“El problema de la distribución en planta consiste en localizar la disposición óptima de un grupo de instalaciones sujetas a restricciones cualitativas o cuantitativas”. (Shayan & Xu, 2004)

“La distribución en planta consiste en la ordenación física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución del área, en la determinación de las figuras, formas relativas y ubicación de los distintos departamentos”. (De la Fuente García & Fernández Quesada, 2005)

Realizando un análisis de la información antes expuesta los autores de la presente investigación concluyen que la distribución en planta no es más que la distribución física de equipos, puestos de trabajo personal y servicios, capaz de alcanzar los objetivos fijados de forma adecuada y eficiente siguiendo un flujo de trabajo continuo, que minimicen los costos de transporte requeridos. A pesar de las diferentes definiciones de distribución en planta dadas por los diferentes autores, estos lo abordan desde puntos de vista más o menos operativos, en general, en todas queda remarcado el carácter necesario, multifactorial y complejo del mismo.

1.1.2.1. Objetivo de la distribución en planta

Una distribución en planta adecuada proporciona beneficios a la empresa que se traducen en un aumento de la eficiencia y por lo tanto de la competitividad. Esto es más así con la introducción de conceptos de fabricación recientes, como los sistemas de fabricación flexibles (FMS), la fabricación integrada por ordenador (CIM), o los sistemas de suministro de material *Just In Time* (JIT). Sea cual sea el sistema productivo, una correcta distribución en planta permite reducir los requerimientos de espacio y los desplazamientos de material, disminuye el volumen de trabajo en proceso y mejora el control de materiales y productos acabados.

Por su parte (Muther, 1981a) plantea que una buena distribución debe traducirse necesariamente en una disminución de los costos de fabricación, donde para lograr esto, es necesario plantearse los siguientes objetivos durante su definición:

- Integración conjunta de todos los factores que afectan a la distribución.
- Movimiento del material según distancias mínimas.
- Circulación del trabajo a través de la planta.
- Utilización efectiva de todo el espacio.
- Satisfacción y seguridad de los trabajadores.
- Flexibilidad en la ordenación que facilite ajustes posteriores.

Otros autores, como por ejemplo (Dowlatschah, 1992), proporcionan listas de objetivos similares a los ya expuestos, haciendo especial hincapié en la minimización de los costes de operación y de manutención, la flexibilidad de la organización y el cumplimiento de las diferentes normativas; en proporcionar a los empleados comodidad seguridad y confort; en facilitar el flujo de operaciones, la organización y la toma de decisiones; y sobre todo, en la necesidad de la flexibilidad de la distribución.

1.1.2.2. Principios básicos para una distribución en planta

Los objetivos básicos de una distribución en planta o *layout* se agrupan en seis principios básicos (Muther, 1981a):

- **Principio de la integración de conjunto:** la mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como o cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.
- **Principio de la mínima distancia recorrida:** en igualdad de condiciones es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por materiales, piezas, etc., sea la más corta.
- **Principio de la circulación o flujo de materiales:** en igualdad de condiciones es mejor aquella distribución que ordena las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en lo posible en el orden o secuencia en que se transforman, tratan o ensamblan los materiales, piezas, etc.
- **Principio del espacio cúbico:** la economía se obtiene utilizando de un modo efectivo el espacio disponible tanto vertical como horizontal.
- **Principio de la satisfacción y de la seguridad:** en igualdad de condiciones será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.
- **Principio de flexibilidad:** en igualdad de condiciones siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

1.1.2.3. Ventajas de una eficiente distribución en planta

Según (Muñoz Cabanillas, 2004) las ventajas que resultan de una eficiente distribución en planta, que no sólo abarque la ordenación más económica de las áreas de trabajo y equipo sino también una ordenación segura y satisfactoria para los empleados, son las siguientes:

1. Se reducen los riesgos de enfermedades profesionales y de accidentes de trabajo, eliminándose lugares inseguros, pasos peligrosos y materiales en los pasillos.
2. Se mejora la moral y se da mayor satisfacción al obrero, evitando áreas incómodas y que hacen tedioso el trabajo para el personal.
3. Se aumenta la producción, ya que cuanto más perfecta es una distribución se disminuyen los tiempos de proceso y se aceleran los flujos.
4. Se obtiene un menor número de retrasos, reduciéndose y eliminándose los tiempos de espera, al equilibrar los tiempos de trabajo y cargas de cada departamento.
5. Se obtiene un ahorro de espacio, al disminuirse las distancias de recorrido y eliminarse pasillos inútiles y materiales en espera.
6. Se reduce el manejo de materiales distribuyendo por procesos y diseñando líneas de montaje.
7. Se utiliza mejor la maquinaria, la mano de obra y los servicios.

8. Se reduce el material en proceso.
9. Se facilitan las tareas de vigilancia y control, ubicando adecuadamente los puestos de supervisión de manera que se tenga una completa visión de la zona de trabajo y de los puntos de demora.
10. Se reducen los riesgos de deterioro del material y se aumenta la calidad del producto, separando las operaciones que son nocivas unas a otras.
11. Se facilita el ajuste al variar las condiciones. Es decir al prever las ampliaciones, los aumentos de demanda o reducciones del mercado se eliminan los inconvenientes de las expansiones o disminuciones de la instalación.
12. Se mejora y facilita el control de costos, al reunir procesos similares, que facilitan la contabilidad de costos.
13. Se obtienen mejores condiciones sanitarias, que son indispensables tanto para la calidad de los productos, como para favorecer la salud de los empleados.

1.1.2.4. Tipos de distribución en planta

Para (Córdoba Parra, 2009) el tipo de distribución en planta está determinado por la clase de bien o de servicio que se vaya a producir, también por el tipo del proceso productivo y por el volumen de producción, por esto, encontramos las siguientes tres formas básicas de distribución en planta:

Distribución por proceso: se adopta cuando la producción se organiza por lotes. El personal y los equipos que realizan una misma función general se agrupan en una misma área, de ahí que estas distribuciones sean denominadas por funciones o por talleres. En ellas los distintos ítems tienen que moverse de un área a otra, de acuerdo con la secuencia de operaciones establecidas para su obtención. La variedad de productos fabricados supondrá por regla general diversas secuencias de operaciones lo cual se reflejará en una diversidad de los flujos de materiales entre talleres (Ver **Figura 1.5**).

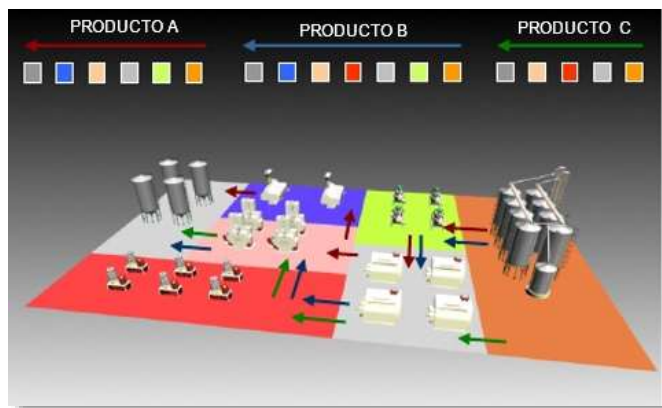


Figura 1.5. Distribución en planta por proceso. **Fuente:**(Mas, 2010)

Distribución por producto: es la adoptada cuando la producción está organizada de forma continua o en forma repetitiva. En el primer caso, la correcta interrelación de las operaciones se consigue a través del diseño de la distribución en planta y las especificaciones de los equipos, pero cada caso es tan concreto y especializado que debe quedar en manos de expertos de la industria en cuestión. En el segundo caso, el de las configuraciones repetitivas, el aspecto crucial de las interrelaciones pasará por el equilibrado de la línea con objeto de evitar los problemas derivados de los cuellos de botella desde que entra la materia prima hasta que sale el producto terminado. Este tipo de distribución está diseñada para adaptarse a volúmenes de producción altos, equipos altamente especializados y habilidades normales de los trabajadores. El flujo de trabajo en este tipo de distribución puede adoptar diversas formas dependiendo de cuál se adapte mejor a cada situación (Ver **Figura 1.6**).

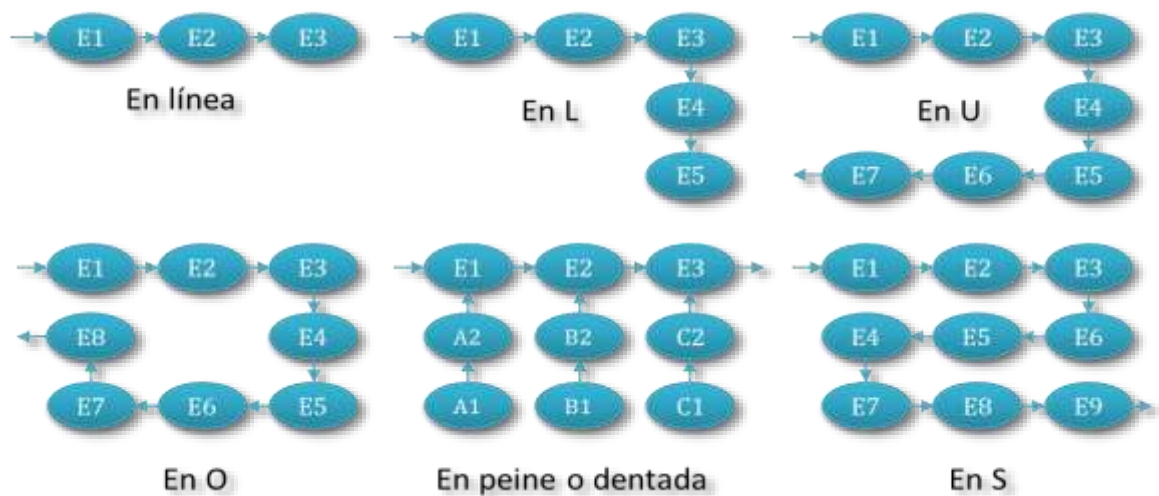


Figura 1.6. Formas más habituales de las distribuciones en planta por producto. **Fuente:** (Diéguez Matellán, Gómez Figueroa, Negrín Sosa, & Pérez Gosende, 2007)

Distribución por posición fija: es apropiada cuando no es posible mover el producto debido a su peso, tamaño, forma, volumen o alguna característica particular que lo impida. Ello provoca que el material base o principal componente del producto final permanezca inmóvil en una posición determinada, de forma que los elementos que sufren el desplazamiento son el personal, la maquinaria, las herramientas y los diversos materiales que son necesarios en la elaboración del producto, así como los propios clientes en su caso (Ver **Figura 1.7**)



Figura 1.7. Distribución por posición fija: ensamblaje de un avión Airbus A340/600 en la planta de Airbus en Toulouse (Francia) **Fuente:** (Mas, 2010)

1.1.2.5. Factores que intervienen en la distribución espacial de una instalación

Al plantear una distribución en planta, es necesario conocer la totalidad de los factores implicados en la misma, así como sus interrelaciones. La influencia e importancia relativa de los mismos puede variar con cada organización y situación concreta; en cualquier caso la solución adoptada para la distribución en planta debe conseguir un equilibrio entre las características y consideraciones de todos los factores, de forma que se obtengan las máximas ventajas. De manera agregada los factores que tienen influencia sobre cualquier distribución en planta pueden encuadrarse en ocho grupos («Tema 4. Distribución en planta», 2004), los cuales serán comentados a continuación:

Los materiales: dado que el objetivo fundamental del subsistema de operaciones es la obtención de los bienes y servicios que requiere el mercado, la distribución de los factores productivos dependerá necesariamente de las características de aquellos y de los materiales sobre los que haya que trabajar.

La maquinaria: se habrá de considerar su topología y el número existente de cada clase, así como el tipo y cantidad de equipos. El conocimiento de factores relativos a la maquinaria en general, tales como espacio requerido, forma, altura y peso, cantidad y clase de operarios requeridos, riesgos para el personal, etc., se muestra indispensable para poder afrontar un correcto y completo estudio de distribución en planta.

La mano de obra: ha de ser ordenada en el proceso de distribución, englobando tanto la directa, como la de supervisión y demás servicios auxiliares. Al hacerlo, debe considerarse la seguridad

de los empleados, junto con otros factores, tales como iluminación, ventilación, temperatura, ruidos, etc.

El movimiento: con este factor hay que tener presente que las manipulaciones no son operaciones productivas, pues no añaden ningún valor al producto. Debido a ello, hay que intentar que sean mínimas y que su realización se combine en lo posible con otras operaciones, sin perder de vista que se persigue la eliminación de los manejos innecesarios y antieconómicos.

Las esperas: uno de los objetivos que se persiguen al estudiar la distribución en planta es conseguir que la distribución de materiales sea fluida a lo largo de la misma, evitando así el costo que suponen las esperas y demoras que tienen lugar cuando dicha circulación se detiene.

Los servicios auxiliares: los servicios auxiliares permiten y facilitan la actividad principal que se desarrolla en una planta. Entre ellos podemos citar los relativos al personal (por ejemplo: la inspección y control de calidad) y los relativos a la maquinaria (por ejemplo: mantenimiento y distribución de líneas de servicios auxiliares).

El edificio: la consideración del edificio es siempre un factor fundamental en el diseño de la distribución en planta, pero la influencia del mismo será determinante si este ya existe en el momento de proyectarla.

Los cambios: uno de los objetivos que se persiguen con la distribución en planta es su flexibilidad, por tanto es necesario prever las variaciones futuras para evitar que los posibles cambios en los restantes factores lleguen a transformar una distribución en planta eficiente en otra anticuada que merme beneficios potenciales.

1.1.2.5.1. Determinación de las necesidades de equipos, maquinarias y puestos de trabajo

La capacidad o potencia productiva de una instalación industrial para ejecutar un determinado programa de producción, está dada en gran medida por la maquinaria y el equipamiento en general que esta posee, dicha capacidad se fija desde la etapa de proyección de dicha instalación. En dependencia del nivel o fase de la proyección de que se trate, así como de la exactitud requerida en los resultados del cálculo, pueden diferenciarse el método de los índices y el método detallado. (Diéguez Matellán *et. al.*, 2007)

- **Métodos de los índices:** basado en la utilización de índices técnico-económicos. Cuando se proyecta una nueva instalación, estos índices se pueden obtener de datos históricos de la propia fábrica en el caso de reconstrucciones o de fábricas tomadas como comparación. De ahí que este método se considerado, por el propio carácter de los índices que utiliza, como no detallado (global).
- **Método detallado:** se aplica para la determinación detallada de las necesidades de maquinaria, equipos y puestos de trabajo, fundamentalmente cuando existen las

condiciones que justifican la utilización de programas detallados de producción, en correspondencia con el diseño, también detallado, de los procesos tecnológicos.

1.1.2.5.2. Fuerza de trabajo

Unido a la fijación del proceso tecnológico y a la determinación de los gastos de tiempo de trabajo necesarios para la elaboración del programa de producción, se pueden determinar las necesidades de fuerzas de trabajo directo como base del cálculo de la fuerza de trabajo total. (Diéguez Matellán *et. al.*, 2007)

- **Índices de productividad de la fuerza de trabajo:** estos índices pueden obtenerse de producciones comparativas, entre otras fuentes, y expresan el resultado promedio en unidades físicas o en valor, alcanzado por un obrero o trabajador en general en un período de tiempo considerado (usualmente en un año).
- **Índices sumarios de los gastos de tiempo de trabajo:** esta variante del método se basa en el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo requeridos para la elaboración de una determinada producción utilizando índices sumarios.
- **Método basado en el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo mediante normativas:** por este método el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo necesario para la elaboración del programa se realiza directamente partiendo de cada proceso en forma detallada o reducida y de acuerdo con el tipo de producción.

1.1.2.5.3. Necesidades de materiales

Como una actividad más de dimensionamiento dentro del proceso de proyección de instalaciones industriales, se realiza el cálculo de las necesidades de materiales sobre la base de un programa de producción perspectivo a partir de los siguientes métodos:

- **Cálculo de las necesidades de materiales mediante normativas del consumo de materiales de cada tipo:** por su carácter, este método permite obtener un mayor grado de detalle, de ahí que se utilice en correspondencia con programas detallados y reducidos de producción, sobre la pieza o representante tipo de cada grupo formado.
- **Cálculo de las necesidades de materiales mediante índices sumarios y de estructura de materiales:** a diferencia del anterior, este constituye un método de cálculo de carácter global, utilizado como una regla, siempre y cuando existan las condiciones que justifican la aplicación de programas de producción de carácter global o indiferente. (Diéguez Matellán *et. al.*, 2007)

1.1.2.5.4. Necesidades de áreas

La magnitud del área que abarca una instalación industrial influye no solo en los costos de la instalación, sino también en gran medida en los costos de producción, así como en las

condiciones de trabajo creadas en la instalación. Cada porción de área planeada no utilizada provoca, entre otros efectos económicos negativos, el aumento de los recorridos de transporte y de los plazos de amortización de las instalaciones. Es por ello que debe determinarse con exactitud la dimensión óptima de la instalación. Para ello se pueden utilizar los siguientes métodos:

- **Cálculo de las necesidades de área, utilizando índices sumarios:** este método se utiliza ampliamente en las fases de la proyección y en aquellos casos donde las condiciones de partida permanecen relativamente constantes.
- **Cálculo de las necesidades de área, utilizando factores de área (diferenciados y resumidos) como suplementos sobre el área básica de las máquinas y equipos:** este método parte del número de máquinas o equipos a instalar en el sistema que se proyecta. Con la ayuda de factores suplementarios (llamados también factores de área) se determinan las necesidades de área de producción sobre el área básica de las máquinas o equipos. (Diéguez Matellán *et. al.*, 2007)

1.1.2.6. Métodos para determinar la distribución en planta

La bibliografía estudiada reconoce diversos métodos para determinar una distribución en planta o *layout*. Entre estos, los más utilizados son los siguientes:

1.1.2.6.1. Método S.L.P. (Systematic Layout Planning)

Cuando la distribución en planta deba realizarse teniendo en cuenta factores cualitativos, la técnica comúnmente aplicada es la desarrollada por (Muther & Wheeler, 1994) denominada S.L.P. (*Systematic Layout Planning*). En ella las prioridades de cercanía entre departamentos se asimilan a un código de letras.

1.1.2.6.2. Método húngaro

Dada sus características, este método se usa cuando se adopta para un grupo de máquinas considerando una estructura espacial basada en el principio de organización individual de los puestos de trabajo, se aplica cuando las máquinas no poseen relaciones entre ellas y solo se relacionan con elementos limítrofes de otros sistemas parciales relacionados con este (Schmigalla, 1970).

1.1.2.6.3. Método triangular

Este método pertenece a los de carácter aproximado o heurísticos, el fundamento de este método es el ordenamiento esquemático de las máquinas o grupos de ellas en los vértices de una red triangular equilátera, de forma tal que el gasto de transporte total sea mínimo (Schmigalla, 1964) (Bloch, 1950).

1.1.2.6.4. Método de los momentos de carga

Se emplea con el objetivo de reducir los retrocesos en el flujo de producción de una serie de productos o piezas que poseen secuencias de elaboración similares, pero no iguales; y que su producción se organiza espacialmente según el principio de líneas (estructura en líneas)(Woithe & Hernández Pérez, 1986).

1.1.2.6.5. Método relacional basado en la teoría de redes

Este método es operativo para determinar la posición relativa de diferentes unidades sobre la base de relaciones deseadas de cercanía o adyacencia entre ellas. Solo es factible su aplicación cuando la distribución se realiza a un solo nivel de piso (Diéguez Matellán, Gómez Figueroa, Negrín Sosa, & Pérez Gosende, 2007).

1.2. Diseño curricular

El diseño curricular es el primer paso de todo proceso formativo, donde se traza el modelo a seguir y se proyecta la planificación, organización, ejecución y control del mismo. Este se refiere al proceso de estructuración y organización de los elementos que forman parte del currículo, hacia la solución de problemas detectados en la práctica social, lo que exige la cualidad de ser flexible, adaptable y originado en gran medida por los alumnos, los profesores y la sociedad, como actores principales del proceso educativo.

Profundizar, reflexionar e indagar acerca de cómo diseñar, ejecutar y evaluar un currículo con una concepción que desarrolle una nueva mentalidad para la actuación práctica del profesional, donde armonicen todos los integrantes del sistema, en concordancia con los cambios del paradigma actual y teniendo en cuenta el entorno social, constituyen una de las funciones de las instituciones universitarias en el mundo, en nuestro país y de todos los responsabilizados en el funcionamiento de los procesos que en ellas se llevan a cabo. (Álvarez de Zayas, s. f.)

1.2.1. Gestión del diseño curricular

Toda la actividad de la Educación está dirigida a cumplir el encargo que la sociedad le establece, y que expresa el problema, de naturaleza didáctica, que manifiesta la insuficiencia para satisfacer o resolver un problema social por los que trabajan en su seno, que genera la necesidad de la formación de aquellos que puedan resolver dicho problema. Dicho encargo se concreta en un modelo pedagógico formado por un sistema de objetivos generales educativos, desarrolladores e instructivos. Las comisiones, a las que se les encarga la tarea de elaborar los documentos rectores de la formación de un tipo de egresado, se les da la misión de concretar este modelo en su lenguaje propio: los objetivos generales.

Para ello es necesario precisar las características fundamentales que en el plano educativo (objetivos educativos) debe poseer este egresado y que se resume en el hecho de que el mismo

se debe convertir en un militante de su profesión, que plasme en la práctica la política social definida para su rama.

Estas comisiones establecen las condiciones que contribuyen a formar al graduado y que lo van conformando como militante de su profesión, al servicio de la sociedad, tanto en el aspecto profesional, como ético, estético, etcétera.

Determinan, además, las facultades u otras potencialidades funcionales que definirán la lógica de su pensamiento tanto dialéctica como formal y que establece el modo de pensar y de actuar del futuro egresado, el papel que le toca desempeñar en la sociedad, las que se reflejarán posteriormente en todo el proceso de diseño de los planes y programas de estudio (objetivos desarrolladores). (Álvarez de Zayas, s. f.)

La determinación del modelo que se aspira, aunque se formula en un lenguaje pedagógico, es esencialmente político y responde a las necesidades sociales, que trascienden el marco de la institución docente y contiene las proyecciones que el país se plantea en un futuro aproximadamente de diez a quince años, máxima ahora en el proceso de globalización que a nivel internacional se viene desarrollando. Para ello las comisiones tienen en cuenta las definiciones y lineamientos que caracterizan la correspondiente rama de la producción o de los servicios cuyos estudios se perfeccionan: caracterización de la rama.

El surgimiento de un tipo de educación o carrera se produce, como resultado de la determinación de un objeto único del egresado, a lo que hay que sumar que exista la necesidad actual y perspectiva para dicha labor.

Para poder establecer el objeto de trabajo del egresado se debe analizar la práctica profesional actual y perspectiva delimitando los problemas que se presentan en el objeto del egresado que son transformados, resueltos, mediante la actividad de dicho egresado, escogiendo dentro de esos problemas los más comunes y que se presentan en el eslabón de base. El análisis reiterado del objeto y sus problemas es lo que permite precisarlos.

Posteriormente hay que delimitar las tareas que desarrolla el egresado para resolver cada uno de esos problemas, precisando las que corresponden a la obtención de información, diagnóstico de la situación y toma de medidas para la solución. Por otra parte se hace necesario delimitar cuáles problemas resuelve sólo o con ayuda de otro egresado más experimentado.

Las facultades que aparecen en los objetivos generales desarrolladores del modelo del egresado son la generalización de las tareas que se llevan a cabo por éste en la solución de los problemas y constituyen los modos de actuación más generales de dicho egresado. (Álvarez de Zayas, s. f.)

¿Cómo se elaboran estos objetivos desarrolladores del modelo del egresado?

El camino es el siguiente: se debe seleccionar el contenido de aquellas ciencias cuya lógica interna responda mejor al modo de actuación del egresado, es decir, se escogen aquellos cuadros o teorías que explican el objeto de trabajo y cuya estructura interna posee una lógica que permite que el estudiante se apropie del modo de resolver los problemas: capacidades a formar. Por otra parte, del conjunto de conocimientos se seleccionan los núcleos o aspectos esenciales de las teorías que en calidad de invariantes (esencia) pasan al objetivo. Ambas invariantes, relacionadas entre sí, y precisados sus niveles de asimilación y profundidad, constituirán los objetivos instructivos.

Como se conoce, si el estudiante domina el núcleo de las teorías que explican el objeto de trabajo, puede aplicar esas leyes generales a la solución de los problemas particulares que se presentan en las distintas esferas de actuación en que se manifiesta dicho objeto. Esta aplicación se realiza mediante la utilización de las capacidades o facultades.

Los objetivos se cumplen si el estudiante domina ambas invariantes como resultado de aplicar reiteradamente la invariante de habilidad (la capacidad) a la solución de problemas particulares, a partir del núcleo de la teoría que, obviamente, también es objeto de asimilación.

Una vez precisados los objetivos, el contenido será el conjunto de conocimientos y habilidades que forman parte de las teorías que explican el objeto de la profesión.

En resumen, la dialéctica de los problemas y los objetivos, y de estos con el contenido se manifiesta del siguiente modo: la comisión que elabora el plan de estudio a partir de los problemas precisa el objeto del profesional o del egresado y de allí los objetivos generales educativos y desarrolladores que le posibilitan resolver los mencionados problemas, consecuentemente con ello los conocimientos y habilidades más generales que debe poseer el egresado: los objetivos generales instructivos. Para ello, escoge aquellas ciencias o ramas del saber cuya lógica interna posibilita al estudiante formar los modos de actuación profesional, como resultado del trabajo del estudiante con los mismos, que se convierte en el contenido.

Las características objetivas de la ciencia, tanto por el sistema de conocimientos que refleja su objeto en movimiento como por sus propios métodos, tanto lógicos como prácticos, permiten su ubicación como disciplina del plan de estudio. (Álvarez de Zayas, s. f.)

Los elementos contradictorios que conforman la unidad dialéctica del proceso de diseño son, por un lado los objetivos generales educativos, desarrolladores e instructivos que se deben formar en el egresado; y por otro, las ciencias o ramas del saber sobre la base de las cuales se desarrolla el proceso. En la unidad dialéctica mencionada se manifiesta la contradicción fundamental del proceso de diseño del proceso docente – educativo.

En la unidad dialéctica el aspecto que predomina son los objetivos, sin embargo, lo más dinámico dentro de dicha unidad son las ciencias. La flexibilidad en el diseño de los planes y programas de estudio es la respuesta operativa a esa dialéctica que da paso a la actualización de los documentos rectores (planes y programas de estudio) en todos aquellos cambios que no alteren la concepción esencial de los mismos. Los cambios de carácter esencial que afectan los objetivos rompen la unidad dialéctica y obliga a la necesidad de su reelaboración.

La comisión que elabora el currículo atiende también a la historia de la enseñanza de dicho tipo de educación. El estudio de la historia permite establecer las tendencias e incluso regularidades inherentes al fenómeno pedagógico, las que desempeñaron y desempeñarán (si se manejan correctamente) un papel importante en el nuevo plan de estudio.

La lógica del proceso de diseño del proceso docente se aplicará no solo al nivel del sistema de orden mayor, es decir, la carrera o tipo de educación, sino en cada eslabón de la planificación del proceso (la disciplina, la asignatura, el tema o unidad y hasta la clase); aunque a medida que se acerca a los subsistemas que contienen un volumen menor de contenido será más difícil destacar los aspectos educativos dadas las posibilidades que dicho volumen de contenido ofrece para contribuir a la formación de convicciones y capacidades, lo que no es impedimento para que el profesor al preparar el tema o unidad, pierda la perspectiva o estrategia del modo en que se pueda contribuir a formarlas, ya que la lógica, la estructura de los contenidos de cada clase, debe contribuir a desarrollar los aspectos más trascendentes de la personalidad del educando (Álvarez de Zayas, s. f.)

Las comisiones que diseñan el currículo, una vez definido el modelo del egresado, tanto los objetivos de carácter educativo como desarrollador e instructivo pasa a determinar los subsistemas que abarcarán dicho modelo, es decir, las disciplinas, los niveles y los grados.

La comisión precisa el sistema de disciplina que conforma el plan de estudio que, como hilos conductores en el sentido vertical, garantizan uno o varios rasgos del modelo del egresado. Al determinar las disciplinas se debe atender, además, a la articulación de la enseñanza con la precedente y con la subsecuente.

Determinadas las disciplinas que formarán parte del plan de estudio se establece el papel y lugar que las mismas desempeñaran en dicho plan y un cierto marco de tiempo de que dispondrán para cumplir el papel apuntado. El concepto de papel y lugar es cercano al de objetivos, refleja una primera aproximación a estos, pero suficiente para orientar al grupo de docentes de la disciplina en la labor de confección del programa de la misma.

El diseño del proceso docente – educativo, además de realizarse con un criterio vertical en disciplinas, tiene que elaborarse con un criterio horizontal que sistematice las asignaturas en un cierto lapso: nivel o año. (Álvarez de Zayas, s. f.)

Para ello, y a partir del anteproyecto (primera variante) del modelo del egresado, la comisión pasa a determinar las características del último nivel del plan de estudio, con el fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos precisados en el modelo: las asignaturas del ejercicio de la profesión, con sus trabajos de curso y las formas de culminación de los estudios, que mejor permitan determinar el cumplimiento de los objetivos del modelo. Los conocimientos y habilidades esenciales y generales con ayuda de los cuales se pueden resolver los problemas a que se enfrenta el estudiante en el último nivel, determinarán las características de los niveles precedentes.

Es necesario precisar, en cada año o nivel, aquella o aquellas asignaturas que, formando parte de la disciplina principal integradora, desempeñan un papel aglutinador de todo o casi todo el contenido estudiado hasta ese momento, con vista a significar su importancia y jerarquización adecuada. A estas asignaturas hay que darles más posibilidades en tiempo, asignarles formas de enseñanza que permitan hacer generalizaciones, incrementar su nivel de asimilación (productivo y creativo), asignarle trabajos de curso, práctica laboral y priorizarlas en la distribución del sistema de evaluación del aprendizaje.

El programa director es el documento que precisa el modo de alcanzar un rasgo fundamental que caracteriza al egresado y que no se garantiza necesariamente mediante la presencia de una disciplina en el plan de estudio. El programa director establece los objetivos a alcanzar por año en relación a dicho rasgo, así como el papel que le corresponde desarrollar a cada asignatura en ese año. (Álvarez de Zayas, s. f.)

Estos programas directores se reflejan en los documentos plan y programas de estudio, ya que en el plan de estudio se precisan los objetivos por año o nivel en el que se recogerán aquellos que en el programa director se establecen. Los programas de las disciplinas precisan también explícitamente lo que se previó en los programas directores.

Es decir, los programas directores, son documentos que tienen cierto carácter provisional y que se elaboran en un momento de la planificación del proceso docente con el ánimo de significar un rasgo importante de la formación del egresado y que una vez precisado vuelca en los planes y programas de estudios.

En el diseño de la asignatura, aunque en principio se tienen en cuenta todos y cada uno de los componentes del proceso, el énfasis fundamental se hace sobre los contenidos y métodos propios de cada tema y su evaluación correspondiente. De modo tal que se produce una suerte

de inversión dialéctica en que si inicialmente, al diseñar el plan de estudio de la carrera el problema y el objeto son lo más importante, en el diseño de la asignatura lo significativo es el contenido y el método, sin dejar de estar presentes los restantes, para el logro del objetivo. (Álvarez de Zayas, s. f.)

Las asignaturas constituyen una parte del sistema de carrera donde se organizan los conocimientos, las habilidades, los valores y las sensibilidades relacionados con una o varias ramas del saber humano, se estructuran de forma lógica y pedagógica en el currículo, en el plan de estudio de la carrera y en los programas de las disciplinas y asignaturas, en correspondencia con los campos de acción y esferas de actuación propios del objeto de la profesión. A través del desarrollo de las asignaturas se deben alcanzar la educación, el desarrollo y la instrucción del profesional que requiere estos tiempos, que se caracterice por el dominio profundo de la profesión, una alta cultura general, elevadas convicciones políticas, ideológicas y morales a partir de la formación de capacidades y sentimientos que permitan desenvolverse dentro del avance vertiginoso de la ciencia y la técnica al profesional. (Álvarez de Zayas, s. f.)

1.2.2. Diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta

Si se habla de diseño curricular de una asignatura, se tiene que partir del análisis de las orientaciones que brinda el Modelo del profesional de la carrera en cuestión. De este a su vez se deriva el diseño curricular por cada una de las disciplinas y por cada una de los años de estudios, influyendo ambos en el diseño curricular de la asignatura, la cual se ve también influenciada por las condiciones particulares del entorno específico.

En la asignatura Distribución en Planta se estudian los procesos en su integralidad tecnológica, espacial, organizacional, ambiental y económica, permitiendo que los estudiantes adquieran conocimientos y desarrollen las habilidades necesarias para definir la estrategia de perfeccionamiento del proceso, realizar el diseño y la evaluación de la distribución en planta de procesos sencillos de tipo industrial o de servicios, enfocando integralmente la organización y distribución espacial como un proceso decisional jerárquico, de carácter secuencial, dependiente y causal.

Esta asignatura pertenece a la disciplina Gestión de procesos y cadenas de suministros de la carrera de Ingeniería Industrial, en el diseño de la misma se tienen presente todos los componentes del proceso docente – educativo haciendo énfasis principalmente sobre los contenidos y métodos propios de cada tema que la componen, así como su evaluación correspondiente. Muestra un sistema de objetivos generales, educativos y desarrolladores diseñados con el propósito de lograr en cada egresado el desarrollo de conocimientos y

habilidades esenciales y generales con la ayuda de las cuales el estudiante puede resolver creativa, independiente y científicamente las tareas relacionadas con la distribución en planta.

La estructura de los contenidos de cada clase, contribuyen a desarrollar los aspectos más trascendentes de la personalidad del educando, la conciencia económica en el uso de los recursos financieros, materiales y humanos para el logro de una gestión eficiente, además de contribuir al desarrollo de una formación integral teórico – práctica, científico – técnico, político y cultural, de carácter profesional, por tanto, a través del desarrollo de la asignatura Distribución en Planta el egresado debe alcanzar la educación, el desarrollo y la instrucción del profesional que requiere estos tiempos.

1.3. Conclusiones del capítulo

1. En la confección de este capítulo se realizó una búsqueda, estudio y recopilación sobre la localización de instalaciones, la distribución en planta y la gestión del diseño curricular de la asignatura en estudio.
2. Para la organización de la asignatura Distribución en Planta en el modelo pedagógico de la modalidad presencial de la carrera de Ingeniería Industrial, el énfasis fundamental deberá hacerse sobre el sistema de contenidos, métodos de enseñanza y su evaluación correspondiente.
3. Del mismo modo, se hace necesario diseñar nuevos recursos educativos y métodos de enseñanza.

Capítulo II



Capítulo II: “Diseño y preparación metodológica de la asignatura Distribución en Planta”

En este capítulo se realiza un análisis de los objetivos, sistema de habilidades y valores desde el nivel de la carrera (modelo del profesional) hasta la asignatura, que posibilita diseñar el plan calendario de la asignatura de Distribución en Planta, además queda conformado el diseño curricular de la asignatura, de acorde a lo planteado en el programa de la asignatura, el plan calendario y las estrategias curriculares para el Plan de estudio D.

2.1. Introducción al plan de estudios “D”

El diseño de los planes de estudios D para la carrera de Ingeniería Industrial ha tenido como reto incorporar las tendencias en este campo a nivel internacional, satisfacer las demandas actuales y futuras a nivel nacional de los Organismos de la Administración Central del Estado (OACE) y las orientaciones establecidas por el Ministerio de Educación Superior respecto a estos diseños curriculares.

La concepción del Plan D de la Carrera de Ingeniería Industrial se ha llevado a cabo sobre diversas bases que conviene destacar:

- a) Las transformaciones que han acontecido en el país impusieron el perfeccionamiento de los planes de estudio.
- b) Las necesidades actuales y futuras del entorno nacional y regional.
- c) Las tendencias a nivel internacional de la enseñanza superior y el análisis de los enfoques, concepciones, perfiles y tecnologías de la Ingeniería Industrial. (Ministerio de Educación Superior, 2007)

El propósito del presente capítulo es el diseño metodológico de la asignatura Distribución en Planta, definiendo los componentes del proceso para dicha asignatura, estos son:

- | | | |
|------------|----------------------|------------------------|
| • Problema | • Contenido | • Medio de enseñanza |
| • Objeto | • Método | • Método de evaluación |
| • Objetivo | • Forma de enseñanza | • Resultado |

Todos estos elementos se integran y concretan en los siguientes documentos:

- | | |
|--|-----------------------------|
| • Programa analítico de la asignatura. | • Estrategias curriculares. |
| • Plan calendario de la asignatura. | • Plan bibliográfico. |

2.2. Modelo del profesional del ingeniero industrial.

En la carrera de Ingeniería Industrial se preparan profesionales integrales comprometidos con la Revolución, cuya función es la de analizar, diseñar, operar, mejorar y dirigir procesos de producción y servicios en toda la cadena de aprovisionamiento, transportación, producción, venta y servicios de posventa, con el objetivo de lograr eficiencia, eficacia y competitividad; mediante

el análisis de las relaciones que se presentan entre los recursos humanos, financieros, materiales, energéticos, equipamiento, información y ambiente con un enfoque integrador y humanista, donde prevalecen criterios que sustentan los altos intereses del país.

Para ello se valen de las ciencias matemáticas, físicas, económicas y sociales, de la tecnología e informática; de conjunto con los conocimientos especializados, los principios y métodos de diseño y análisis de ingeniería, incluyendo los conocimientos necesarios en función de la defensa del país. (Ministerio de Educación Superior, 2007)

2.2.1. Campos de acción

El ingeniero industrial tiene una visión integral en la gestión de los procesos y en el diseño, análisis, optimización e implementación de los sistemas empresariales y por ello tiene los campos de acción siguientes:

- Gestión, análisis y diseño del trabajo de los recursos humanos en los procesos de producción y servicios en su relación con los medios de trabajo, la energía, la información y el medio ambiente, garantizando el mejoramiento continuo y la calidad el incremento sostenido de la productividad del trabajo.
- Diseño, operación y mejora de sistemas de planificación y control de la producción y los servicios, sistemas para la distribución física de productos y servicios con una distribución en planta que logre la mejor combinación del transporte, manipulación y protección de los materiales, para satisfacer las necesidades de la sociedad en un contexto global.
- Diseño y optimización de cadenas y redes de suministro nacionales, regionales e internacionales, de bienes o servicios, con localización óptima de plantas y centros de distribución, incluyendo la logística reversa y su implicación medio – ambientales.
- Gestión de la calidad para la obtención de procesos y productos dentro de un medio ambiente saludable, satisfaciendo las necesidades de todas las partes interesadas y mejorando continuamente la calidad.
- Gestión del desarrollo de las organizaciones y del surgimiento de nuevos negocios y proyectos, desarrollo de sistemas de control de gestión para la planificación financiera y el análisis de los costos, evaluación financiera y económica de la factibilidad de proyectos, optimización de recursos y reducción de costos con eficacia y eficiencia.
- Gestión de procesos de cambio a todo nivel en las organizaciones, teniendo en cuenta el capital humano, la evaluación y gestión para el cambio tecnológico y la innovación. (Ministerio de Educación Superior, 2007)

2.2.2. Objetivos generales

1. Participar activamente en la vida social demostrando en todas sus acciones una sólida preparación científica - técnica, económica, cultural, política y social sustentada en los valores que deben caracterizar las actitudes de un ingeniero industrial.
2. Analizar las relaciones que se presentan entre los recursos humanos, financieros, materiales, energéticos, equipamiento, información y ambiente con un enfoque integrador y cómo influyen en la eficiencia, eficacia y competitividad de una organización.
3. Analizar, diseñar, operar, mejorar y dirigir procesos de producción y servicios en toda la cadena de aprovisionamiento - transportación - producción - venta - servicios de posventa, propiciando la participación de los trabajadores, el desarrollo de la calidad de vida y la protección del ecosistema. (Ministerio de Educación Superior, 2007)

2.2.3. Habilidades profesionales

1. Analizar la solución a los problemas generales del desarrollo científico - tecnológico desde un enfoque socio – humanístico a partir de las demandas de la Tercera Revolución Industrial valorando su impacto en el medio ambiente.
2. Examinar los procesos con un enfoque cultural, social, político, económico, ambiental y tecnológico sustentado en la primacía de los intereses sociales y nacionales sobre los particulares y con actuaciones éticas y morales propias de un ingeniero industrial comprometido con su Patria.
3. Aplicar en su práctica profesional el cumplimiento riguroso de las legislaciones, normas códigos de conducta demostrando capacidades para la comunicación oral y escrita.
4. Interpretar y aplicar las técnicas y tecnologías más adecuadas en las condiciones cubanas que contribuyan a alcanzar la eficiencia, eficacia y competitividad de la organización, así como el desarrollo sostenible, especialmente en los ahorros energéticos y en la preservación del ecosistema.
5. Diagnosticar las situaciones existentes y los posibles escenarios futuros de realización con el rigor metodológico que las investigaciones de su campo de acción requieren.
6. Gestionar y operar los procesos en organizaciones de la producción y los servicios en toda la cadena de aprovisionamiento – transportación – producción – venta – servicios de posventa con enfoque integrador y sistémico.
7. Obtener y valorar la información científica y técnica necesaria en los idiomas de español e inglés apoyándose en la utilización de los recursos informáticos que se generan sistemáticamente.

8. Diseñar soluciones y visionar estrategias con rigor científico que demuestren sus capacidades de razonamiento, sistematicidad, iniciativa, creatividad y capacidad de adaptación con una gran objetividad y sentido práctico que le permitan comunicar, persuadir y convencer de las acciones a emprender.
9. Resolver las tareas de la defensa que se vinculan con su profesión y como ciudadano, contribuyendo al fortalecimiento defensivo del país.
10. Desarrollar iniciativas y otras acciones con el fin de contrarrestar los efectos negativos que, en la esfera productiva y de los servicios, ejerce el bloqueo económico, comercial y financiero ejercido contra nuestro país. (Ministerio de Educación Superior, 2007)

2.3. Derivación de la disciplina Gestión de Procesos y Cadenas de Suministro

La asignatura objeto de diseño en la presente tesis, se encuentran situada en la disciplina Gestión de Procesos y Cadenas de Suministro, por tanto se impone hacer una derivación de los objetivos y habilidades generales de la carrera, en este nivel de organización de la misma. Se derivan en este paso, los objetivos y las habilidades formuladas en el modelo del profesional que se relacionan con la disciplina en estudio.

2.3.1. Fundamentación de la disciplina

Esta disciplina tiene sus orígenes en las asignaturas Gestión de Procesos, Logística, Distribución en Planta y Sistemas Actuales de Producción, que se han mantenido con variaciones en sus nombres y alcance y que se han impartido en los planes de estudios anteriores. Su desarrollo se hará enfrentando la solución de los problemas con un carácter multidisciplinario y dotado de los enfoques más actualizados de forma tal que el egresado sea capaz de analizar, perfeccionar y operar los sistemas de organización, planificación y control de procesos; garantizando la máxima satisfacción de los clientes y de las exigencias que actúan sobre la empresa.

2.3.2. Objetivos educativos

1. La capacidad de razonamiento a través de su participación en el proceso de enseñanza-aprendizaje, con el análisis y solución de casos de estudio de forma tal que llegue a conclusiones bajo la dirección del profesor.
2. La constancia en el estudio mediante el diseño e instrumentación de un sistema de evaluación que permita que el estudiante compruebe el grado de avance y el logro de los objetivos previstos en las asignaturas.
3. La motivación por su profesión haciendo que la disciplina sea interesante, eminentemente práctica, esté actualizada en correspondencia con el desarrollo científico – técnico y resulte

de utilidad para la solución de los problemas y las nuevas condiciones del desarrollo económico – social de nuestro país.

4. Los hábitos de trabajo independiente mediante la autopreparación en determinados contenidos seleccionados, a través de la consulta bibliográfica y el empleo de la informática.
5. Pensar y actuar como un profesional capaz de influir en el desarrollo de otros especialistas y de los trabajadores en general con el objetivo de que asimilen los elementos fundamentales de la logística y la gestión de procesos.
6. Responsabilidad en la preparación para todas las actividades docentes; la correcta redacción y presentación de los documentos asociados al sistema de evaluación y el dominio del lenguaje y las capacidades de comunicación requeridas por un profesional.

2.3.3. Objetivos instructivos

Perfeccionar y ejecutar la gestión logística y de cadenas de suministro garantizando la máxima eficiencia que requiere la empresa en coordinación con el desarrollo científico – técnico, logrando la máxima satisfacción de los clientes y de las exigencias que actúan sobre la empresa. Analizar, diseñar y rediseñar los procesos de la empresa en sus aspectos operacional y de la distribución en planta. (Ministerio de Educación Superior (MES), 2007)

2.3.4. Contenidos básicos de la disciplina

El método de estudio de la gestión de procesos. La organización, planificación y control de procesos. Elementos de la organización de procesos. La gestión de las capacidades productivas. La gestión del mantenimiento. La gestión de inventarios. Funciones básica de la planificación y control de procesos. Planificación agregada. Planificación de los recursos materiales. Programación de la producción. Planificación y control de proyectos.

Concepto y contenido de la logística. Subsistemas. Costos y ciclo logístico, servicio al cliente. Las actividades logísticas y la organización de los flujos logísticos. Los envases y embalajes. Transporte interno y externo. Selección de alternativas en la logística. Almacenamiento y manipulación. La gestión logística. Los planes logísticos. La evaluación del nivel de la logística y los riesgos. Gestión de las Cadenas de Suministro. Procedimiento de diseño de los sistemas logísticos. La gestión de los sistemas logísticos. Evaluación del nivel de la gestión de las cadenas (o redes) de suministro.

Modelación y diseño de procesos. Microlocalización de instalaciones asegurando eficientes impactos económicos, sociales y ecológicos. Distribución en planta de procesos asegurando un ambiente de trabajo seguro y una alta eficiencia en su operación.

2.3.5. Conocimientos básicos a adquirir

Esencia, contenido y método de estudio de la gestión de procesos. Esencia y contenido de la organización, planificación y control de procesos. Pronóstico de la demanda. Técnicas más usadas. La gestión de inventarios. Técnicas más usadas. La gestión del mantenimiento, organización y métodos. El procedimiento de análisis y diseño de los sistemas de planificación y control de procesos. Planificación agregada. Planificación de los recursos materiales. Programación de la producción. Planificación y control de proyectos. El *Lean Production*: antecedentes y desarrollo. La filosofía *Just In Time* (JIT): objetivos, principios, técnicas e instrumentos. Otras filosofías de gestión de los sistemas logísticos. (Ministerio de Educación Superior, 2007)

Concepto de logística, costo y ciclo logístico. Contenido de la logística y de sus subsistemas. El servicio al cliente. Las actividades logísticas y fundamentos de la organización de los flujos logísticos. Los envases y embalajes. Transporte interno y externo. Selección de alternativas en la logística. La gestión logística. Los índices de consumo. Los planes logísticos. La evaluación del nivel de la logística. Los riesgos en la logística. Fundamentos del costo basado en la actividad (ABC) y su aplicación en logística. Gestión de las Cadenas de Suministro. Los sistemas logísticos. Almacenamiento y manipulación. Procedimiento de diseño de los sistemas logísticos. La gestión de los sistemas logísticos. Evaluación del nivel de la gestión de las cadenas (o redes) de suministro.

La modelación de los procesos. Balance integrado de los procesos. Los riesgos de los procesos. Procedimiento de análisis y diseño de los procesos. La infraestructura de los procesos y su distribución en planta. La compatibilización con la defensa y con los programas directores de los territorios. Enfoque integral del proceso de organización y distribución espacial. Localización de sistemas físicos. Macro y microlocalización. Plan general de una instalación compleja. Distribución en planta. Tipos de distribución en planta. Factores que determinan la distribución en planta. Selección del principio de organización espacial que sustenta la distribución en planta. Procedimiento general de planeación. Plan de distribución detallada de áreas e instalaciones, equipos y puestos de trabajo; procedimiento general y cálculos básicos; apoyo computacional. Representación de flujos y visualización de la distribución en planta; uso de modelos 2D, 3D y virtuales. Evaluación / valoración / comprobación / aprobación de las soluciones. Instalación de la distribución en planta. Uso de sistemas informáticos en la distribución en planta. (Ministerio de Educación Superior, 2007)

2.3.6. Habilidades básicas a dominar en la disciplina

1. Identificar el alcance y contenido de la organización, planificación y control de procesos.
2. Analizar la organización de un sistema productivo, llegándose a establecer las medidas para su desarrollo y perfeccionamiento.
3. Aplicar las funciones básicas de la planificación y control de procesos y de sistemas logísticos.
4. Evaluar alternativas de soluciones y tecnologías logísticas y fundamentar decisiones de tercerización de actividades logísticas.
5. Calcular y analizar los costos y ciclo logísticos.
6. Analizar y proyectar la coordinación de las capacidades, los inventarios, la demanda y los costos en un sistema logístico.
7. Aplicar herramientas informáticas para modelar procesos y para perfeccionar o proyectar la distribución en planta de procesos. (Ministerio de Educación Superior, 2007)

2.3.7. Valores de la carrera a que tributa

Para la carrera de Ingeniería Industrial se ha desarrollado una concepción sistémica de la educación sustentada en valores, la disciplina debe contribuir a desarrollar los siguientes valores: Dignidad, Honestidad, Solidaridad, Responsabilidad, Laboriosidad, Honradez y Justicia.

Dignidad: Nos sentimos libres y actuamos consecuentemente con capacidad para desarrollar cualquier actividad y estamos orgullosos de las acciones que realizamos en la vida educacional y en la sociedad en defensa de los intereses de la Revolución y somos respetados por ser consecuente en nuestros principios y en la correspondencia entre lo que pensamos y hacemos.

Honestidad: Actuamos con transparencia, con plena correspondencia entre la forma de pensar y actuar, asumiendo una postura adecuada ante lo justo en el colectivo. Somos sinceros con apego a la verdad y lo exigimos de los demás. Somos ejemplos en el cumplimiento de la legalidad y los deberes.

Solidaridad: fortalecemos el espíritu de colaboración y de trabajo en equipo. Apreciamos en alto grado el sentido de compañerismo y compartimos todos nuestros recursos, en aras de potenciar todo el conocimiento que captamos y generamos. Nos identificamos con el sentido de justicia social, equidad e internacionalismo, ante las causas nobles que pueden lograr un mundo mejor, de paz e igualdad.

Responsabilidad: posibilitamos la creación de un clima de autodisciplina en el desempeño de nuestras misiones en las actividades cotidianas. Desplegamos todas nuestras potencialidades en la conquista del entorno, con audacia responsable.

Laboriosidad: nos esmeramos en el trabajo, en su constancia, disciplina y eficiencia. Concebimos al trabajo la fuente de la riqueza, como un deber social y la vía honrada para la realización de los objetivos sociales y personales. Nuestra labor educativa, orientada a la formación de valores y en especial el trabajo político ideológico, constituye el aspecto prioritario de nuestra actividad laboral.

Honradez: actuamos con la rectitud e integridad en todos los ámbitos de la vida y en la acción de vivir de su propio trabajo y esfuerzo.

Justicia: Nos identificamos con la igualdad social que se expresa en que los seres humanos sean acreedores de los mismo derechos y oportunidades para su desarrollo, sin discriminación por diferencias de origen, edad, sexo, desarrollo cultural, color de la piel y credo.

2.4. Derivación de la asignatura Distribución en Planta

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, se derivan los objetivos y habilidades de la disciplina Gestión de Procesos y Cadenas de Suministro, en la asignatura Distribución en Planta sobre la cual se desarrolla el presente estudio.

2.4.1. Objetivos Instructivos

Modelar procesos y aplicar el procedimiento de diseño de un proceso. Determinar la microlocalización de instalaciones asegurando eficientes impactos económicos, sociales y ecológicos. Evaluar, perfeccionar y proyectar la distribución en planta de procesos asegurando un ambiente de trabajo seguro y una alta eficiencia en su operación.

2.4.2. Conocimientos básicos a adquirir

La modelación de los procesos. Contenido de cada elemento operacional y de la infraestructura de los procesos. Balance integrado de los procesos. Los riesgos de los procesos. Procedimiento de análisis de los procesos. Procedimiento de diseño de los procesos. La infraestructura de los procesos y su distribución en planta. La compatibilización con la defensa y con los programas directores de los territorios. La empresa como sistema físico. Enfoque integral del proceso de organización y distribución espacial. Localización de sistemas físicos. Macro y microlocalización: factores determinantes y regulaciones. Plan general de una instalación compleja. Procedimiento general para el diseño conceptual del plan general de una instalación. Distribución en planta. Objetivos y principios de la distribución en planta. Tipos de distribución en planta. Factores que determinan la distribución en planta; cálculos básicos asociados a estos factores. Selección del principio de organización espacial que sustenta la distribución en planta. Procedimiento general de planeación. Esquemas de ordenamiento espacial; métodos y técnicas para su confección. Plan de distribución detallada de áreas e instalaciones, equipos y puestos de trabajo;

procedimiento general y cálculos básicos; apoyo computacional. Normas y recomendaciones de espacio – distancia; errores frecuentes en la distribución en planta. Representación de flujos y visualización de la distribución en planta; uso de modelos 2D, 3D y virtuales. Instalación de la distribución en planta. Uso de sistemas informáticos en la distribución en planta.

2.4.3. Habilidades básicas a dominar

1. Modelar un proceso.
2. Aplicar el procedimiento de diseño de un proceso.
3. Diseñar la distribución en planta de procesos de tipo industrial o de servicios enfocando integralmente la organización y distribución espacial como un proceso decisional jerárquico, de carácter secuencial, dependiente y causal.
4. Usar sistemas informáticos para la realización de la distribución en planta y la modelación de un proceso.

2.4.4. Indicaciones metodológicas y de organización

En la asignatura Distribución en Planta se estudian los procesos en su integralidad tecnológica, espacial, organizacional, ambiental y económica apoyándose en los conocimientos aprendidos a lo largo de la carrera. A través de la modelación el estudiante debe ser capaz de identificar las variables críticas para el perfeccionamiento del proceso y a partir de ahí dominar el procedimiento para rediseñar el proceso en su aspecto estructural, organizacional, espacial y económico con el objetivo de asegurar una elevación de su eficiencia y efectividad en marco del cumplimiento de las exigencias que actúan sobre el proceso que es objeto de estudio. En esta asignatura debe predominar en su impartición el estudio y solución de casos prácticos, ya que debe lograr generar en el estudiante habilidades en definir la estrategia de perfeccionamiento del proceso de acuerdo a los conocimientos adquiridos en la carrera y la situación y objetivos específicos de un proceso, así como en diseñar la solución definida como vía de instrumentar en la práctica vías de desarrollo de los procesos.

2.5. Preparación de la asignatura.

“Es el tipo de trabajo docente metodológico que garantiza, previo a la realización del trabajo docente, la planificación y organización de los elementos principales que aseguren el desarrollo eficiente de esta asignatura, teniendo en cuenta el carácter de sistema de la disciplina a la que pertenece. Se abordan los objetivos particulares de los temas y específicos de las actividades docentes, el enfoque científico y metodológico de los contenidos con un alto grado de actualización y su distribución en las diferentes formas y tipos del trabajo docente, los métodos y medios de enseñanza a emplear, el sistema de evaluación del aprendizaje y la orientación y

control del trabajo independiente y la autopreparación de los estudiantes, según lo establecido en los documentos rectores del proceso docente educativo de carácter estatal”. («Resolución No. 210/07: Reglamento para el Trabajo Docente y Metodológico en la educación superior», 2007)

La preparación de la Asignatura Distribución en Planta es fundamental tenerla realizada, ya que: “El profesor es el responsable fundamental en el desarrollo del proceso docente educativo y está obligado a dominar los conocimientos científicos – técnicos de su disciplina, así como las habilidades generales profesionales y enseñar dichos contenidos a los estudiantes, de acuerdo con los objetivos de la actividad docente y haciendo uso del sistema de los principios didácticos.” («Resolución No. 210/07: Reglamento para el Trabajo Docente y Metodológico en la educación superior», 2007)

Por tanto, el profesor tiene que preparar y autoprepararse previo al inicio del semestre en el que desarrollará sus actividades docente y la preparación de la asignatura, es decir, un profesor y fundamentalmente uno nuevo, tiene que realizar una preparación mayor, con la planificación y organización de los elementos principales, que aseguren el desarrollo eficiente de la misma.

Los elementos a considerar para la preparación de la asignatura son:

- Objetivos particulares de los temas
- Objetivos específicos de las actividades docentes
- Enfoque científico y metodológico de los contenidos actualizados.
- Distribución de los contenidos en las diferentes formas y tipos del trabajo docente.
- Métodos de enseñanza
- Medios de enseñanza.
- Sistema de evaluación
- Orientación y control del trabajo independiente.
- Auto-preparación de los estudiantes.

2.6. Programa analítico de la asignatura Distribución en Planta

Programa de la asignatura “Distribución en Planta”

Año en que se imparte: 5to.

Tabla 2.1. Tiempo total de la asignatura y formas de enseñanza. **Fuente:** Guía del profesor para la asignatura “Distribución en Planta”

Formas de enseñanza	Horas
Conferencias, Clases prácticas, Laboratorios, Talleres y Seminarios	48 h

Tabla 2.2. Estructura de la asignatura. *Fuente:* Elaboración propia

Temas	C	CP	T	S	L	E	Total
I. Introducción a la distribución en planta	2	-	2	-	-	-	4
II. Localización de la planta	6	4	2	2	2	2	18
III. Determinación de los principales factores que intervienen en la distribución espacial de una instalación.	4	4	-	-	-	-	8
IV. Distribución espacial de la planta	4	4	2	2	2	4	18
Total	16	12	6	4	4	6	48

En la tabla anterior se puede observar el desglose hecho para cada tipo de actividad docente a realizar durante el período de estudio de la asignatura, teniendo en cuenta la importancia de cada tipo de actividad y la funciones que estas tienen en el diseño metodológico de la asignatura, también se tuvo en cuenta los conocimientos básicos a adquirir por los estudiantes en cada tema según el plan de estudios actual y su importancia para el logro de los objetivos de la asignatura. Nótese la cantidad total de horas (48) que a criterio del autor del presente trabajo y el profesor que imparte la asignatura Distribución en Planta actualmente no son suficientes para lograr un excelente dominio por los estudiantes en todos los temas a recibir, si se tiene en cuenta que para el programa semipresencial, el propio plan de estudio muestra que son 68 horas clases, cuando pudiera ser lo contrario producto que los estudiantes del curso por encuentro están vinculados a empresas y un 70 % ven de forma directa e indirecta los contenidos referidos a la distribución en planta aunque no lo relacionen con la asignatura aun.

Lo anterior no limita la cantidad de conocimientos que adquieren los estudiantes solo que no son lo suficientes profundos para alcanzar un excelente dominio en la asignatura Distribución en Planta por el futuro profesional.

2.6.1. Problema que resuelve la propuesta del diseño metodológico de la asignatura Distribución en Planta

Diseño metodológico de la asignatura: se elaboró el diseño a partir de la estructura metodológica y organizativa que adoptará la asignatura para el desarrollo del proceso de enseñanza – aprendizaje, a partir del análisis de los objetivos y contenidos, en función de garantizar el aprendizaje significativo de los estudiantes y su contribución en la formación del profesional.

El Plan Calendario: se confeccionó el Plan Calendario a partir de la derivación de los contenidos sintéticos, los subtemas y tópicos que abordará cada tema, en función de la relación objetivo – contenido, se delimitó la bibliografía actualizada que sustenta la relación teoría-práctica del

contenido de cada tema, para evitar inconvenientes durante su desarrollo, además se asignaron el total de horas aproximadas para cada tema en correspondencia con la carga horaria semestral de la asignatura en el Plan de Estudios.

Preparación de clases: sobre la base de las diferentes tipologías de clases se confeccionaron las mismas para la asignatura, precisando las intenciones educativas en los contenidos que se abordan en cada tema, ordenadas según la lógica de la ciencia a partir del análisis de los objetivos particulares y del contenido del Plan Calendario de la Asignatura, o sea, que en dependencia de los objetivos a alcanzar, se irá adoptando un tipo de clase en determinados intervalos de tiempo.

Medios para la enseñanza: se analizaron las necesidades y carencias de los medios de enseñanza a partir del estudio de los contenidos, métodos y formas organizativas que se proponen para el desarrollo de la asignatura en el semestre, haciéndose la propuesta de diapositivas, tesis, videos interactivos, *software*, el folleto de ejercicios resueltos y una multimedia para la asignatura.

Sistema de evaluación: se caracterizó el sistema de evaluación del aprendizaje de la asignatura, definiendo las formas de evaluación que se aplicarán a lo largo de la impartición de la misma, a partir del análisis realizado de los objetivos y contenidos del Plan Calendario de la Asignatura.

2.6.2. Objeto de la asignatura

Dotar de los conocimientos y habilidades necesarias para localizar lugares óptimos de instalación de una planta y desarrollar diseños de distribución de plantas industriales, atendiendo a las características del equipamiento, sistema de manejo de materiales, así como procesos y métodos de trabajo.

2.6.3. Sistema de objetivos

Objetivos educativos

1. El rigor científico y las formas del pensamiento lógico al nivel de abstracción y de razonamiento mediante el proceso de formulación, análisis y solución de problemas.
2. Una formación integral teórico – práctica, científico – técnica, política y cultural, de carácter profesional, que permita resolver creativa, independiente y científicamente las tareas relacionadas con la distribución en planta.
3. Pensar y actuar como profesional demostrando dominio, firmeza, valentía y seguridad en la defensa de los resultados alcanzados con la distribución en planta.
4. Conciencia económica en el uso de los recursos financieros, materiales y humanos para el logro de una gestión eficiente.

Objetivos instructivos

1. Diseñar la distribución en planta de procesos sencillos de tipo industrial o de servicios enfocando integralmente la organización y distribución espacial como un proceso decisional jerárquico, de carácter secuencial, dependiente y causal.
2. Conocer las diferentes fases, etapas y tipos de estudios que caracterizan el problema de la localización de sistemas físicos, así como las regulaciones vigentes que le permitan participar en los procesos decisionales de este tipo y apoyar su realización.
3. Conocer las diferentes etapas, actividades y principios que caracterizan el proceso de diseño del plan general de una instalación compleja, así como los principales métodos, procedimientos y técnicas a emplear.
4. Conocer los conceptos, objetivos, principios, factores y tipos de distribución en planta, así como los métodos, procedimientos y técnica para planear, representar, visualizar, evaluar, comprobar e instalar una distribución en planta, de manera que le permitan apoyar su realización desde el punto de vista de su profesión.

2.6.4. Sistema de contenidos

Sistema de conocimientos

Introducción. La empresa como sistema físico. Evolución histórica y tendencias de desarrollo. Enfoque integral del proceso de organización y distribución espacial. Localización de sistemas físicos: conceptos básicos y etapas. Macro y microlocalización: factores determinantes y regulaciones. Algunos métodos y técnicas de carácter auxiliar para apoyar la toma de decisiones de macro y microlocalización. Plan general de una instalación compleja; conceptos básicos. Procedimiento general para el diseño conceptual del plan general de una instalación. Distribución en planta: concepto y evolución. Objetivos y principios de la distribución en planta. Naturaleza de los problemas de distribución en planta. Tipos de distribución en planta y su sistemática; tendencias. Factores que determinan la distribución en planta; cálculos básicos asociados a estos factores. Selección del principio de organización espacial que sustenta la distribución en planta; métodos. Planeamiento de la distribución en planta; principios guías. Procedimiento general de planeación; fases y etapas generales. Esquemas de ordenamiento espacial; métodos y técnicas para su confección. Plan de distribución detallada de áreas e instalaciones, equipos y puestos de trabajo; procedimiento general y cálculos básicos; apoyo computacional. Normas y recomendaciones de espacio-distancia; errores frecuentes en la distribución en planta. Representación de flujos y visualización de la distribución en planta; uso de modelos 2D, 3D y virtuales. Instalación de la distribución en planta.

Habilidades:

1. Enfoque integral de un problema complejo de distribución espacial, como un proceso decisional jerárquico, de carácter secuencial, dependiente y causal.
2. Aplicación de métodos y técnicas matemáticas, heurísticas y software para realizar cálculos de ingeniería y solucionar problemas no complejos de localización de una instalación y de distribución en planta de un proceso.
3. Análisis y toma de decisiones sobre situaciones prácticas que se pueden presentar en la solución de problemas de localización y de distribución en planta en cualquiera de sus fases.

2.6.5. Sistema de métodos de enseñanza

Los métodos de enseñanza son el componente del proceso de enseñanza – aprendizaje que expresa la configuración interna del mismo, para que transformando el contenido se alcance el objetivo, que se manifiesta a través de la vía, el camino que escoge el sujeto para desarrollarlo teniendo en cuenta que lo que caracteriza al método es la motivación, comunicación y actividad. (Cañedo Iglesias, s. f.)

Los métodos de enseñanza de carácter general tienen que particularizarse y enriquecerse según las características de cada asignatura, desarrollando métodos que posibiliten que el estudiante integre lo tecnológico con lo administrativo y lo social.

Teniendo en cuenta lo antes expresado se clasificaron los métodos de enseñanza respecto a la asignatura Distribución en Planta, para esta investigación se adoptaron los criterios de clasificación de mayor relevancia en el proceso de enseñanza – aprendizaje, estos son:

- Por el grado de participación de los sujetos que intervienen en el proceso de enseñanza – aprendizaje.
- Por la actividad del profesor e independencia del estudiante, o el carácter de la actividad cognoscitiva.
- Por la estimulación de la actividad cognoscitiva-productiva en los estudiantes.

Dentro de estos criterios existen diferentes métodos que caracterizaremos a continuación:

Método Expositivo: se caracteriza por la combinación de la palabra del profesor con la percepción sensorial de objetos y fenómenos, por parte de los estudiantes. Dentro de este grupo se encuentran:

- **Conversación o diálogo:** durante la conversación el profesor lleva a los alumnos hacia la comprensión y asimilación de los conocimientos, se pueden formular preguntas para lograr una elaboración conjunta donde el alumno participe activamente, es un método utilizado para establecer relaciones entre los conocimientos anteriores y los nuevos, transmitir nuevos

conocimientos o reafirmarlos y comprobarlos, requiere que los alumnos tengan algún conocimiento del contenido objeto de estudio.

- **Explicación o relato:** constituye otra forma de los métodos expositivos mediante la cual el profesor transmite nuevos conocimientos, se diferencia del anterior porque es una exposición precisa del material de estudio sin la participación activa de los alumnos, sobre la base del análisis de hechos y demostraciones, incluyendo además, la formulación de conclusiones.

Método de Elaboración Conjunta: este método se desarrolla cuando el contenido se va construyendo entre los estudiantes, el profesor y los demás implicados en forma interactiva, existiendo una participación activa de ambos sujetos, o sea, del profesor y el alumno, y se aplica en los seminarios y talleres, propiciando así la reflexión, el debate y la propuesta, en los mismo es muy importante estimular la opinión de todos, aunque en ella existan errores que se deben subsanar en el propio desarrollo del método.

Método de trabajo en equipo: este método consiste en la puesta en común de un trabajo previo realizado por los estudiantes, todos los integrantes del equipo deben saber que son parte de un grupo; por lo mismo, deben cumplir cada uno su rol sin perder la noción del equipo, todos deben funcionar a la perfección, si uno falla el equipo fracasa. Este método puede ser utilizado por el profesor en el apoyo a la clase expositiva, para resolver problemas prácticos, en casos de estudios para la búsqueda de soluciones y decidir cuál es la más adecuada, etc.

Método de trabajo independiente: Aquí se orienta una actividad práctica que se desarrollará sobre la temática; orientar la guía para seminarios, clases prácticas o prácticas de laboratorios. Asimismo se refuerza la orientación del estudio, cómo hacerlo, bibliografía, destacar la guía, tiempo que debe dedicar, etc.

Método Explicativo – Ilustrativo: este método resulta de gran utilidad, ya que actúa preferentemente sobre el nivel de asimilación reproductivo, donde en esencia el profesor transmite conocimientos, ofrece soluciones a los problemas y hace demostraciones con la ayuda de distintos medios de enseñanza.

Método de Búsqueda Parcial o Conversación Heurística: este método de búsqueda parcial o heurística se caracteriza porque el profesor organiza la participación de los alumnos en la realización de determinadas tareas del proceso de investigación, de esta manera el alumno podrá apropiarse de algunas etapas y de elementos independientes de la investigación científica, acercándolos gradualmente al método investigativo.

Método investigativo: en él, los estudiantes utilizan las distintas etapas del método científico, por lo que un requisito del método es que los alumnos sigan la mayor parte de las etapas del

proceso de investigación. El método investigativo se presenta en los distintos tipos de actividad de los estudiantes: observación, trabajos con diferentes fuentes bibliográficas, aplicación de instrumentos de investigación, realización de prácticas de laboratorio y de experimentos, etc. En el mismo los alumnos en forma individual o por equipos determinan las tareas investigativas a realizar, a su vez el profesor comprueba que las tareas se distribuyan entre los integrantes del equipo para garantizar la participación de todos. Los estudiantes deben presentar los resultados de la investigación a través del informe final por equipos con el análisis de resultados, posible solución y conclusiones.

En la asignatura objeto de estudio la aplicación de estos métodos le permite al profesor la oportunidad de conocer realmente los conocimientos que poseen los alumnos acerca del contenido, a través del planteamiento correcto de las preguntas y las exigencias para las respuestas por parte de los estudiantes, evitando que el estudiante dé opiniones superficiales sobre lo que desconocen. En cuanto a la orientación del estudio independiente es importante considerar a este como parte integrante de la clase y no solo el que se orienta para su realización fuera de ésta, teniendo en cuenta para la realización del mismo la correspondencia de los contenidos del trabajo independiente con las exigencias del programa analítico de la asignatura, con el objetivo de formar en los estudiantes hábitos técnicos y organizativos para el cumplimiento del mismo. El profesor a través de la aplicación del método de elaboración conjunta y el método investigativo puede fomentar el trabajo en equipos durante los seminarios y talleres, logrando así la participación de todos los integrantes del mismo, para esto se realiza un análisis del programa de la asignatura para determinar qué temas o unidades pueden ser abordadas a través de estos métodos. Se propiciarán debates acerca de diferentes puntos de vista mediante la presentación de resultados obtenidos en pequeñas investigaciones, para desarrollar en el estudiante la habilidad para resolver y dar respuesta a los múltiples problemas de la vida por sí mismo de forma creativa, elaborando, realizando y comprobando la exactitud de la respuesta.

2.6.6. Formas organizativas de enseñanza

La Resolución No. 210 de 31 de julio de 2007, “Reglamento para el Trabajo Docente y Metodológico en la Educación Superior”, luego de definir la forma organizativa del trabajo docente como “la estructuración de la actividad del profesor y de los estudiantes, con el fin de lograr de la manera más eficiente y eficaz el cumplimiento de los objetivos previstos en los planes y programas de estudio”, establece como sus principales manifestaciones las siguientes:

- La clase.
- La práctica laboral.
- La práctica de estudio.

- El trabajo investigativo de los estudiantes.
- La autopreparación de los estudiantes.
- La consulta.
- La tutoría.

Estas formas organizativas se desarrollan en diferentes escenarios educativos y poseen su propia tipología. Una de las más importantes, sin dudas, es la clase, cuyo desarrollo conceptual y la determinación de sus elementos de configuración han resultado amplios y variables, en correspondencia con las transformaciones mismas del sistema educacional, aspecto no solo presente en la pedagogía cubana, sino a nivel internacional.

La clase es una de las formas organizativas del proceso docente educativo, que tiene como objetivos la adquisición de conocimientos, el desarrollo de habilidades y la formación de valores e intereses cognoscitivos y profesionales en los estudiantes, mediante la realización de actividades de carácter esencialmente académico.

Cada clase tiene habitualmente, una estructura organizativa interna que tiene tres partes: introducción, desarrollo o principal y conclusiones o final. Como toda actividad humana y ser esta de carácter cognoscitivo sus componentes funcionales: orientación, ejecución, control y corrección o ajuste están presentes. Donde el ciclo tiene un primer momento de construcción de la orientación requerida, un segundo momento la ejecución de tareas planteadas, un momento de control que persigue la valoración de la comprensión de las orientaciones así como el grado de corrección de la realización de la tarea y un último momento de ajuste si así lo requiere. Esta dinámica tiene sus especificidades según los tipos de clases, lo cual puede verse en el desarrollo del presente trabajo.

En la introducción se ubica al estudiante en el nuevo contenido a apropiarse, en el desarrollo se trabaja con él y en las conclusiones se hace la generalización o integración necesaria. En dependencia de los objetivos que se quieran alcanzar, se irá adoptando un tipo de clase u otro en determinados intervalos de tiempo.

En la Educación Superior las clases pueden adoptar distintas formas organizativas como son:

- Conferencia
- Clase práctica
- Seminario
- Prácticas de laboratorio
- Taller

Conferencia: la conferencia es el tipo de clase que tiene como objetivo instructivo principal la orientación a los estudiantes de los fundamentos científicos – técnicos más actualizados de una rama del saber con un enfoque dialéctico, mediante el uso adecuado de métodos científicos y

pedagógicos, de modo que les permita la integración y generalización de los conocimientos adquiridos y el desarrollo de las habilidades que posteriormente deberán aplicar en su vida profesional. (Cañedo Iglesias, s. f.)

La asignatura en estudio quedó compuesta por un total de 8 conferencias distribuidas en los 4 temas que abarca la misma, de manera que el estudiante alcance el nivel de conocimientos necesarios planteados en el plan de estudios de la carrera, el método de enseñanza utilizado básicamente es el expositivo, en la conferencia No. 1 dado que es la primera clase es donde se realiza la presentación de la asignatura, sus objetivos, sistema de contenidos, métodos, medios necesarios para el autoaprendizaje y las características del sistema de evaluación, posicionando al estudiante en la rama del saber de la asignatura, todas las conferencias que componen la asignatura son de introducción de un nuevo contenido, en estas el alumno se inicia en la apropiación del contenido y en la misma el papel principal lo desempeña el profesor, no obstante en las conferencias posteriores y dependiendo del grado de asimilación del estudiante pudiera utilizarse la conversación heurística. Estas conferencias se pueden ver en el **Anexo #1**.

A continuación se presenta como queda estructurada metodológicamente las conferencias de la asignatura Distribución en Planta.

Distribución en Planta

Conferencia

Tema: tema que corresponda según el Plan Calendario.

Título: según corresponda al tema que se desarrollará.

Sumario: son los epígrafes que se desarrollarán durante la actividad, para vencer los objetivos planteados.

Objetivos: seleccionar uno o dos objetivos, los mismos deben ser de acuerdo con el nivel de asimilación que se desea lograr.

Bibliografía: es donde se orienta en que libros, sitios web, materiales, etc., se pueden encontrar los contenidos que se desarrollaran en el transcurso de la clase.

Introducción: se realizara una rememoración breve sobre el aspecto tratado en la última conferencia, preguntas de control y aclaración de dudas presentadas en la realización de tareas y actividades prácticas que hayan sido orientadas.

Desarrollo: es donde se realiza el análisis, la explicación, las demostraciones, ejemplificaciones de los contenidos propuestos en el sumario, cuidando el cumplimiento de los objetivos específicos propuestos.

Conclusiones: pueden llevar preguntas orientadas a comprobar la comprensión de la orientación y generalizaciones sobre el tema pero, muy sugerente, la transmisión de algún mensaje para estimular y motivar las acciones posteriores de autopreparación.

Orientación del estudio independiente: aquí se orienta una actividad práctica que se desarrollará sobre la temática; orientar la guía para seminarios, talleres, clases prácticas o prácticas de laboratorios.

Clase práctica: es el tipo de clase que tiene como objetivos instructivos fundamentales que los estudiantes ejecuten, amplíen, profundicen, integren y generalicen determinados métodos de trabajo de las asignaturas, que les permita desarrollar habilidades para utilizar y aplicar, de modo independiente, los conocimientos. (Cañedo Iglesias, s. f.)

En la asignatura objeto de estudio las clases prácticas abarcan un total de 5 actividades distribuidas de forma gradual durante todo el periodo de estudios, con el objetivo de que los estudiantes amplíen y profundicen en los conocimientos adquiridos durante las conferencias, de manera tal que el mismo desarrolle las habilidades necesarias y la capacidad de independencia cognitiva, a través del uso del folleto de ejercicios resueltos en *Excel* que forma parte de la bibliografía propuesta para la asignatura. Estas clases prácticas se pueden ver en el **Anexo #2**. A continuación se presenta un ejemplo de forma resumida de cómo quedó estructurada la clase práctica:

Distribución en Planta

Clase Práctica

Tema: tema que corresponda según el Plan Calendario.

Título: según corresponda al tema que se desarrollará.

Sumario: son los epígrafes que se desarrollarán durante la actividad, para vencer los objetivos planteados.

Objetivos: seleccionar varios objetivos, los mismos deben ser de acuerdo con el nivel de asimilación que se desea lograr.

Bibliografía: es donde se orienta en que libros, sitios web, materiales, etc., se pueden encontrar los contenidos que se desarrollaran en el transcurso de la clase.

Introducción: se realiza una rememoración breve sobre el aspecto tratado en la última conferencia y se hacen preguntas de control.

Desarrollo: se presenta una situación problémica sobre la temática a la cual se le dará respuesta durante el desarrollo de la actividad.

Conclusiones: pueden llevar preguntas orientadas a comprobar la comprensión de la orientación y generalizaciones sobre el tema pero, muy sugerente, la transmisión de algún mensaje para estimular y motivar las acciones posteriores de autopreparación.

Orientación del estudio independiente: Aquí se orienta una actividad práctica que se desarrollará sobre la temática; orientar la guía para seminarios, talleres, clases prácticas o prácticas de laboratorios.

Seminario: el seminario es el tipo de clase que tiene como objetivos instructivos fundamentales que los estudiantes consoliden, amplíen, profundicen, discutan, integren y generalicen los contenidos orientados; aborden la resolución de problemas mediante la utilización de los métodos propios de la rama del saber y de la investigación científica; desarrollan su expresión oral, el ordenamiento lógico de los contenidos y las habilidades en la utilización de las diferentes fuentes del conocimiento. (Cañedo Iglesias, s. f.)

La asignatura está compuesta por 2 seminarios correspondiente a los temas 2 y 4, con el objetivo de que el estudiante presenten los resultados obtenidos en tareas investigativas, desarrollando así la habilidad de trabajar de forma independiente y la expresión oral con la exposición de los resultados alcanzados durante el estudio, logrando una socialización del conocimiento con el debate de cada uno de los temas en el colectivo y el desarrollo de habilidades investigativas, ya que estos seminarios refieren tendencias novedosas y contenidos que no están en la bibliografía básica. Estos seminarios se pueden ver en el **Anexo #3**.

A continuación se presenta un ejemplo de forma resumida de cómo quedó conformado la preparación del seminario:

Distribución en Planta

Seminario

Tema: tema que corresponda según el Plan Calendario.

Título: según corresponda al tema que se desarrollará.

Sumario: son los epígrafes que se desarrollarán durante la actividad, para vencer los objetivos planteados.

Objetivos: seleccionar los objetivos que se desean desarrollar, los mismos deben ser de acuerdo con el nivel de asimilación que se desea lograr.

Bibliografía: es donde se orienta en que libros, sitios web, materiales, etc., se pueden encontrar los contenidos que se desarrollaran en el transcurso de la clase.

Introducción: se ofrece una breve información de la tarea a desarrollar, el objetivo al cual se orienta y la metodología a desarrollar en la actividad como pasos fundamentales.

Desarrollo: se ofrece una presentación del tema que es objeto de estudio y se procede a la ejecución de la actividad donde los estudiantes presentan resultados de tareas investigativas. Se produce el debate, la evaluación de los resultados individuales y grupales, se fijan o amplían sobre conceptos, principios y leyes identificados en la actividad de preparación de los estudiantes. Se hacen recomendaciones.

Conclusiones: lo importante es precisamente hacer las mismas con un carácter orientador para el estudiante en la formación de los fundamentos teóricos y metodológicos de un determinado objeto de estudio y/o de las herramientas que le pueden facilitar la investigación.

Prácticas de laboratorio: la práctica de laboratorio es el tipo de clase que tiene como objetivos instructivos fundamentales que los estudiantes adquieran las habilidades propias de los métodos de la investigación científica, amplíen, profundicen, consoliden, realicen y comprueben los fundamentos teóricos de la asignatura mediante la experimentación, empleando los medios de enseñanza necesarios, garantizando el trabajo individual en la ejecución de la práctica. (Cañedo Iglesias, s. f.)

En el diseño de la asignatura se desarrollan 2 laboratorios, con el objetivo de propiciar la ejercitación de los estudiantes mediante el uso de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), de manera que pueden realizar disímiles variantes de casos apoyados en el folleto de ejercicios resueltos en *Excel* y en los *software AP – POM* y *WinQSB* que forman parte de la bibliografía propuesta para la asignatura, la utilización de estas herramientas fomentan el estudio independiente en el estudiante ya que no dependen de la presencia del profesor para la realización del mismo. Estos laboratorios se pueden ver en el **Anexo #4**.

A continuación se presenta un ejemplo de forma resumida de cómo quedó conformado la preparación del laboratorio:

Distribución en Planta

Laboratorio

Tema: tema que corresponda según el Plan Calendario.

Título: según corresponda al tema que se desarrollará.

Sumario: son los epígrafes que se desarrollarán durante la actividad, para vencer los objetivos planteados.

Objetivos: propiciar la ejercitación de los estudiantes a través de la utilización de técnicas y herramientas informáticas.

Bibliografía: es donde se orienta en que libros, sitios web, materiales, etc., se pueden encontrar los contenidos que se desarrollaran en el transcurso de la clase.

Introducción: se realizan preguntas a los estudiantes sobre sus dudas con respecto a los contenidos estudiados durante la autopreparación sobre la clase actual y posteriormente se realiza una breve síntesis del contenido a tratar en la clase.

Desarrollo: la actividad del estudiante es guiada por el profesor, ocupa la mayor parte del tiempo de la clase pues es donde se precisan los conocimientos y habilidades alcanzados por los estudiantes en su estudio independiente, aprovechando el momento para consolidar los conocimientos y habilidades adquiridos en la clase práctica.

Conclusiones: el profesor informará los contenidos que han mostrado dificultades en el transcurso de la clase. Se otorgan las calificaciones, y estimulan los estudiantes mejor preparados y que han obtenido resultados satisfactorios, pero además el profesor puede indicar a los estudiantes que mostraron deficiencias en su desempeño para que en la siguiente actividad docente se preparen mejor y ofrece orientaciones para resolver las dificultades presentadas.

Taller: el taller es el tipo de clase que tiene como objetivo específico que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos en las diferentes disciplinas para la resolución de problemas propios de la profesión, a partir del vínculo entre los componentes académico, investigativo y laboral.

En el diseño de la asignatura se desarrollaron 4 talleres distribuidos en los 4 temas que abarca la misma, en estos talleres se logra que el estudiante profundice los contenidos orientados, cuyo objetivo es ejercitar y consolidar habilidades prácticas e investigativas a partir de la ejecución de una tarea de mediana complejidad que requiere la ayuda del profesor, aplicándolo de manera práctica en la empresa a la cual ha estado vinculado durante el periodo de estudio, a su vez contribuye a desarrollar habilidades del futuro egresado a determinadas tareas. Estos talleres se pueden ver en el **Anexo #5**.

A continuación se presenta un ejemplo de forma resumida de cómo quedó conformado la preparación del taller:

Distribución en Planta

Taller

Tema: tema que corresponda según el Plan Calendario.

Título: según corresponda al tema que se desarrollará.

Sumario: son los epígrafes que se desarrollarán durante la actividad, para vencer los objetivos planteados.

Objetivos: seleccionar uno o dos objetivos, los mismos deben ser de acuerdo con el nivel de asimilación que se desea lograr.

Bibliografía: es donde se orienta en que libros, sitios web, materiales, etc., se pueden encontrar los contenidos que se desarrollaran en el transcurso de la clase.

Introducción: se ofrece una breve información de la tarea a desarrollar, el objetivo del programa de la asignatura al cual se orienta y la metódica a desarrollar en la actividad como pasos fundamentales.

Desarrollo: se ofrece una presentación del tema que es objeto de estudio y se procede a la ejecución de la actividad donde los estudiantes presentan resultados de tareas investigativas, realizan determinadas tareas prácticas con apoyo de herramientas estadísticas, computacionales u otras, reflexionan sobre un tema a partir de la observación de un video, se someten a estudio determinados casos o se traen resultados de estudio de casos. Se produce el debate, la evaluación de los resultados individuales y grupales, se responden dudas y se fijan o amplían sobre conceptos, principios y leyes identificados en la actividad de preparación de los estudiantes. Se hacen recomendaciones.

Conclusiones: lo importante es precisamente hacer las mismas con un carácter orientador para el estudiante en la formación de los fundamentos teóricos y metodológicos de un determinado objeto de estudio y/o de las herramientas que le pueden facilitar la investigación o el desempeño laboral en su relación con dicho objeto u otros en su actuación profesional.

2.6.7. Sistema de medios de enseñanza

Los medios de enseñanza y aprendizaje permiten la facilitación del proceso, a través de objetos reales, están en constante renovación, permiten elevar la motivación por la clase, incrementan la concentración de la atención y la memorización, permitiéndole al profesor aprovechar el tiempo empleado en la exposición de los contenidos y ahorrar esfuerzos innecesarios a los estudiantes, sirviendo de apoyo material para la apropiación del contenido ellos son:

- Cuadros, láminas, gráficos, mapas, pizarrón, entre otros.
- Manuales, libros de texto, materiales impresos.
- Fotografías, diapositivas, películas, grabaciones, radio, televisión.

Los anteriores medios mencionados son conocidos, hoy en día la evolución de los medios de enseñanza y aprendizaje, se evidencia en el impacto del desarrollo científico y tecnológico, en la concepción de estos es evidente que estamos en presencia de otras generaciones de medios de enseñanza y aprendizaje, con el desarrollo vertiginoso de las TIC, del vídeo, el DVD, la computación y otros medios de un incalculable alcance tecnológico.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado durante la realización del diseño metodológico de la asignatura y con el fin de que sean utilizados por los estudiantes y profesores para la realización

de sus actividades, se han incluido videos, planos, folleto de ejercicios resueltos y *software*, siendo este último el medido de enseñanza más novedoso de los presentados en el presente capítulo de conjunto con la computadora que los soporta, el cual permite la comparación de diferentes variantes, la obtención de resultados precisos y el arribo a conclusiones, siendo estas de gran ayuda a la hora de la toma de decisiones, entre ellos están:

Planos: los planos son específicos de obras, industrias, entidades etc., los cuales ellos conocen, pues están vinculados a empresas que visitan y pueden aplicar y estudiar de una manera práctica el contenido teórico recibido. En los mismos se puede observar la micro y macro localización de la instalación, así como la distribución en planta de las áreas, ofreciendo toda la información necesaria de la instalación.

AB-POM: incluye módulos útiles para analizar una gran variedad de problemas asociados a la planeación del requerimiento de materiales, la localización y distribución en planta, entre otros. Este es un programa que corre sobre MS-DOS por tanto no requiere de instalación. (Ver **Figura 2.1**)



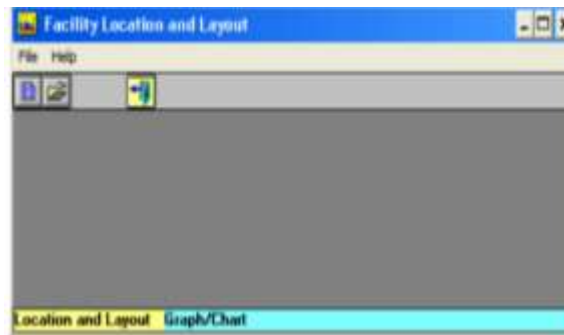


Figura 2.2. Pantalla principal del módulo FLL (*Facility Location and Layout*). **Fuente:** Software WINQSB.

Videos interactivos: se emplea como un medio de enseñanza por el profesor al desarrollar una conferencia, una clase práctica o una práctica de laboratorio, facilitando la ejecución de tareas docentes, demostraciones, técnicas, etc., el video interactivo como medio de enseñanza en la Distribución en Planta, le permite al estudiante presenciar los contenidos durante la clase, el mismo puede ser utilizado como bibliografía complementaria en la consolidación y servir como una herramienta para el estudio independiente, donde el estudiante debe ser capaz de realizar un conjunto de acciones para ayudar a construir sus conceptos, potenciarlos y expresarlos mediante la práctica. (Ver **Figura 2.3**)



Figura 2.3. Ejemplo de video interactivo para las clases de Distribución en Planta. **Fuente:** Elaboración propia.

Folleto de Ejercicios Resueltos en Microsoft Excel: el uso de hojas de cálculo en *Microsoft Excel* es una herramienta de las más utilizadas, aprovechando las bondades que brindan las mismas en el diseño de ingeniería, permitiendo realizar diversas tareas empresariales en apenas una fracción del tiempo que se tardaría si se utilizase el lápiz y el papel. Aprovechando las bondades que estas brindan se elaboró un folleto con ejercicios resueltos de todos los temas tratados en el Plan Calendario de la asignatura (Ver **Anexo #6**), de forma tal que se utilice como bibliografía complementaria a consultar por el estudiante, además se puede emplear como herramienta de entrenamiento, dado que no requiere de la presencia del profesor y fomenta el estudio independiente del estudiante ya que puede elaborar diferentes tipos de problemas y

evaluar los resultado obtenido por el mismo, en él se recogen los métodos más utilizados para la localización y distribución en planta, sirviendo de apoyo a las clases prácticas y de laboratorio, ayudando al estudiante a resolver los ejercicios en un menor tiempo. (Ver **Figura 2.4**):

Para la validación de las hojas de cálculo se compararon los resultados obtenidos por (Diéguez Matellán, et al, 2007) y (Woithe & Hernández Pérez, 1986). Estos autores analizan casos citados en la literatura internacional específicamente de instalaciones industriales del país.

El folleto de ejercicios resueltos en *Microsoft Excel* queda estructurado de la siguiente manera:

- Ejercicios resueltos por tema
- Ejercicios propuestos resueltos por temas

FOLLETO DE EJERCICIOS RESUELTOS
Localización y Distribución en Planta de Instalaciones de Producción y Servicios

Tema #1: Localización de la Planta		
Método de los Factores Ponderados 	Método de la Media Geométrica 	Método de Gráficos de Volúmenes, Ingresos y Costos 
Método del Centro de Gravedad 	Método del Transporte 	Modelo Global de la Localización 
Tema #2: Factores que Intervienen en la Distribución Espacial de una Instalación		
Método de los índices 	Método Detallado 	Índices de productividad de la fuerza de trabajo 
Cálculo de los gastos de tiempo de trabajo mediante normativas 	Cálculo de las necesidades de materiales 	Cálculo de las necesidades de área 
Tema #3: Distribución Espacial de la Planta		
Método Húngaro 		Método Triangular 

Figura 2.4. Página principal del Folleto de Ejercicios Resueltos en *Microsoft Excel*. **Fuente:** Elaboración propia.

Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”: se realiza con el objetivo de apoyar la enseñanza de la asignatura, sirviendo además de apoyo al profesor para la impartición de los contenidos de la misma de acuerdo con el grado de complejidad del tema a tratar, puede ser utilizada como bibliografía complementaria, siendo de gran ayuda para los estudiantes en el aprendizaje de la asignatura permitiéndoles vencer las dificultades presentadas en la solución de ejercicios y motivándolos a ejercitar lo aprendido, ya que en ella se encuentran integrados todos los contenidos de la asignatura organizados por temas y formas de actividades docentes, además se pueden encontrar videos sobre la localización y distribución en planta, tesis, libros, artículos, entre otros. (Ver **Anexo #7**)

La multimedia queda estructurada de la siguiente manera (Ver **Figura 2.5**):

- Distribución en planta.
- Plan Calendario P-1.
- Tema I.
- Tema II.
- Tema III.
- Tema IV.
- Videos.
- Bibliografía.



Figura 2.5. Pantalla principal de la multimedia. **Fuente:** Elaboración propia.

2.6.8. Sistema de evaluación

La evaluación es uno de los componentes esenciales en vínculo directo con las restantes categorías didácticas: objetivos, contenidos, medios de enseñanza y formas de organización y con el diagnóstico de los estudiantes. Ejemplos de estas son:

Evaluaciones frecuentes o sistemáticas: son todas aquellas formas evaluativas que se producen en las clases prácticas, laboratorios, talleres, seminarios y tareas extraclase, por lo que se corresponden más directamente con los objetivos de esta.

Trabajos de clases y extraclase: esta forma incluye aquellas actividades evaluativas que exigen una mayor complejidad que las de la evaluación frecuente, por lo que brindan más información acerca de cómo se produce el aprendizaje.

Controles parciales: abarcan el contenido de uno o varios temas, permiten comprobar el dominio del contenido esencial y de las relaciones que se establecen, así como el desarrollo alcanzado. En el diseño de la asignatura objeto de estudio para la formación del sistema de evaluación cuenta con las preguntas escritas y orales durante la impartición de la misma, estas permiten saber si los estudiantes han adquirido la preparación requerida conforme a los objetivos a cumplir, indicando sobre el logro y la efectividad de la enseñanza, cuenta con la elaboración y defensa de un caso práctico de estudio sobre la distribución en planta de un proceso seleccionado, el cual facilitará el análisis y la valoración real del dominio del conocimiento y la habilidad obtenida por

parte del alumno, el mismo contribuye a que el estudiante se plantee mayores exigencias, desarrolle un trabajo eficiente, defienda y argumente sus explicaciones.

2.6.9. Sistema bibliográfico

En el diseño de la asignatura objeto de estudio, se realizó un amplio análisis de los contenidos de cada unidad o tema de la misma con el fin de registrar la bibliografía básica y complementaria necesaria para su impartición, dicha asignatura contará con la lista de libros, artículos o documentos que se requieren para ser consultados por los estudiantes a fin de que obtengan la información necesaria, analizando la actualización, asequibilidad y claridad en el lenguaje utilizado por el autor en relación con los contenidos programáticos de las unidades o temas. En el caso de la bibliografía complementaria, se analizó el apoyo que esta puede brindar a la básica, ya sea en la profundización de un contenido o para comparar el punto de vista de diferentes autores. Teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente la bibliografía básica y complementaria quedo estructurada de la siguiente manera:

Texto básico

- Hernández Pérez, G. y colectivo de autores (2008). Localización y distribución en planta de instalaciones.

Textos complementarios:

- Chase, R. B. & Aquilano, N. J. (2001). Administración de Producción y Operaciones. Manufactura y Servicios (8ª Ed.). McGraw-Hill Interamericana, S.A., Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Muther, R. (1981). Distribución en planta (2ª Edición). Editorial Hispano-Europea. Barcelona, España.
- Ruiz Godoy, A. & Hernández Capote, D. (2014). Folleto de Ejercicios Resueltos. Cienfuegos, Cuba
- Ruiz Godoy, A. & Hernández Capote, D. (2014). Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”. GEDIS. Cienfuegos, Cuba
- Schroeder, R. (1992). Administración de Operaciones (3ª Ed.) McGraw-Hill Interamericana de México
- Woithe, G. & Hernández Pérez, G. (1986). Fundamentos de la proyección de fábricas de construcción de maquinaria. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Procedimientos de macro y microlocalización vigentes en Cuba.

- Otros documentos, normas y regulaciones vigentes en Cuba asociados con contenidos específicos de la asignatura.

2.6.10. Estrategias educativas

Las estrategias que a continuación se muestran están en correspondencia con las habilidades básicas declaradas en el plan de la carrera, específicamente para la disciplina.

Estrategia de Computación:

En la Distribución en Planta la estrategia de computación será desarrollada a partir del tema II “Localización de la planta”. Se realizarán una práctica de laboratorio sobre el segundo objetivo del tema, cuyo propósito es la resolución de ejercicios para determinar la localización de una instalación aplicando métodos de localización, también será desarrollada esta estrategia en el tema IV “Distribución espacial de la planta” en este caso el propósito es la resolución de ejercicios para determinar la distribución espacial de la planta con la ayuda de software informáticos como el *AB – POM*, *WinQSB* y *Excel*. Los ejercicios a resolver en el laboratorio serán orientados previamente en la clase práctica a modo de que los estudiantes estén preparados con anterioridad en este contenido.

Estrategia de Idioma:

En la Distribución en Planta la estrategia de idioma será desarrollada a partir de la orientación del profesor a los estudiantes en los estudios independientes y seminarios, del manejo de software que se encuentren en idioma Inglés y la búsqueda de artículos en la biblioteca o en Internet seleccionados previamente. La implementación de esta estrategia se evaluará mediante los informes y exposiciones de los seminarios y a través de la entrega de las tareas extraclase.

Estrategia Medioambiental:

En la Distribución en Planta la estrategia medioambiental será desarrollada a partir del tema I “Introducción a la distribución en planta”, mediante la orientación de un taller en el que los integrantes de los equipos deben trabajar en conjunto en la búsqueda de información sobre el control y evaluación del proceso inversionista en Cuba. La evaluación de esta estrategia se realizará con la exposición del seminario orientado, donde el estudiante debe brindar un enfoque medioambiental en la discusión frente al profesor.

Capítulo II: Diseño y preparación metodológica de la asignatura Distribución en Planta

2.7. Plan Calendario de la Asignatura

PLAN CALENDARIO DE LA ASIGNATURA

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Disciplina: Gestión de procesos y cadenas de suministros	Carrera: Ingeniería Industrial.	Plan: D	Curso: Regular Diurno.		
Profesor:	Aprobado por:		Día	Mes	Año
Categoría:	Cargo: Jefe de Departamento.				
Firma:	Firma:		Curso:		
Asignatura: Distribución en planta.	Año: Quinto (5 ^{to.})	Semestre: 1°	Fondo de Tiempo: 48 h		

Sem	Tema	AD	FD	Contenido	H	Medios	Obs
1	I	1	C-1	TEMA I. INTRODUCCIÓN A LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Introducción a la proyección de instalaciones. La empresa como sistema físico. Concepto, etapas y tipos de proyectos. El proceso inversionista en Cuba. Definición de los objetivos del proyecto. Análisis de la demanda y el programa productivo.	2	Mapas, pizarrón, libros de texto, materiales impresos, diapositivas, videos, multimedia.	Orientación del T – 1
1	I	2	T-1	El proceso inversionista en Cuba. Principales entidades que intervienen, regulaciones y normas que lo rigen. Ley de inversión.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, multimedia.	
2	II	3	C-2	TEMA II. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA Las decisiones de localización de instalaciones, importancia y objetivos. Causas y alternativas de los problemas de localización. Procedimiento para la toma de decisiones de localización. Tendencias y estrategias futuras de localización. Factores que afectan las decisiones de localización, clasificación, diferencias entre manufactura y servicio.	2	Mapas, pizarrón, libros de texto, materiales impresos, diapositivas, videos, multimedia.	Orientación de la Tarea Extraclase (Taller 2) Orientación del S – 1
2	II	4	S-1	Factores que afectan las decisiones de localización, clasificación, diferencias entre manufactura y servicios.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, videos, Excel, multimedia, planos, software	
3	II	5	V-1	Localización de instalaciones.	2		Empresa

Capítulo II: Diseño y preparación metodológica de la asignatura Distribución en Planta

3	II	6	C-3	Plan general de una instalación compleja. Procedimiento general para el diseño conceptual del plan general de una instalación. Métodos para determinar la localización de instalaciones. Clasificación. Método de los factores ponderados, de la media geométrica y global de localización. Ventajas y desventajas de su uso.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, videos, multimedia, planos.	Orientación del EI
4	II	7	CP-1	Métodos para determinar la localización de instalaciones. Clasificación. Método de los factores ponderados, de la media geométrica y global de localización.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, Excel, multimedia, planos, software	
4	II	8	C-4	Métodos para determinar la localización de instalaciones. Método del centro de gravedad, método del transporte y gráficos de volúmenes, ingresos y costos. Ventajas y desventajas de su uso.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, videos, multimedia, planos.	Orientación del EI
5	II	9	CP-2	Métodos para determinar la localización de instalaciones. Clasificación. Método del centro de gravedad, método del transporte y gráficos de volúmenes, ingresos y costos.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, Excel, multimedia, planos, software	Orientación del EI
5	II	10	L-1	Métodos para determinar la localización de instalaciones. Método de los factores ponderados, Método del centro de gravedad, Método del transporte.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, diapositivas, Excel, multimedia, planos, software	
6	II	11	T-2	Evaluación de localización de algunas instalaciones en el territorio. Discusión de la evaluación práctica realizada y caso de estudio.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, multimedia.	
6	II	12	TC-1	Evaluación Parcial	2		
7	III	13	C-5	TEMA III. DETERMINACIÓN DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA INSTALACIÓN. Factores que intervienen en una distribución en planta (material, maquinaria, hombres, movimiento – flujo, espera – almacenaje, servicio, espacio, edificio y cambio). Factores a considerar en la selección del equipamiento. Métodos para la determinación de maquinarias, equipos, puestos de una instalación.	2	Mapas, pizarrón, libros de texto, materiales impresos, diapositivas, videos, multimedia.	Orientación de tarea Extraclase y EI
7	III	14	CP-3	Métodos para la determinación de maquinarias, equipos y puestos de trabajo de una instalación.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, Excel, multimedia, planos, software.	

Capítulo II: Diseño y preparación metodológica de la asignatura Distribución en Planta

8	III	15	C-6	Métodos para la determinación de fuerza de trabajo, materiales y áreas de una instalación.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, videos, multimedia, planos.	Orientación del EI
8	III	16	CP-4	Métodos para la determinación de fuerza de trabajo, materiales y áreas de una instalación.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, Excel, multimedia, planos, software.	
9	IV	17	C-7	TEMA IV: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PLANTA Aspectos teóricos conceptuales básicos sobre la distribución espacial de plantas. Apoyo computacional a la distribución en planta. Representación de flujos y visualización de la distribución en planta; uso de modelos 2D, 3D y virtuales.	2	Mapas, pizarrón, libros de texto, materiales impresos, diapositivas, videos, multimedia.	Orientación del S-2
9	IV	18	S-2	La distribución en planta. Aspectos conceptuales y enfoques, la planeación de la distribución en planta, experiencias de la concepción y desarrollo de la distribución en planta en el entorno nacional.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, multimedia.	
10	IV	19	C-8	Métodos para la distribución espacial de la planta. Método SLP. Método Húngaro. Método triangular. Evaluación y factibilidad de la distribución espacial de la planta.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, videos, multimedia, planos.	Orientación del T-3 Orientación del EI
10	IV	20	CP-5	Métodos para la distribución espacial de la planta. Método Húngaro. Método triangular. Evaluación y factibilidad de la distribución espacial de la planta.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, Excel, multimedia, planos, software.	Orientación del EI
11	IV	21	CP-6	Calculo de los Gastos Totales de la distribución espacial de la planta.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, Excel, multimedia, planos, software.	
11	IV	22	L-2	Programas computacionales en la determinación de la distribución espacial.	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, diapositivas, Excel, multimedia, planos, software.	COMP.
12	IV	23	T-3	Métodos para distribución espacial de la planta. Gastos Totales de Transportación en la distribución espacial	2	Láminas, gráficos, mapas, pizarrón, manuales, libros de texto, materiales impresos, fotografías, diapositivas, multimedia.	
12	IV	24	TC-2	Evaluación del diagnóstico y propuesta de distribución en planta.	4		

Leyenda

Sem: Número de la semana.

AD: Actividad Docente.

FD: Forma de Docencia (C: conferencias, L: laboratorios, S: Seminarios, T: Talleres)

H: horas

Obs: Observaciones

EI: Estudio Independiente

Sistema de Evaluación:

- Se realizan evaluaciones previas al inicio de las conferencias, y en los seminarios y talleres
- Exposición en equipo de los casos en cada uno de los seminarios y talleres.
- Examen parcial.
- Tarea Extractase

2.8. Conclusiones del capítulo

1. Se propuso el diseño metodológico para la asignatura Distribución en Planta, basado en el plan de estudio D y el reglamento metodológico de la carrera Ingeniería Industrial.
2. La asignatura quedó compuesta por 8 conferencias, 6 clases prácticas, 3 talleres, 2 seminarios, 2 laboratorios y 2 controles parciales para un total de 48 horas.
3. Como aporte al diseño de la asignatura se confeccionó una multimedia y el folleto de ejercicios resueltos.

Capítulo III



Capítulo III: “Validación del diseño curricular mediante el método de Criterio de Expertos”.

En este capítulo se detallan las valoraciones obtenidas durante el presente trabajo de investigación. Se utiliza el método de criterio de experto para completar la caracterización de la asignatura Distribución en Planta y justificar la validez del diseño curricular propuesto, así como la evaluación los resultados obtenidos con el diseño realizado.

3.1. Método de Criterio de Expertos

Las técnicas de expertos (entre ellas la técnica Delphi) se basan en utilizar en la solución de problemas, los juicios de un grupo de personas (expertos) con conocimientos teóricos y prácticos sobre la temática analizada, a través de un sistema de medición que permite ponderar aquellas apreciaciones cualitativas que se hayan realizado por estos expertos.

En (Linstone & Turoff, 1975) se define la técnica Delphi como un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo. En la familia de los métodos de pronóstico, habitualmente se clasifica dentro de los métodos cualitativos.

El método de trabajo con expertos ha sido utilizado en esta investigación, a partir de las ideas fundamentadas para la determinación de los expertos, propuestas en (Campistrous & Rizo, 1998) y que han sido empleadas en múltiples trabajos de investigación ((Ortiz, 2002), (Gutiérrez, 2003), (Torres, 2004) por citar algunos) con resultados satisfactorios.

Así, el empleo de la técnica Delphi ha permitido evaluar:

- Los rasgos fundamentales que describen a la asignatura Distribución en Planta.
- La validez de los elementos a tener en cuenta para el diseño curricular de la asignatura enunciados en el Capítulo II.
- El grado de aceptación del diseño curricular planteado en el Capítulo II, a partir de un conjunto de indicadores determinados para su evaluación.

De manera resumida, los pasos que se llevaron a cabo para garantizar la calidad de los resultados se dividieron en 4 fases (Ver **Figura 3.1**):



Figura 3.1. Fases de trabajo del método Delphi. **Fuente:** Elaboración propia.

3.1.1. Formulación del problema

Esta fase constituyó una etapa fundamental en la realización de la técnica. En un método de expertos, la importancia de definir con precisión el campo de investigación es considerable debido a que es preciso estar muy seguros de que los expertos seleccionados y consultados poseen la misma noción de este campo.

Para considerar confiable la validación emitida por los especialistas se tuvo en cuenta:

- Cantidad de especialistas que integran el grupo.
- Composición del Grupo.
- Características de los propios especialistas.
- Vinculación con el tema que se investiga.

3.1.2. Elección de expertos

El método escogido para evaluar la confiabilidad de los consultados, es el que se basa en la autovaloración que hacen los propios especialistas sobre sus competencias (Campistrous & Rizo, 1998). Esta etapa fue muy importante debido a que la calidad de los expertos influyó decisivamente en la exactitud y fiabilidad de los resultados y en ello intervino la calificación técnica, los conocimientos específicos sobre el objeto a evaluar y la posibilidad de decisión, entre otros.

Para el procesamiento de los datos obtenidos en este método se utiliza el paquete de programa estadístico SPSS versión 20.0.

Para el desarrollo de este método se deben seguir los siguientes pasos:

Concepción inicial del problema: esclarecer qué objetivo se persigue en el intercambio con los expertos.

Selección de los expertos: Para la selección de los expertos se debe determinar la cantidad (se recomienda que el número de expertos varíe entre 7 y 15) y después la relación de los candidatos de acuerdo a los criterios de competencia, creatividad, disposición a participar, experiencia científica y profesional en el tema, capacidad de análisis, pensamiento lógico y espíritu de trabajo en equipo.

Se calcula el número de expertos para llevar a cabo el desarrollo de este método:

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2}$$

$$n = \frac{0.05(1-0.05)3.8416}{0.15^2}$$

$$n = 8.11004$$

$$n \approx 9 \text{ expertos}$$

Donde:

k: coeficiente que depende del nivel de significación estadística.

p: proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos (0.05)

i: precisión del experimento (0.15)

$1 - \alpha$	k
99 %	6.6564
95 %	3.8416
90 %	2.6896

La determinación del coeficiente es acorde al nivel de confianza escogido para el trabajo ($\alpha = 0.05$).

En este caso se cuenta con la cantidad de 9 expertos.

Procesamiento y análisis de la información: En este paso se define si existe concordancia entre los expertos o no, mediante una prueba de hipótesis donde:

H_0 : no hay comunidad de preferencia entre los expertos.

H_1 : existe comunidad de preferencia entre los expertos.

Las hipótesis planteadas pueden probarse si $k \geq 7$ (K: cantidad de criterios para la evaluación de los expertos) utilizando el estadígrafo Chi-cuadrado, que se calcula:

$$x_{calculada}^2 = n(k - 1)W \quad x_{tabulada}^2 = x^2(\alpha, k - 1)$$

Donde:

n: cantidad de expertos.

W: coeficiente de concordancia de Kendall.

Región Crítica: $x_{calculada}^2 \geq x_{tabulada}^2$

Chi-cuadrado tabulado se localiza en la tabla estadística correspondiente con tal distribución para k-1 grados de libertad y un nivel de significación prefijada, generalmente, $\alpha=0.05$ o $\alpha=0.01$.

Para esta prueba se debe calcular el coeficiente de Kendall (W), que no es más que un coeficiente de regresión lineal que da el grado de correlación entre los expertos o la llamada concordancia. Este es un índice, entre 0 y 1, que indica que no existe concordancia entre los expertos, que no

están de acuerdo con las ideas reflejadas en el trabajo, o que los expertos concuerdan totalmente con los criterios planteados y el orden de los mismos, respectivamente. Este se calcula de la siguiente forma (Nogueira Rivera; Medina León & Nogueira Rivera, 2004):

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^k \Delta^2}{(n^2(k^3 - k))}$$

Donde:

k: número de características

n: número de expertos

W: Coeficiente de concordancia

Si $W < 0.5$ No hay concordancia en el criterio de los expertos.

Si $W \geq 0.5$ Hay concordancia en el criterio de los expertos.

Para los dos cuestionarios en análisis se presentan más de siete características ($k \geq 7$) y un coeficiente de Kendall mayor que 0.7 para ambos, se realiza la prueba de Chi-cuadrado la cual establece que si se cumple la región crítica se rechaza H_0 , existiendo comunidad de preferencia entre los expertos, lo cual se cumple en la presente investigación. Para el caso asociado a las variables relacionadas con la evaluación del diseño curricular $\chi^2_{calculada} = 40.5$ y $\chi^2_{tabulada} = 12.59$, mientras que para las variables asociadas al nivel de satisfacción de los expertos $\chi^2_{calculada} = 47.25$ y $\chi^2_{calculada} = 12.59$. Los resultados muestran que la región crítica se cumple con lo cual se llega a la conclusión que los resultados obtenidos en este procesamiento son confiables y existe comunidad de preferencia entre los expertos.

3.1.3. Elaboración y aplicación de los cuestionarios.

Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir (Hernández Sampieri, 2000). El cuestionario es el instrumento a través del cual se recoge la información sobre las variables en estudio. Los cuestionarios se elaboraron de manera que facilitaran, en la medida en que una investigación de estas características lo permita, la respuesta por parte de los consultados, preferentemente cuantificable y ponderable.

Durante la elaboración de los cuestionarios se tuvieron en cuenta varios aspectos necesarios para evitar la elaboración de cuestionarios defectuosos ya que estos ofrecen una visión sesgada de la realidad que se está analizando. Dentro de estos aspectos encontramos los siguientes:

Validez de contenido

Para ello es necesario un amplio estudio cualitativo de la literatura relevante y recoger las impresiones de expertos en el tema investigado, académicos y profesionales, que aporten sus criterios de acuerdo a la experiencia que poseen respecto al tema en cuestión (Díaz, 2006).

Validez de constructo

Se refiere al grado en que una medición se relaciona consistentemente con otras mediciones de acuerdo con hipótesis derivadas teóricamente y que conciernen a los conceptos o constructos que están siendo medidos (Hernández Sampieri, 2000).

La validez de constructo se suele determinar mediante un procedimiento denominado “Análisis de Factores”, que posibilita agrupar las variables, de acuerdo a sus relaciones, en un conjunto de factores representativos (Hernández Sampieri, 2000).

- **Coefficiente de Kaiser – Meyer – Olkin (KMO)**

Un elemento a tener en cuenta es la Medida de adecuación de la muestra Índice KMO de Kaiser- Meyer - Olkin, el cual explica el grado de adecuación muestral a partir de una comparación de los coeficientes de correlación observados con los coeficientes de correlación parciales, indicando la fuerza de esas relaciones entre variables. Este índice puede estar entre 0 y 1 considerándose como aceptable, a efectos del factorial, un $KMO > 0,5$ (Curbelo Martínez, 2010).

- **Prueba de Esfericidad de Bartlett**

Para determinar la conveniencia del análisis factorial se examina la matriz de correlación entera. El contraste de Esfericidad de Bartlett, es una prueba estadística para la presencia de correlaciones entre variables. Proporciona la probabilidad de que la matriz de correlación de las variables es una matriz identidad, contrastándose dos hipótesis:

H₀: Las variables no están correlacionadas en la población, la matriz de correlaciones es una matriz identidad.

H₁: Existe correlación entre las variables.

Para que el análisis factorial sea apropiado debe rechazarse la hipótesis nula (Hair et al., 1999).

Análisis de fiabilidad

La confiabilidad es la probabilidad de que un componente o sistema desempeñe satisfactoriamente la función para la que fue creado, durante un período establecido y bajo condiciones específicas de operación (Gutiérrez y de la Vara, 2004).

Para el análisis de confiabilidad pueden utilizarse diferentes procedimientos, estos son explicados por Hernández et al. (1998):

- Medida de estabilidad (confiabilidad por test – retest): el instrumento de medición es aplicado dos o más veces a un mismo grupo de personas luego de un período de tiempo. Las correlaciones entre los resultados de las diferentes aplicaciones permitirán evaluar la confiabilidad.
- Método de formas alternativas o paralelas: en este procedimiento no se administra el mismo instrumento de medición sino dos o más versiones equivalentes a este. Los resultados de las aplicaciones deben estar correlacionados, los patrones de respuesta deben variar poco.
- Método de mitades partidas (split – halves): este procedimiento supone una sola aplicación lo que considera es la división del conjunto total de ítems en dos mitades, y se comparan las puntuaciones de ambas, si el instrumento es confiable las puntuaciones de ambas deben estar correlacionadas.
- Coeficiente Alfa de Cronbach: este coeficiente requiere una sola administración del instrumento y su valor está entre 0 y 1.

De los procedimientos antes resumidos uno de los que más se emplea es el Alfa de Cronbach, recomendándose generalmente para que una escala sea confiable que tome valores mayores que 0,7.

Cada especialista respondió de forma independiente, sin la colaboración de otros, para evitar la influencia de uno sobre otro y asegurar así que las opiniones y criterios fueran fruto de sus reflexiones personales.

Dentro de los aspectos fundamentales objeto de valoración por los especialistas se destacan los siguientes:

- La necesidad del diseño propuesto.
- Aplicabilidad del diseño propuesto.
- La correspondencia de los procedimientos con las necesidades de los estudiantes.
- La elevación del nivel de formación de estudiantes y profesores, con la aplicación del diseño propuesto.

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS v.20.0.

Fiabilidad y validez del cuestionario relacionado con la evaluación del diseño curricular propuesto para la asignatura Distribución en Planta.

- **Fiabilidad del cuestionario**

El análisis de la fiabilidad de este cuestionario se efectúa empleando el coeficiente Alpha de Cronbach. Considerando los resultados obtenidos, todos los coeficientes calculados en el estudio son mayores que 0,7 por lo que el instrumento se considera fiable (Ver **Tabla 3.1**).

Tabla 3.1. Estadístico de fiabilidad. *Fuente:* (SPSS para Windows, 2011)

Cronbach's Alpha	N of Items
,750	7

- **Validez de constructo**

Se procede a comprobar el cumplimiento de los supuestos que indican que es posible aplicar el análisis factorial y que están fundamentalmente relacionados con el coeficiente de Kaiser – Meyer – Olkin (KMO) y la Prueba de Esfericidad de Bartlett (Ver **Tabla 3.2**)

Tabla 3.2. KMO y Prueba de Bartlett. *Fuente:* (SPSS para Windows, 2011)

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,663
Approx. Chi-Square		2632,518
Bartlett's Test of Sphericity	df	3
	Sig.	,000

Como se declara en la tabla anterior, en todos los casos es posible aplicar el análisis factorial, ya que el KMO posee un valor superior a 0,5 y en la Prueba de Esfericidad de Bartlett se rechaza la hipótesis nula en todos los casos, por lo que la matriz de correlaciones no es una matriz identidad.

Análisis de los supuestos del análisis factorial:

El análisis factorial es adecuado para todos los casos, puede ser empleado para detectar las dimensiones y los ítems incluidos en cada una de estas:

- La prueba de esfericidad de Bartlett con una significación asintótica de 0,000 implica que sea rechazada la hipótesis nula que plantea que las variables no están correlacionadas en la población, o sea, la matriz de correlación de los ítems definidos para el test no es una matriz identidad, cada ítem se correlaciona con él mismo y se relaciona con otros ítems.
- Como la medida de adecuación de la muestra KMO es mayor que 0,5, se establece que

las correlaciones entre los pares de *ítems* pueden ser explicados por medio de otras variables.

- **Validez de contenido**

Para ello es necesario un amplio estudio cualitativo de la literatura relevante y recoger las impresiones de académicos y profesionales (Díaz Armas, 2006). Los *ítems* del instrumento para la evaluación del diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta, se encuentran en concordancia con los aspectos que se deben medir, ejemplo: necesidad del diseño curricular de la asignatura, mejoras en la impartición de las clases, mayor calidad en la formación de los estudiantes, entre otras.

Fiabilidad y validez del cuestionario relacionado con el nivel de satisfacción de los expertos con el diseño curricular propuesto para la asignatura Distribución en Planta.

- **Fiabilidad del cuestionario**

El análisis de la fiabilidad de este cuestionario se efectúa empleando el coeficiente Alpha de Cronbach. Considerando los resultados obtenidos, todos los coeficientes calculados en el estudio son mayores que 0,9 por lo que el instrumento se considera fiable (Ver **Tabla 3.3**).

Tabla 3.3. Estadístico de fiabilidad. *Fuente:* (SPSS para Windows, 2011)

Cronbach's Alpha	N of Items
,947	7

- **Validez de constructo**

Se procede a comprobar el cumplimiento de los supuestos que indican que es posible aplicar el análisis factorial y que están fundamentalmente relacionados con el coeficiente de Kaiser – Meyer – Olkin (KMO) y la Prueba de Esfericidad de Bartlett (ver tabla).

Tabla 3.4. KMO y Prueba de Bartlett. *Fuente:* (SPSS para Windows, 2011)

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,654
Approx. Chi-Square		1360,517
Bartlett's Test of Sphericity	df	3
	Sig.	,000

Como se declara en la tabla anterior, en todos los casos es posible aplicar el análisis factorial, ya que el KMO posee un valor superior a 0,5 y en la Prueba de Esfericidad de Bartlett se

rechaza la hipótesis nula en todos los casos, por lo que la matriz de correlaciones no es una matriz identidad.

Análisis de los supuestos del análisis factorial:

El análisis factorial es adecuado para todos los casos, puede ser empleado para detectar las dimensiones y los ítems incluidos en cada una de estas:

- La prueba de esfericidad de Bartlett con una significación asintótica de 0,000 implica que sea rechazada la hipótesis nula que plantea que las variables no están correlacionadas en la población, o sea, la matriz de correlación de los ítems definidos para el test no es una matriz identidad, cada ítem se correlaciona con él mismo y se relaciona con otros ítems.
- Como la medida de adecuación de la muestra KMO es mayor que 0,5, se establece que las correlaciones entre los pares de ítems pueden ser explicados por medio de otras variables.
- **Validez de contenido**
Los *ítems* del instrumento para la satisfacción de los expertos con el diseño curricular propuesto, se encuentran en concordancia con los aspectos que se deben medir, ejemplo: necesidad de la propuesta, relación con el plan de estudio vigente, utilidad de la propuesta, entre otras.

3.1.4. Procesamiento y análisis de los resultados

A los expertos seleccionados se les envió una carta, invitándolos a participar en la investigación. A esta carta se adjuntó un cuestionario para medir su nivel de competencia y registrar algunos datos personales de interés para la investigación. (Ver **Anexo #8**)

En esta encuesta el especialista expresa su conocimiento sobre el tema y las fuentes de dicho conocimiento, así como algunos datos personales. A partir de aquí se trabajó en el nivel de competencia en la temática abordada, con el envío del cuestionario inicial, obteniéndose respuestas de 15 expertos para colaborar con la investigación. Se consideraron finalmente un total de 9 expertos a partir de la determinación del grado de competencia, lo que aparece reflejado en la **Tabla 3.5**. Los especialistas seleccionados fueron aquellos cuyo coeficiente de competencia es superior a 0.8 ($k > 0.8$)

Tabla 3.5. Cálculo del coeficiente de competencia de los expertos. **Fuente:** Elaboración propia.

Especialistas	Kc	Ka	$K = 0.5(Kc + Ka)$	Grado de competencia	Experto
1	1.0	0.95	0.97	Alto	X

2	0.8	0.89	0.84	Alto	X
3	0.6	0.5	0.55	Bajo	
4	0.8	0.9	0.85	Alto	X
5	1.0	1.0	1.0	Alto	X
6	1.0	1.0	1.0	Alto	X
7	1.0	1.0	1.0	Alto	X
8	0.5	0.5	0.55	Bajo	
9	1.0	0.9	0.95	Alto	X
10	0.5	0.5	0.5	Bajo	
11	1.0	1.0	1.0	Alto	X
12	0.9	0.89	0.89	Alto	X
13	0.6	0.5	0.55	Bajo	
14	0.5	0.5	0.5	Bajo	
15	0.6	0.5	0.55	Bajo	

Donde:

K_c : coeficiente de conocimiento o información que tiene el especialista en relación con el tema objeto de estudio

K_a : coeficiente de argumentación o fundamentación de los criterios del especialista

K : índice de competencia

Fórmula para determinar el índice de competencia K

$$K = \frac{1}{2}(K_c + K_a)$$

Donde:

La competencia del especialista es ALTA si $K > 0.8$

La competencia del especialista es MEDIA si $0.5 < K \leq 0.8$

La competencia del especialista es BAJA si $K \leq 0.5$

Después de determinar la cantidad de expertos que podían participar en la investigación, se confeccionó el listado definitivo. Entre las características fundamentales del grupo de expertos seleccionados se destacan:

- Cantidad de expertos que conforman el grupo (Ver **Figura 3.2**)

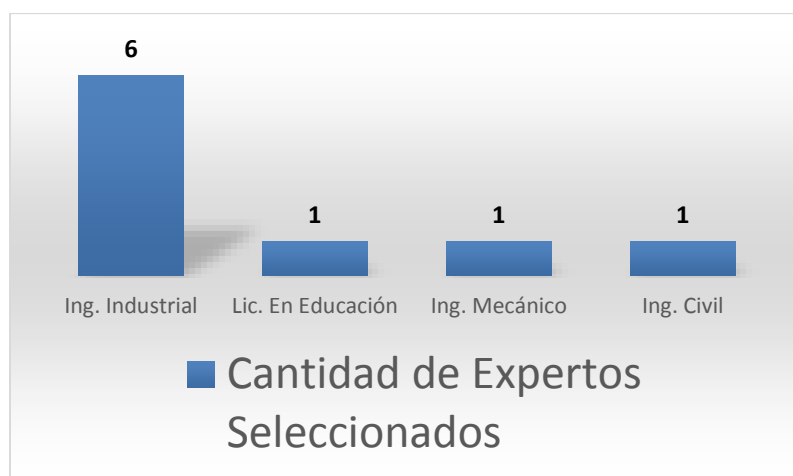


Figura 3.2. Cantidad de expertos. *Fuente:* Elaboración propia.

- Grado científico de los expertos (Ver **Figura 3.3**)



Figura 3.3. Grado científico de los expertos seleccionados. *Fuente:* Elaboración propia.

- Promedio de años de experiencia en la labor docente (Ver **Figura 3.4**)

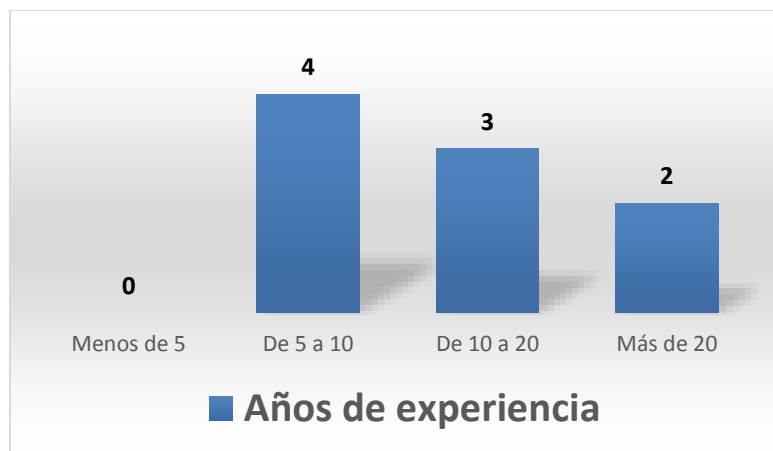


Figura 3.4. Años de experiencia de los expertos. *Fuente:* Elaboración propia.

- Categoría docente que ostentan (Ver **Figura 3.5**)

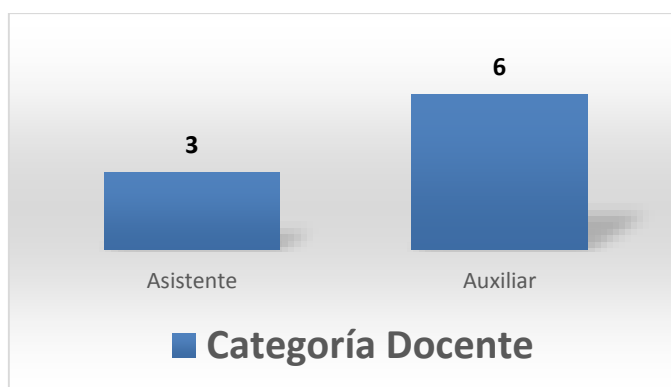


Figura 3.5. Categoría Docente de los expertos. **Fuente:** Elaboración propia.

La disposición a participar fue aceptada por los especialistas desde el momento que se les propuso. En cuanto al espíritu colectivista y auto – crítico, se constató con la propia actitud para participar y en segundo lugar en la auto-evaluación que hacen de sus conocimientos sobre el tema y sobre las fuentes de argumentación.

Para poder concluir acerca de la aceptación del planteamiento del diseño curricular propuesto se dividió el trabajo en dos direcciones. La primera dirección estuvo encaminada a determinar un conjunto de indicadores que permitieran predecir si el diseño propuesto se consideraba apropiado y la segunda, el grado de aceptación del diseño a partir del criterio de los expertos.

3.1.4.1. Resultados del Cuestionario #2

Para los resultados obtenidos del procesamiento estadístico del segundo cuestionario a los expertos, se tuvieron en cuenta las respuestas a cada una de las preguntas que aparecen en el mismo, así como la coincidencia o no de las mismas, resaltando aquellos criterios que puedan enriquecer las acciones de mejora del diseño curricular propuesto para la asignatura Distribución en Planta.

Con el objetivo de evaluar la propuesta del diseño curricular de dicha asignatura en la carrera de Ingeniería Industrial, se envió un cuestionario (Ver **Anexo #9**) a los 9 expertos junto con un resumen de la investigación, en el que se fundamenta y se expone la propuesta para dar solución al problema científico. A continuación se realizará un análisis a cada una de las preguntas contestadas por los expertos:

Teniendo en cuenta que no existe un diseño curricular para la asignatura objeto de estudio que cumpla con los requisitos necesarios para su impartición se le realiza la siguiente pregunta al grupo de expertos seleccionados:

*¿Considera Ud. necesario la realización del “**diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta**” para el modelo pedagógico de la modalidad presencial?*

Luego de realizarse el análisis a las respuestas emitidas por el grupo de expertos acerca de la necesidad existente en la carrera de Ingeniería Industrial del diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta se obtiene como resultado que el 78 % de los expertos estuvieron de acuerdo en que es necesario la realización del mismo. (Ver **Figura 3.6**)



Figura 3.6. Análisis estadístico de la Pregunta 1. **Fuente:** Elaboración propia.

Actualmente para la impartición de la asignatura Distribución en Planta solo se cuenta con los documentos metodológicos diseñados para la tarea Álvaro Reynoso, este diseño no se encuentra acorde con las necesidades actuales de aprendizaje de la asignatura tanto para los estudiantes como para los profesores que imparten la misma en la carrera de Ingeniería Industrial, por tanto se le plantea al grupo de expertos la siguiente pregunta:

*¿Considera que el “**diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta**” responde a las necesidades reales de los estudiantes y profesores?*

Luego de realizarse el análisis a las respuestas emitidas por el grupo de expertos se obtiene como resultado que el 100 % de ellos consideran que el diseño propuesto para la asignatura responde a las necesidades de estudiantes y profesores. (Ver **Figura 3.7**)

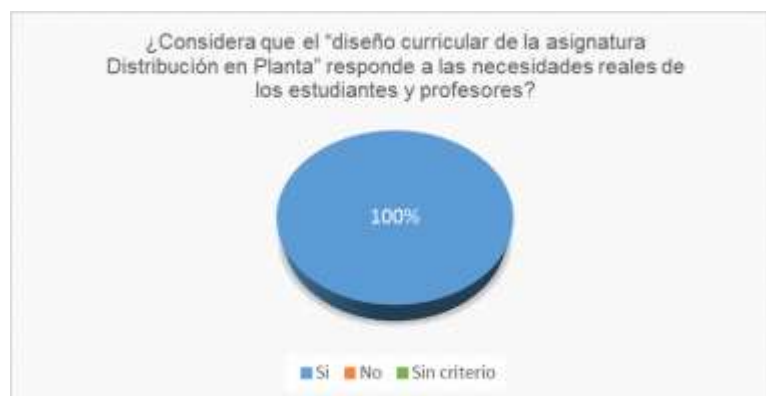


Figura 3.7. Análisis estadístico de la Pregunta 2. **Fuente:** Elaboración propia.

Dada la inexistencia de documentación que pueda ser utilizada como guía a los profesores que imparten la asignatura de Distribución en Planta se les realiza al grupo de expertos la siguiente pregunta:

*¿Considera Ud. que el “**diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta**” propuesto facilitará el trabajo de los profesores que imparten dicha asignatura?*

Se obtiene como resultados que el 100 % de los expertos concuerdan en que es necesario la elaboración de documentos que puedan ser utilizados como guía para el desarrollo de la asignatura y que ayuden a facilitar el trabajo de los profesores que imparten la misma. (Ver **Figura 3.8**)

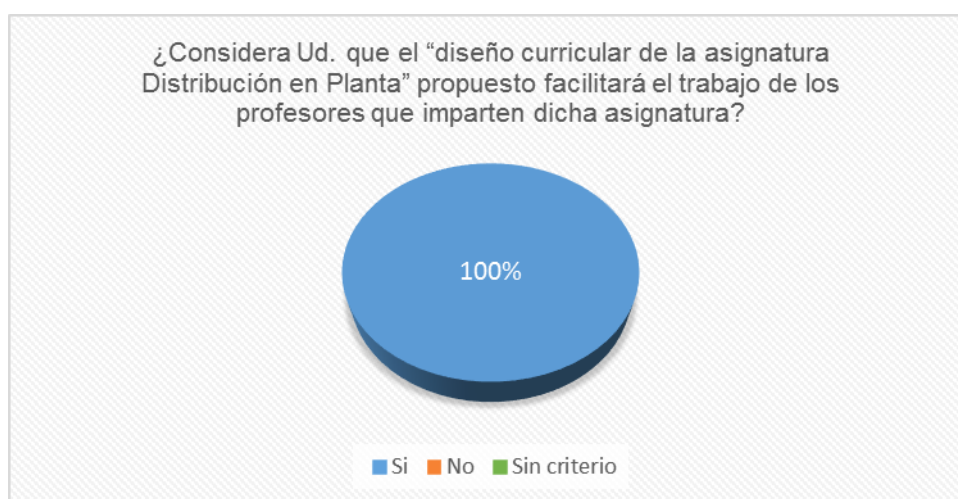


Figura 3.8. Análisis estadístico de la Pregunta 3. **Fuente:** Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que solo se cuenta con el folleto básico de la asignatura y a la inexistencia de otros materiales que les permitan a los estudiantes consultar y comparar los resultados obtenidos con otras bibliografías se les realiza la siguiente pregunta a los expertos:

*¿Según su opinión el “**diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta**” provocará un salto de calidad en la formación de los estudiantes?*

El análisis realizado en esta ocasión arrojó que el 78 % de los expertos estuvieron de acuerdo en que el uso adecuado de los métodos, medios de enseñanza, evaluaciones y la bibliografía básica y complementaria a consultar en el diseño curricular propuesto, provocarán un salto de calidad en la formación de los estudiantes. (Ver **Figura 3.9**)

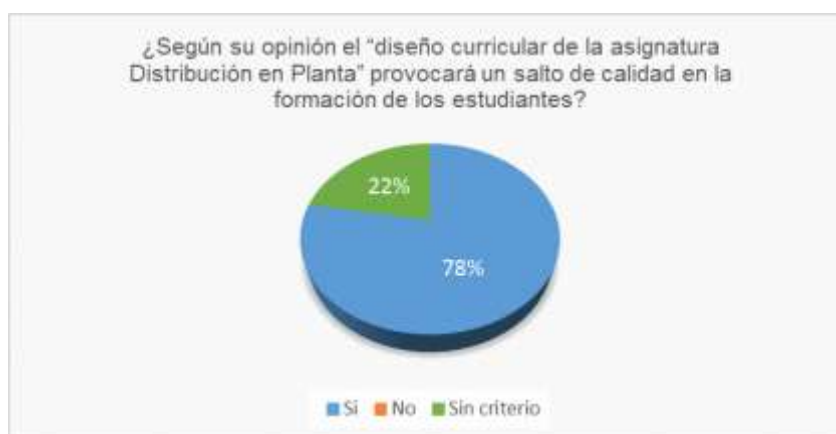


Figura 3.9. Análisis estadístico de la Pregunta 4. **Fuente:** Elaboración propia.

Producto de la inexistencia de otras bibliografías para realizar consultas respecto a los contenidos que se abordan en la asignatura, ya que solo se cuenta con el folleto básico de la asignatura para la tarea Álvaro Reynoso, se desarrolla la siguiente pregunta:

¿Considera Ud. que el "diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta" contribuirá a elevar el nivel de conocimientos de estudiantes y profesores?

El 100 % de los expertos consideran que a través de la utilización del folleto de ejercicios resueltos en *Excel*, la multimedia de la asignatura, los videos, los planos, así como las tesis, artículos, libros y diapositivas que se recopilaron, el diseño curricular propuesto para la asignatura contribuirá a elevar el nivel de conocimientos de estudiantes y profesores. (Ver **Figura 3.10**)



Figura 3.10. Análisis estadístico de la Pregunta 5. **Fuente:** Elaboración propia.

Con el objetivo de constatar si el diseño propuesto para la asignatura desarrolla las habilidades básicas reflejadas en el plan de estudio actual se realiza la siguiente pregunta:

¿Considera Ud. que el "diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta" contribuirá a adquirir las habilidades básicas a dominar por los estudiantes?

Luego de realizar un análisis el 100 % de los expertos consideran que el diseño curricular propuesto para la asignatura ayudará a los estudiantes a adquirir las habilidades básicas de la asignatura a lo largo de la impartición de la misma. (Ver **Figura 3.11**)

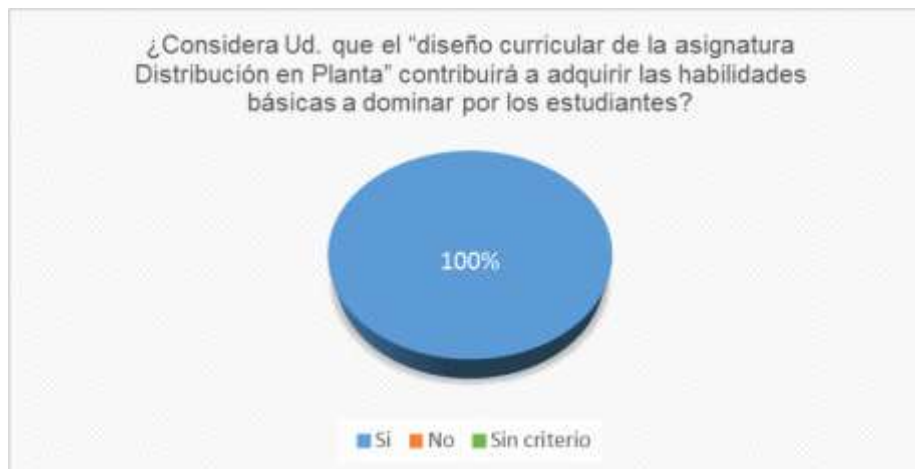


Figura 3.11. Análisis estadístico de la Pregunta 6. **Fuente:** Elaboración propia.

Debido a las transformaciones que acontecen en nuestro país, la búsqueda de currículos más integradores y el perfeccionamiento del proceso enseñanza - aprendizaje universitario se plantea la siguiente pregunta:

*A su criterio, ¿el “**diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta**” puede ser aplicado en las condiciones actuales?*

El 100% de los expertos consideran que el diseño curricular propuesto para la asignatura Distribución en Planta puede ser aplicado en las condiciones actuales. (Ver **Figura 3.12**)



Figura 3.12. Análisis estadístico de la Pregunta 7. **Fuente:** Elaboración propia.

En resumen los criterios emitidos por el grupo de expertos fueron:

- Consideran que es necesario la realización del diseño curricular de la asignatura Distribución

en Planta.

- Dicha propuesta responde a las necesidades reales de los estudiantes y profesores.
- Todos los resultados propuestos para la signatura pueden ser aplicados en las condiciones actuales.
- Los métodos y medios de enseñanza, así como las evaluaciones y la bibliografía propuestas provocarán un salto de calidad en la formación de los estudiantes.
- Consideran que el diseño propuesto contribuirá a elevar el nivel de conocimientos de estudiantes y profesores.
- Se facilitará el trabajo de los profesores que imparten la asignatura.
- Consideran que el diseño curricular propuesto para la asignatura ayudará a los estudiantes a adquirir las habilidades básicas que deben dominar a lo largo de la impartición de la misma.

3.1.4.2. Resultados del Cuestionario #3

Finalmente se presenta un cuestionario de valoración de los resultados de la investigación realizado después de presentar la propuesta de diseño (Ver **Anexo #10**). Este cuestionario tiene como propósito conocer el nivel de satisfacción que poseen los profesores con respecto al diseño curricular realizado. A continuación analizaremos cada uno de los aspectos que se midieron en el mismo:

La no existencia de un diseño curricular para la asignatura objeto de estudio que cumpla con los requisitos necesarios para su impartición se le realiza la siguiente pregunta al grupo de expertos seleccionados para conocer su nivel de satisfacción con la misma:

Necesidad de la propuesta de realizar el Diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta.



Figura 3.13. Análisis estadístico de la Pregunta 1. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura anterior podemos observar que existe una clara satisfacción por parte de 5 expertos respecto a la necesidad de la propuesta de diseño, mientras que 4 de los expertos no tienen un criterio definido, aun así este aspecto presenta un grado de satisfacción mayor que 0.5 encontrándose dentro del rango de satisfacción.

El diseño curricular propuesto se realiza a partir del análisis de los objetivos educativos e instructivos, del sistema de conocimientos y las indicaciones metodológicas y organizativas del plan de estudio vigente para la asignatura Distribución en Planta, con el objetivo de comprobar la veracidad de lo antes planteado se le propone al grupo de expertos la siguiente pregunta:

El diseño curricular propuesto tiene una relación estrecha con lo planteado en el plan de estudio vigente



Figura 3.14. Análisis estadístico de la Pregunta 2. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura anterior podemos observar que existe una clara satisfacción por parte de 5 expertos respecto a la relación que presenta el diseño propuesto con lo planteado en el plan de estudio vigente, mientras que 3 de los expertos no tienen un criterio definido y 1 muestra una clara insatisfacción, aun así este aspecto presenta un grado de satisfacción mayor que 0.5 encontrándose dentro del rango de satisfacción.

Para el diseño curricular propuesto se tuvo en cuenta el sistema de conocimientos y las habilidades básicas que debe obtener el estudiante durante la impartición de la misma, con el objetivo de constatar si existe o no correspondencia entre el sistema de conocimientos y el contenido propuesto se formula la siguiente pregunta:

Correspondencia entre el sistema de conocimientos y el contenido propuesto para la asignatura



Figura 3.15. Análisis estadístico de la Pregunta 3. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura anterior podemos observar que existe una clara satisfacción por parte de 4 expertos respecto a la correspondencia entre el Sistema de conocimientos y el contenido propuesto para la asignatura, mientras que 3 de los expertos están satisfecho y 1 muestra una clara insatisfacción, aun así este aspecto presenta un grado de satisfacción de 0.5 encontrándose dentro del rango de satisfacción.

Para el diseño de la asignatura se tuvieron en cuenta los métodos, medios y formas de enseñanza para cada uno de los temas, así como las evaluaciones correspondiente a cada uno de ellos y la bibliografía a consultar, para el desarrollo de cada uno de los temas que abarca la asignatura, con el objetivo de constatar si la propuesta realizada es de utilidad para el aprendizaje de la asignatura se formuló la siguiente pregunta:

Utilidad del diseño curricular propuesto para el aprendizaje de la asignatura por los estudiantes



Figura 3.16. Análisis estadístico de la Pregunta 4. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura anterior podemos observar que existe una clara satisfacción por parte de 6 expertos respecto a la utilidad del diseño curricular propuesto para el aprendizaje de la asignatura, mientras que 3 de los expertos no tienen un criterio definido al respecto, aun así este aspecto presenta un grado de satisfacción mayor que 0.6 encontrándose dentro del rango de satisfacción.

El uso de medios de enseñanza como el folleto de ejercicios resueltos en Excel, la multimedia de la asignatura, videos y planos, contribuyen a fomentar el desarrollo de las habilidades en el estudiante, para constatar lo antes planteado se formula la siguiente pregunta:

Los medios propuestos constituyen un instrumento eficaz para el desarrollo profesional



Figura 3.17. Análisis estadístico de la Pregunta 5. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura anterior podemos observar que existe una clara satisfacción por parte de 5 expertos respecto a los medios de enseñanza propuestos como instrumentos eficaces para el desarrollo profesional, mientras que 3 de los expertos están satisfecho y 1 muestra una clara insatisfacción, aun así este aspecto presenta un grado de satisfacción mayor que 0.6 encontrándose dentro del rango de satisfacción.

Actualmente para la impartición de la asignatura Distribución en Planta solo se cuenta con los documentos metodológicos diseñados para la tarea Álvaro Reynoso, por tanto para la realización del diseño curricular propuesto se tuvieron en cuenta las necesidades actuales de aprendizaje para la misma, por tanto se le plantea al grupo de expertos la siguiente pregunta:

El diseño curricular propuesto está realmente orientado a la satisfacción de las necesidades académicas



Figura 3.18. Análisis estadístico de la Pregunta 6. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura anterior podemos observar que existe una clara satisfacción por parte de 3 expertos respecto a la orientación de las necesidades académicas del diseño curricular propuesto, mientras que 3 de los expertos están satisfecho y 1 muestra una clara insatisfacción, aun así este aspecto presenta un grado de satisfacción de 0.5 encontrándose dentro del rango de satisfacción. Con la utilización del folleto de ejercicios resueltos en *Excel*, la multimedia de la asignatura, los videos, los planos, así como las tesis, artículos, libros y diapositivas que se recopilaron, la confección de las conferencias, clases prácticas, seminarios, talleres y laboratorios, el diseño curricular propuesto para la asignatura favorecerá la formación de estudiantes y profesores, con el objetivo de constatar lo antes expuesto se formula la siguiente pregunta:

Considera que el diseño propuesto favorece a una adecuada formación tanto del estudiante como del profesor



Figura 3.19. Análisis estadístico de la Pregunta 7. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura anterior podemos observar que existe una clara satisfacción por parte de 6 expertos

Capítulo III: Validación del diseño curricular mediante el método de Criterio de Expertos

respecto a la adecuada formación tanto del estudiante como del profesor que favorecería la aplicación del diseño curricular propuesto, mientras que 3 de los expertos están satisfecho y 1 muestra una clara insatisfacción, aun así este aspecto presenta un grado de satisfacción mayor que 0.6 encontrándose dentro del rango de satisfacción.

Los resultados cuantitativos del grado de satisfacción de los profesores, aplicados después de presentar la propuesta de diseño, fueron los siguientes:

Los valores asignados a esta escala de satisfacción son los siguientes:

- a. Máxima satisfacción (1).
- b. Satisfecho (0.5).
- c. No definido (0).
- d. Insatisfecho (- 0.5).
- e. Máxima Insatisfacción (- 1).

La fórmula utilizada para obtener los resultados fue:

$$I = a (1) + b (0.5) + c (0) + d (- 0.5) + e (-1) / N$$

Donde a, b, c, d, e son las cantidades de profesores clasificados en cada una de las escalas de satisfacción y N es la cantidad de profesores tomados como muestra. La escala de valores del índice grupal que se toma al aplicar la técnica es:

Para valores comprendidos entre.

-1 y -0.5 Insatisfacción.

-0.49 y 0.49 Contradicción.

0.5 y 1 Satisfacción.

Los resultados fueron los siguientes:

Total de expertos (N = 9)

Tabla 3.6. Cálculo del grado de satisfacción de los expertos. **Fuente:** Elaboración propia.

Aspectos	Grado de Satisfacción
Necesidad de la propuesta de realizar el Diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta	0.555
El diseño curricular propuesto tiene una relación estrecha con lo planteado en el plan de estudio vigente	0.555
Correspondencia entre el sistema de conocimientos y el contenido propuesto para la asignatura	0.500
Utilidad del diseño curricular propuesto para el aprendizaje de la asignatura por los estudiantes	0.555
Los medios propuestos constituyen un instrumento eficaz para el desarrollo profesional	0.611
El diseño curricular propuesto está realmente orientado a la satisfacción de las necesidades académicas	0.500

Considera que el diseño propuesto favorece a una adecuada formación tanto del estudiante como del profesor	0.666
--	-------

Como resumen de la tabla anterior, se obtienen:

7 – Aspectos en el rango de Satisfacción.

Las respuestas obtenidas de los expertos que resolvieron el cuestionario permiten afirmar que el diseño ha sido aceptado. Finalmente, la propuesta se considera factible, con las siguientes consideraciones:

Factibilidad educativa: porque busca formar un mejor graduado, identificado socialmente con los problemas que lo rodean y en los que puede incidir y solucionarlos desde la perspectiva de su profesión.

Factibilidad de recursos materiales: porque existen los medios técnicos que puede necesitar el estudiante como herramienta de trabajo y un interés creciente en la Facultad y el Departamento por mejorarlos.

Factibilidad de recursos humanos: porque existe una plantilla de profesores que bien organizada (ampliada) y capacitada puede lograr los objetivos propuestos. De este recurso humano es del que se exige el mayor esfuerzo.

Factibilidad de vinculación con sectores empresariales: porque la solución de los problemas que se resuelvan en la asignatura de Distribución en Planta beneficiará a los lugares de donde se originaron y aumentará la motivación de los estudiantes hacia su profesión.

3.2. Conclusiones del capítulo

1. El diseño del programa y el plan calendario de la asignatura Distribución en Planta se encuentran en estrecha correlación con los objetivos, contenidos, habilidades y valores de la carrera.
2. Los análisis realizados son de reconocida utilidad para efectuar cualquier tipo de investigación científica, sin que sean las únicas posibles a emplear, estos quedan detallados como una vía para garantizar la aplicabilidad del diseño propuesto.
3. El coeficiente de Kendall para los cuestionarios aplicados fue mayor que 0.7 por lo que existe concordancia en el criterio de los expertos, permitiendo la aceptación del diseño propuesto para la asignatura Distribución en Planta.
4. El resultado del coeficiente Alfa de Cronbach para el análisis de fiabilidad fue mayor que 0.8, por lo que los cuestionarios se consideran fiables.

Conclusiones



Conclusiones

1. La asignatura quedó compuesta por 8 conferencias, 6 clases prácticas, 3 talleres, 2 seminarios, 2 laboratorios y 2 controles parciales para un total de 48 horas.
2. Como aporte al diseño de la asignatura se confeccionó una multimedia y el folleto de ejercicios resueltos.
3. Los nueve expertos coinciden con un nivel de confianza de 95% que el diseño de la preparación metodológica de la asignatura Distribución en Planta, cumple con lo establecido en el modelo pedagógico presencial del Plan de estudios D de la carrera Ingeniería Industrial.
4. El coeficiente de Kendall para las respuestas de los expertos fue mayor que 0.7 por lo que existe concordancia en su criterio, permitiendo la aceptación del diseño propuesto para la asignatura Distribución en Planta.
5. El resultado del coeficiente Alfa de Cronbach para el análisis de fiabilidad fue mayor que 0.8, por lo que los cuestionarios se consideran fiables.

Recomendaciones



Recomendaciones

1. Realizar el diseño metodológico de la asignatura Distribución en Planta para el curso por encuentro.
2. Montar el diseño metodológico de la asignatura Distribución en Planta a la plataforma interactiva *Moodle*.

Bibliografia



Bibliografía

- Alayón Saborit, Y. (2011). *Diseño y Preparación Metodológica de las asignaturas Gestión de Procesos I y Gestión de Procesos II, para el modelo pedagógico presencial del Plan de estudios D*. Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez», Cienfuegos, Cuba.
- Álvarez de Zayas, C. (s. f.). *La Escuela en la Vida*.
- Álvarez de Zayas, C. M. (s. f.). *El diseño curricular*.
- Ballou, R. (1991). *Logística empresarial: control y planificación*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Barrios, M. (2011). Fisonomía de la localización industrial y de la distribución de planta. *Ingeniería y Sociedad UC*, 6(1), 58-64.
- Bausela, E. (2006). SPSS: Un instrumento de análisis de datos cualitativos. Recuperado a partir de <http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/020204/A3mar2005.pdf>
- Bloch, W. (1950). *Maschinenaufstellung nach dem Dreieckverfahren*. Industrielle Organisation. Zurich.
- Buffa Elwood, S. (1981). *Administración de Operaciones. La administración de sistemas productivos*. (Primera). México: Limusa.
- Campistrous, L., & Rizo, C. (1998). Indicadores e Investigación Educativa.
- Cañedo Iglesias, C. M. (s. f.). *Fundamentos teóricos para la implementación de la didáctica en el proceso enseñanza – aprendizaje*. Universidad de Cienfuegos.
- Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2014). Localización de instalaciones. Recuperado 22 de septiembre de 2014, a partir de http://nulan.mdp.edu.ar/1619/1/14_localizacion_instalaciones.pdf
- Chasco Lafuente, P. (1988). *Modelos de localización de centros comerciales* (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Madrid, España. Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/10486/4074>
- Chase, R., & Aquilano, N. (2001). *Administración de Producción y Operaciones. Manufactura y Servicios*. (Octava). Santa Fe de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- Colectivo de Autores. (1985). *Pedagogía*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Córdoba Parra, J. (2009). *Gestión de la producción*. Medellín, Colombia: Fundación Universitaria Luis Amigó. Recuperado a partir de <http://www.funlam.edu.co>
- Corominas, A. (1991). *Localización, distribución en planta y manutenzione*. MARCOMBO S.A.
- Curbelo, D. (s. f.). *Diseño y aplicación de un instrumento para la evaluación del Contexto de Aprendizaje en organizaciones de avanzada del territorio de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez», Cienfuegos, Cuba.

- De la Fuente García, D., & Fernández Quesada, I. (2005). *Distribución en planta*. España: Universidad de Oviedo. Recuperado a partir de http://books.google.com.cu/books?id=7aRzy0JjqTMC&dq=algoritmo+para+distribucion+en+planta&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- De Mattos, L. A. (1975). *Compendio de Didáctica General*. Kapelusz.
- Díaz, R. (2006). *Interrelación entre imagen y comunicación en destinos turísticos*.
- Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O., & Negrín Sosa, E. (2006). *Las decisiones de localización en la Administración de Operaciones* (Monografía). Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O., Negrín Sosa, E., & Parra Ferié, C. (2006). *Métodos de localización de instalaciones* (Monografía). Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O., Negrín Sosa, E., & Pérez Gosende, P. (2007). *Localización y Distribución en Planta de instalaciones de producción y servicios. Apuntes para un libro de texto*. Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas.
- Domínguez Machuca et. al. (1995). *Dirección de Operaciones*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Domínguez Machuca, J. (1962). *Plant layout and design*. Prentice Hall.
- Domínguez Machuca, J. (1995). *Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos*. Barcelona, España: Ariel S.A.
- Dowlatshah, S. (1992). Product design in a concurrent engineering environment: an optimisation approach., 1803-1818.
- Fernández Sánchez, E. (1993). *Dirección de la Producción I. Fundamentos Estratégicos*. España: Civitas S.A.
- Galambos, T. (2001). Strength of Singly Symmetric I-Shaped Beam-Columns, 65-77.
- García Alonso, A. (2010). *Teorías de localización de plantas y el caso de la nueva refinería de PEMEX*. Universidad Veracruzana, Facultad de Contaduría y Administración. Recuperado a partir de <http://148.226.12.104/handle/123456789/27296>
- Gómez-Senent, E. (1997). *El proyecto, diseño en ingeniería*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Grupo de Ingeniería de Organización. (2005). Localización. Recuperado a partir de <http://gio.uniovi.es/documentos/asignaturas/descargas/1.-Teoria.pdf>
- Guevara Díaz, & Fernández Bermúdez, M. (2008). *Diseño y Preparación Metodológica de las asignaturas Ingeniería de Métodos y Estudio de Tiempos de Trabajo, para el*

- modelo pedagógico semipresencial del Plan de estudios D.* (Trabajo de Diploma). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez», Cienfuegos, Cuba.
- Gutiérrez, H., & de la Vara, R. (2004). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Gutiérrez, M. (2003). *Metodología del diseño curricular desarrollador del ciclo básico de las carreras de ingeniería*. Universidad de Camagüey, Cuba.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1999). *Análisis multivariado*. Madrid, España: Prentice Hall.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1998). *Metodología de la Investigación* (2.^a ed.). México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V.
- Hernández Sampieri, R. (2000). *Metodología de la Investigación*. Mc Grow Hill.
- Hicks, E. (1999). *Ingeniería Industrial y Administración: Una nueva perspectiva*. CECSA.
- Ibáñez, L., & Cunha, R. (2013). Hojas de cálculo para el análisis de losas combinadas con pilotes., 207-216.
- Instalación industrial. (2014). Recuperado 13 de octubre de 2014, a partir de http://es.wikipedia.org/wiki/Instalaci%C3%B3n_industrial#Factores_que_afectan_a_la_localizaci.C3.B3n_de_Instalaciones
- Krajewski, L., & Ritzman, L. (2000). *Administración de Operaciones. Estrategia y Análisis*. (Quinta). México: Pearson Educación.
- Linstone, H., & Turrof, M. (1975). *The Delphi method, techniques and applications*. Estados Unidos: Addison Wesley Publishing.
- Localización del Proyecto. (2014). Recuperado 15 de agosto de 2014, a partir de [http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/Proyecto%20de%20Grado%20Fase%20I%20\(Segundo%20Momento\)/localizacin_del_proyecto.html](http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/Proyecto%20de%20Grado%20Fase%20I%20(Segundo%20Momento)/localizacin_del_proyecto.html)
- López Segrera, F. (2008). Tendencias de la Educación Superior en el mundo y en América Latina y el Caribe. *Revista da Avaliação da Educação Superior. Universidade de Sorocaba. Brasil*, 13(2), 267-291.
- Martínez, J. R. (2014, septiembre 22). Distribución en planta. Recuperado 22 de septiembre de 2014, a partir de <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/distriplantarodri.htm>
- Mas, D. (2010). *Tesis de Distribución en planta*. Recuperado a partir de http://unavdocs.files.wordpress.com/2010/10/diego_mas_distribucion_en_planta.pdf
- Meller, R., & Gau, K.-Y. (1996). The facility layout problem: Recent and emerging trends and perspective., 351-366.

- Microsoft Excel. (2014). Recuperado 12 de agosto de 2014, a partir de http://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel
- Ministerio de Educación Superior. (2007). Plan de Estudio D Ingeniería Industrial Presencial.
- Mollis, M. (2003). *Las universidades en América Latina: ¿reformadas o alteradas?* Buenos Aires: CLACSO.
- Muñoz Cabanillas, M. (2004). *Diseño de distribución en planta de una empresa textil*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú. Recuperado a partir de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/munoz_cm/munoz.pdf
- Murillo Jorge, M. (2011). Resolución sobre los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. Cuba.
- Muther, R. (1981a). *Distribución en Planta*. (Segunda). Barcelona, España: hispano-europeo.
- Muther, R. (1981b). *Planificación de la empresa industrial*. Barcelona, España: Editorial Técnicos Asociados S.A.
- Muther, R. (1968). *Planificación y proyección de la empresa industrial (Método SLP)*. Barcelona, España: Editorial Técnicos Asociados S.A.
- Muther, R., & Wheeler, J. (1994). *Simplified systematic layout planning* (3, illustrated.). University of Michigan: Management and Industrial Research Publications.
- Nahmias, S. (1999). *Análisis de la producción y las operaciones*. Continental, S. A.
- Nieto Chaviano, Y. (2007). *Propuesta de diseño de la asignatura Gestión de Procesos II*. Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez», Cienfuegos, Cuba.
- Nogueira, D., Medina, A., & Nogueira, C. (2004). *Fundamentos para el Control de la Gestión Empresarial*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Ortiz, R. (2002). *Integración de las funciones del proceso formativo en el diseño de la Física para Ingeniería Química*. Universidad de Camagüey, Cuba.
- Paranyi, G. (1968). *Materialbewegung im Unternehmen*. Budapest.
- Pérez Goróstegui, E. (1990). *Economía de Empresa. Introducción*. España: Centro de Estudios Ramón Areces, S.A.
- Pérez Gosende, P. (2014). Web de Pablo Pérez Gosende. Recuperado 13 de octubre de 2014, a partir de <http://pabloperezgosende.info/2014/10/>
- Portela Falgueras, R. (2014). Tendencias de la didáctica y optimización del proceso de enseñanza – aprendizaje.
- Resolución No. 210/07: Reglamento para el Trabajo Docente y Metodológico en la educación superior. (2007).

- Revuelta, F., & Sánchez, M. (2009). Programas de análisis cualitativo para la investigación en espacios virtuales de formación. Recuperado a partir de http://campus.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_04/n4_art_revuelta_sanchez.htm
- Salvendy, G. (1982). *Handbook of Industrial Engineering*. Cuba: Pueblo y Educación.
- Schmigalla, H. (1964). *Einige Bemerkungen zu den Prinzipien der räumlichen Organisation der mechanischen Fertigung in Maschinenbaubetrieben unter besonderer Berücksichtigung des Nestprinzips*. Magdeburg, Alemania: Wiss Zeitschrift der TH Otto von Guericke.
- Schmigalla, H. (1970). *Methoden zur optimalen Maschinenanordnung*. Berlín, Alemania: EB Verlag Technik.
- Schugurensky, D. (1998). La Reestructuración de la Educación Superior en la Era de la Globalización. ¿Hacia un Modelo Heterónomo? En *Educación, Democracia y Desarrollo en el Fin de Siglo* (pp. 118-149). México: Siglo XXI.
- Schwartzman, S. (1999). Prospects for Higher Education in Latin America. *International Higher Education. The Boston College Center for International Higher Education*, (17), 9-10.
- Shayan, A., & Xu, A. (2004). Value-added utilisation of waste glass in concrete., 81-90.
- SPSS para Windows (Versión 20.0). (2011). IBM Corp. Recuperado a partir de <http://www.ibm.com>
- Tate, D. M., & Smith, A. E. (1995). Unequal area facility layout using genetic search, 465-472.
- Tavakkoli-Moghaddain, R., & Shayan, E. (1998). Facilities layout design by genetic algorithms., 527-530.
- Tema 4. Distribución en planta. (2004). Recuperado a partir de <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/4%20Distribucion%20en%20planta.pdf>
- Tema 5. Localización de instalaciones. (2004). Recuperado a partir de <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/5%20Localizaciion%20instalaciones.pdf>
- Tompkins, J., & White, J. (1984). *Facilities planning*. Nueva York, Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Torres, E. (2004). *El perfeccionamiento del currículo de la asignatura Historia de la Educación para la formación profesional de los maestros primarios*. Instituto Superior Pedagógico «Félix Varela», Villa Clara, Cuba.
- UNESCO. (2007). *Global Education Digest* (p. 132). Montreal: UIS.
- Vallhonrat, J., & Corominas, A. (1991). *Localización, distribución en planta y manutenzione*. Barcelona, España: MARCOMBO.
- Woithe, G., & Hernández Pérez, G. (1986). *Fundamentos de la proyección de fábricas de construcción de maquinaria*. Cuba: Pueblo y Educación.

Anexos



Anexos

Anexo #1: Conferencias.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Conferencia No. 1

Tema 1: Introducción a la Distribución en planta

Título: Introducción a la Distribución en planta

Sumario:

1. Introducción a la proyección de instalaciones.
2. La empresa como sistema físico.
3. Concepto, etapas y tipos de proyectos.
4. Definición de los objetivos del proyecto.
5. Análisis de la demanda y el programa productivo.
6. El proceso inversionista en Cuba.

Objetivos:

1. Identificar la Distribución en Planta como una de las principales decisiones a tomar en el proceso de proyección, ampliación y renovación de instalaciones, las etapas, tipos y objetivos de un proyecto.
2. Analizar la demanda, el programa productivo y la relación producto – proceso.
3. Conocer los principales elementos del proceso inversionista en Cuba a través de las entidades, regulaciones y normas que lo rigen.

Bibliografía:

1. Gómez Figueroa, Diéguez Matellán (2007), Ingeniería de proyecto
2. *PowerPoint*: Introducción a la proyección de instalaciones.
3. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”.

Introducción a la asignatura

Familiarización con la asignatura:

48 horas	18 encuentros
	Conferencias
	Clases prácticas
	Talleres
	Seminarios

Evaluación	Preguntas de control frecuentes
	Seminarios
	Tarea extra clase
	Examen Final

Desarrollo:

Introducción a la proyección de instalaciones.

El profesor discutirá en el aula el *PowerPoint*: Introducción a la proyección de instalaciones

La empresa como sistema físico.

Es el área limitada por paredes, (edificios) donde se desarrollan productos o servicios a partir de operaciones de aprovisionamiento, producción o servicios; almacenamientos, entregas; se llevan a cabo operaciones contables, financieras, entre otros. Es decir; una empresa es un sistema físico que debe agrupar de manera relacionada y eficiente todos los procesos que ella realice, así como debe garantizar las relaciones adecuada de hombre-materiales-máquinas.

Elementos operacionales:

En cada operación a realizar en la empresa sea de operación y/o servicios están presentes 3 elementos: Hombre-Máquinas-Materiales.

La adecuada interrelación que entre ellos se establezca se da en un espacio físico de la empresa; por tanto ella determina en gran medida el tipo de distribución espacial que se adopte y la ubicación física de cada uno de ellos en la planta.

Ahora bien; no solo es preciso de hablar de D.P, hay que referir otro nivel de la ubicación y distribución de las instalaciones; la localización, de ella también depende la mayor eficiencia o menor que pueda alcanzar la empresa.

Concepto, etapas y tipos de proyectos.

Concepto de proyecto:

El término **proyecto** proviene del latín *proiectus* y cuenta con diversas significaciones. Podría definirse a un proyecto como el conjunto de las actividades que desarrolla una persona o una entidad para alcanzar un determinado **objetivo**. Estas actividades se encuentran interrelacionadas y se desarrollan de manera coordinada.

Generalmente el término proyecto se relaciona con la idea o el deseo de hacer algo. El proyecto puede constituirse en una actitud, y en este caso se relaciona con una idea o una intención. También puede ser una actividad, en tal caso se relaciona con un diseño, un esquema o un bosquejo. De cualquier manera es un proceso de ordenamiento mental que disciplina metódicamente el qué hacer del individuo.

Existen muchas interpretaciones del término proyecto, las cuales dependen del punto de vista que se adopte en determinado momento. En diversas definiciones de proyecto se expresa la idea de ordenamiento de antecedentes y datos, con el objeto de estimar la viabilidad de realizar determinada acción. El proyecto tiene como fin satisfacer una necesidad, corriendo el menor riesgo posible de fracaso, permitiendo el mejor uso de los recursos disponibles. En un proyecto debe especificarse claramente:

- Qué se quiere lograr

- Por qué y para que se quiere lograr.
- Donde se va a lograr.
- Quien lo va a lograr.
- Cómo y por qué medios. (Acciones, insumos, recursos y condiciones).
- Con qué se cuenta y que es necesario conseguir.
- Que productos se van a lograr.
- Cuando se logrará
- Riesgos y posibilidades que el entorno ofrece.
- Cuál es el costo total o presupuesto requerido.
- A que fuentes de financiación se acudirá.
- Qué criterios e indicadores se utilizarán para verificar o valorar el nivel de éxito en los resultados que se alcancen.

Desde un punto de vista muy general puede considerarse que todo proyecto tiene tres grandes etapas:

Fase de planificación: se trata de establecer cómo el equipo de trabajo deberá satisfacer las restricciones de prestaciones, planificación temporal y costo. Una planificación detallada da consistencia al proyecto y evita sorpresas que nunca son bien recibidas.

Fase de ejecución: representa el conjunto de tareas y actividades que suponen la realización propiamente dicha del proyecto, la ejecución de la obra de que se trate. Responde, ante todo, a las características técnicas específicas de cada tipo de proyecto y supone poner en juego y gestionar los recursos en la forma adecuada para desarrollar la obra en cuestión. Cada tipo de proyecto responde en este punto a su tecnología propia, que es generalmente bien conocida por los técnicos en la materia.

Fase de entrega o puesta en marcha: como ya se ha dicho, todo proyecto está destinado a finalizarse en un plazo predeterminado, culminando en la entrega de la obra al cliente o la puesta en marcha del sistema desarrollado, comprobando que funciona adecuadamente y responde a las especificaciones en su momento aprobadas. Esta fase es también muy importante no sólo por representar la culminación de la operación sino por las dificultades que suele presentar en la práctica, alargándose excesivamente y provocando retrasos y costos imprevistos.

A estas tres grandes etapas es conveniente añadir otras dos que, si bien pueden incluirse en las ya mencionadas, es preferible nombrarlas de forma independiente ya que definen un conjunto de actividades que resultan básicas para el desarrollo del proyecto:

Fase de iniciación: definición de los objetivos del proyecto y de los recursos necesarios para su ejecución. Las características del proyecto implican la necesidad de una fase o etapa previa

destinada a la preparación del mismo, fase que tienen una gran trascendencia para la buena marcha del proyecto y que deberá ser especialmente cuidada. Una gran parte del éxito o el fracaso del mismo se fraguan principalmente en estas fases preparatorias que, junto con una buena etapa de planificación, algunas personas tienden a menospreciar, deseosas por querer ver resultados excesivamente pronto

Fase de control: monitorización del trabajo realizado analizando cómo el progreso difiere de lo planificado e iniciando las acciones correctivas que sean necesarias. Incluye también el liderazgo, proporcionando directrices a los recursos humanos, subordinados (incluso subcontratados) para que hagan su trabajo de forma efectiva y a tiempo.

Los periodos generales de duración los podemos ver a continuación:

Distribución de Planta pueden estar asociadas a una de las siguientes situaciones:

1. **Proyecto de una planta completamente nueva:** en este tipo de proyecto el grupo de especialistas encargados de la distribución, diseñará el edificio de la empresa desde el principio. Este caso de distribución en planta se suele dar cuando se inicia un nuevo tipo de producción o la fabricación de un nuevo producto o cuando la empresa se expansiona y traslada a una nueva área. Aquí es necesario todo el ingenio y conocimientos del diseñador para una buena distribución.
2. **Expansión o traslado a una planta ya existente:** en este caso, los edificios y servicios ya están allí limitando la distribución. El problema principal consiste en adaptar el producto, los elementos y el personal de una organización ya existente en una planta distinta que también ya existe. Este es el mejor momento de mejorar métodos y abandonar viejas prácticas.
3. **Reordenación de una distribución ya existente:** esta situación es la más frecuente, sobre todo en los cambios de diseño del producto y en la modernización del equipo de producción. Aquí también existe una limitación dada por las dimensiones del edificio, su forma y en general todas sus instalaciones.
4. **Ajustes menores en una distribución ya existente:** se presenta cuando varían las condiciones de operación, ésta también es una buena oportunidad para introducir diversas mejoras con un mínimo de costos, aplicándose gastos menores para adaptarse a las variaciones de la demanda.

Debido a las características de estas situaciones las decisiones de Localización y de Distribución en Planta de una instalación se encuentran estrechamente relacionadas con el proceso inversionista del país en el que se realice. En Cuba este proceso se rige por la Resolución 92 del 2006 del Ministerio de Economía y Planificación en la cual se establecen las indicaciones para el proceso inversionista.

Al crear y poner en funcionamiento una unidad de producción, se determina en primer lugar: qué, cuánto, cómo y con qué producir, definiéndose una serie de factores a coordinar. La distribución en planta facilita dicha coordinación pues pretende ordenar de la forma más satisfactoria, los elementos y equipos disponibles, pudiendo estar fijado o no el espacio total donde se realizará la ubicación. En general se comienza distribuyendo unidades globales o departamentos, para posteriormente ordenar cada uno de ellos. La fase de detalle permite detectar inconvenientes no percibidos anteriormente, lo cual puede provocar cambios en la distribución primitiva. Las razones más comunes que ocasionan una redistribución de algo que ya está en funcionamiento pueden proceder de cambios en el volumen de producción, en la tecnología, en el producto, etc., o simplemente por haber sido observadas determinadas deficiencias en la distribución actual. Esta retroalimentación por la que se remodelan distribuciones anteriores, puede tener lugar no solo en la fase de estudio, sino incluso después de la implantación.

Definición de los objetivos del proyecto.

Los **objetivos básicos** que ha de conseguir una buena distribución en planta son:

1. **Unidad:** alcanzar la integración de todos los elementos o factores implicados en la unidad productiva, para que se funcione como una unidad de objetivos.
2. **Circulación mínima:** procurar que los recorridos efectuados por los materiales y hombres, de operación a operación y entre departamentos sean óptimos lo cual requiere economía de movimientos, de equipos, de espacio.
3. **Seguridad:** garantizar la seguridad, satisfacción y comodidad del personal, consiguiéndose así una disminución en el índice de accidentes y una mejora en el ambiente de trabajo.
4. **Flexibilidad:** la distribución en planta necesitará, con mayor o menor frecuencia adaptarse a los cambios en las circunstancias bajo las que se realizan las operaciones, lo cual hace aconsejable la adopción de distribuciones flexibles.

Así pues, para llevar a cabo una adecuada distribución en planta ha de tenerse presente cuales son los objetivos estratégicos y tácticos que aquella habrá de apoyar, así como los posibles conflictos que puedan surgir entre ellos (por ejemplo: necesidad de espacio/economía en centros comerciales, accesibilidad/privacidad en áreas de oficina).

El proceso parte de forma global manejando unidades agregadas o departamentos, y haciendo posteriormente la distribución interna de cada uno de ellos. A medida que se incrementa el grado de detalles se facilita la detección de inconvenientes que no fueron percibidos con anterioridad, de forma que la concepción primitiva puede variarse a través de un mecanismo

de realimentación. Por lo general, la mayoría de las distribuciones quedan diseñadas eficientemente para las condiciones de partidas, sin embargo, a medida que la organización crece y se adapta a los cambios internos y externos, la distribución inicial se vuelve menos adecuada, hasta llegar al momento en que la redistribución se hace necesaria.

Los motivos que justifican a esta última se deben con frecuencia a tres tipos básicos de cambio:

1. En el volumen de producción, que puede requerir mayor aprovechamiento del espacio (para aumentar el número de equipos, por tener que dedicar menor superficie a los ya existentes o por un cambio en las necesidades de almacenamiento).
2. En la tecnología de los procesos, que pueden motivar un cambio en el recorrido de materiales y hombres, así como la disposición relativa de equipos e instalaciones.
3. En el producto, que pueda necesitar modificaciones similares a las requeridas por un cambio en la tecnología.

La frecuencia de la redistribución dependerá de las exigencias del propio proceso en este sentido. En ocasiones, esto se hace periódicamente, aunque se limite a la realización de ajustes menores de la distribución instalada (por ejemplo: los cambios de modelo en la fabricación de automóviles); otra veces las redistribuciones son continuas, pues están previstas como situación normal y se llevan a cabo casi ininterrumpidamente; pero también se da el caso en que las redistribuciones no tienen una periodicidad completa debido a algunas de las razones expuestas anteriormente o bien porque la existente se considera una mala distribución .

Análisis de la demanda y el programa productivo.

A medida que un país va desarrollando su economía va pasando la atención de las necesidades primarias a la provisión de bienes industrializados y servicios. Para atender este proceso dinámico, hay que cuantificar cual va a ser la demanda frente a los requerimientos de los consumidores de acuerdo a los diferentes niveles de ingreso.

Así en los niveles de bajos ingresos se dará prioridad al consumo de productos de primera necesidad, mientras que en los niveles de altos ingresos se tendrá una demanda selectiva en términos de calidad, variedad y presentación.

Si la demanda total no está satisfecha, la producción del proyecto deberá cubrir esta diferencia, pero, si sucediera lo contrario, la producción nueva tendrá que desplazar a los productores. Los proyectos que generan ingresos monetarios, suponen la estimación de cantidades que pueden ser vendidas a ciertos niveles de precios. Además, aparece una serie de factores que condicionan y determinan los gustos y preferencias de los consumidores, lo mismo que su poder adquisitivo o capacidad de compra. En este contexto podemos afirmar que la demanda

es el proceso mediante el cual se logra de terminar las condiciones que afectan al consumo de un bien o servicio.

Se entiende por **demanda** a aquellas cantidades de un determinado producto, bien o servicio que una población solicita o requiera a diferentes niveles de precios. Si el precio de un bien cambia pero todo lo demás permanece constante, se da un movimiento a lo largo de la curva de demanda, denominándose este caso como cambio de la cantidad demandada (Fig. 2.2), si el precio del producto permanece constante pero cambia alguno de los factores que influyen en los planes de los consumidores, entonces la curva de demanda se desplaza, es decir, existe un cambio de la demanda ya sea a la derecha en el caso de aumento o a la izquierda en caso de una disminución (Fig. 2.3).

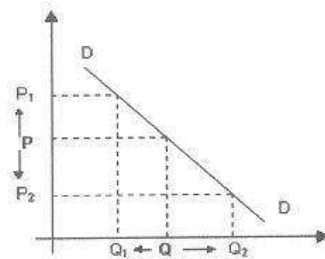


Fig. 2.2

Cambio en la cantidad demandada

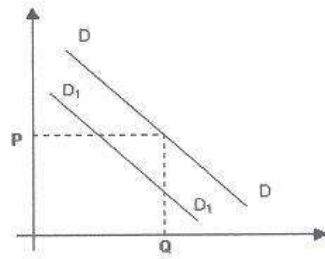


Fig. 2.3

Cambio de la curva de demanda

Clasificación de la demanda

Demanda efectiva: se entiende por demanda efectiva a aquella que tiene respaldo inmediato de compra, es decir, está basada en los ingresos presentes del consumidor.

Demanda potencial: es la demanda que no tiene respaldo inmediato de compra y que está basada en los ingresos futuros del consumidor.

Demanda derivada: en economía existe demanda tanto de productos finales como de insumos intermedios, usualmente la demanda que se establece de productos o bienes finales se llama demanda final y la demanda de insumo o material primas consecuencia de la demanda de estos productos finales o productos se denomina demanda derivada.

Estimación de la demanda actual

Existen dos tipos de estimación de demanda corriente en los que un vendedor podría interesarse: potencial total del mercado y potencial territorial. El potencial total del mercado es de interés siempre que un vendedor se enfrente a la decisión de introducir un nuevo producto o dar de baja alguno existente. El vendedor quiere saber si es lo bastante grande para justificar la participación de la compañía.

El **potencial total de mercado** es la cantidad máxima de ventas (en unidades o en dinero) que podría haber disponible para todas las compañías dentro de una industria, durante

determinado periodo y bajo un nivel dado de esfuerzo de mercadotecnia en la industria y determinadas condiciones ambientales.

Una vez que se ha estimado el potencial total del mercado, debe compararse con el tamaño corriente del mercado. El **tamaño corriente del mercado** es el volumen actual (en unidades o dinero), que se compra corrientemente. Este tamaño corriente de mercado siempre es menor que el potencial total del mercado.

Proyección de la demanda

Es un elemento importante debido a que se constituye en el factor crítico que permite determinar la viabilidad y el tamaño del proyecto. La demanda proyectada se refiere fundamentalmente al comportamiento que esta variable puede tener en el tiempo, suponiendo que los factores que condicionaron el consumo histórico del bien “z” actuaran de igual manera en el futuro. La elaboración de un pronóstico de la demanda es imprescindible acerca del comportamiento futuro de la economía, del mercado del proyecto, de las expectativas el consumidor, así como de las características económicas del producto.

Consecuentemente, proyectar la demanda constituye la parte más delicada del Estudio de Mercado.

Factores que afectan la demanda.

- Ingreso per cápita (Ypc)
- Precio del mismo bien (P&)
- Precio del bien sustituto (Ps)
- Precio del bien complementario (Pc)
- Población (Pob)
- Gustos, hábitos y costumbres (GC)

DEMANDA= f [Ypc, P&, Ps, Pc, Pob, GC]

En la siguiente tabla se muestran los factores que modifican las curvas de la demanda.

LA DEMANDA CAMBIA		
FACTOR	HACIA LA DERECHA SI	HACIA LA IZQUIERDA SI
Ingreso de los compradores	Aumentan	disminuyen
Preferencias o gustos de los compradores	Aumentan	disminuyen
Precio de los productos sustitutos	Aumentan	disminuyen
Expectativas de los precios	Aumentaran	disminuirán
Cantidad de compradores	Aumentan	disminuyen

El proceso inversionista en Cuba.

En Cuba el documento legal que rige el proceso inversionista es la: **Resolución No. 91/ 2006**

El ministerio o institución encargado del proceso inversionista en Cuba es el de Planificación Física.

INDICACIONES PARA EL PROCESO INVERSIONISTA

OBJETO

Artículo 1. La presente norma se denomina Indicaciones para el Proceso Inversionista y tiene por objetivo:

1. Garantizar la integralidad del proceso inversionista, a través de:
 - a) Considerar la preparación, planificación, contratación, ejecución, y control de las inversiones como un sistema desde su concepción hasta la asimilación de las capacidades de producción y servicios, tanto de la inversión principal como de las inducidas si las hubiera.
 - b) Establecer las funciones de los diferentes sujetos del proceso.
2. Asegurar la necesaria flexibilidad en el proceso inversionista y en las funciones de los diferentes sujetos atendiendo a las características de cada inversión.
3. Contribuir a la racionalidad y eficiencia del proceso inversionista, muy especialmente en lo referente a la reducción de sus plazos, a través de:
 - a) La preparación de las inversiones sobre bases técnicas y económicas profundas; con suficiente flexibilidad para adecuarse al universo de las inversiones según sus características.
 - b) El empleo de la Dirección Integrada de Proyectos, en lo adelante DIP, donde el inversionista considere estén creadas las condiciones para su aplicación, para todo el proceso inversionista o partes del mismo, con la finalidad de lograr la eficacia en el proceso.
 - c) El uso de métodos para llevar a cabo la inversión, de forma simultánea con aquellas tareas que no comprometan la necesaria secuencia del proceso y que permitan acortar los plazos de la inversión, manteniendo el rigor técnico necesario y la disciplina en el cumplimiento de las regulaciones establecidas.
 - d) La ampliación del análisis de postinversión, lo cual permita comprobar en qué medida se cumplen los beneficios previstos y aprobados en el Estudio de Factibilidad y a la vez retroalimentar futuros proyectos.
 - e) Este proceso además, deberá encaminarse al cumplimiento de los siguientes objetivos:
 - i. Lograr una completa observancia de la legalidad dentro del proceso inversionista, evitando todo tipo de irregularidades y asumiendo desde el inicio las responsabilidades de los hechos, acciones, u omisiones que originen violaciones de la legalidad.

- ii. Realizar una vigilancia constante sobre el efecto medio ambiental de las inversiones, sus características e impacto en el medio cercano y lejano, lo cual se complementará con la legislación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente al respecto y las inspecciones de las entidades encargadas de esta actividad.
- iii. Preservar, ahorrar, y utilizar con la mayor eficiencia y rentabilidad los recursos energéticos puestos a disposición de la actividad.

Artículo 2. Estas indicaciones son de aplicación a todas las inversiones que llevan a cabo las entidades estatales y/o privadas con capital 100% cubano.

Las inversiones que se llevan a cabo por empresas mixtas; en virtud de un Contrato de Asociación Económica Internacional y por empresas de capital totalmente extranjero son objeto de regulaciones especiales

Artículo 3. A fin de establecer el alcance e interpretación de las disposiciones contenidas en estas indicaciones se entiende, a los efectos de esta legislación, los siguientes términos:

1. Inversión: El gasto de recursos financieros, humanos y materiales con la finalidad de obtener ulteriores beneficios económicos y sociales a través de la explotación de nuevos activos fijos.
2. Proceso Inversionista: Es un sistema dinámico que integra las actividades y/o servicios que realizan los diferentes sujetos que participan en el mismo, desde su concepción inicial hasta la puesta en explotación.
3. Proyecto: Es el conjunto de documentos mediante los cuales se definen y determina la configuración de la inversión, justificando luego las soluciones propuestas de acuerdo con las normativas técnicas aplicables. Esta definición coincide con la interpretación que por muchos años se ha manejado en Cuba para este término y difiere de la acepción más amplia utilizada en la bibliografía internacional y nacional que define el proyecto como “la combinación de recursos humanos y no humanos reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado”
4. Dirección Integrada de Proyecto (DIP): Es la técnica de dirección a través de la cual se dirigen y coordinan los recursos humanos, financieros y materiales, a lo largo del proceso inversionista, para conseguir los objetivos prefijados de alcance, costos, plazos, calidad y satisfacción de los participantes o partes interesadas en el mismo. En estas indicaciones, al referirnos a la DIP, se trata de la técnica de dirección aplicada al proceso inversionista o a alguna de sus fases o actividades.

Atendiendo al papel que juegan en el desarrollo económico y social, las inversiones se clasifican en:

1. Inversiones principales: son aquellas motivadas por necesidades generales del desarrollo económico y social.
2. Inversiones inducidas: son las que formando parte o no de una inversión principal, le son necesarias para su adecuada ejecución y pruebas y puesta en explotación, clasificándose en directas e indirectas.

Organización y fases del proceso inversionista

Las fases del proceso inversionista son las siguientes:

1. Fase de Preinversión, es la fase de concepción de la inversión. En esta fase se identifican las necesidades; se obtienen los datos del mercado; se desarrollan y determinan la estrategia y los objetivos de la inversión; se desarrolla la documentación técnica de Ideas Conceptuales y Anteproyecto, la que fundamenta los estudios de prefactibilidad y factibilidad técnico – económica. La valoración de estos estudios permitirá decidir sobre la continuidad de la inversión y se selecciona el equipo que acometerá la inversión.

Como partes determinantes, se lleva a cabo la aprobación del Estudio de Factibilidad, elaborado a partir del Anteproyecto o del nivel inferior de elaboración que se autorice y se establece la documentación básica para la realización de la Dirección Integrada de Proyectos.

Este período se identifica con las fases de Conceptualización y Definición Técnica que se contempla en la Dirección Integrada de Proyecto.

En el Capítulo XI se detallan los principios y obligaciones para el desarrollo de esta fase.

2. Fase de Ejecución, es la fase de concreción e implementación de la inversión. Se continúa en la elaboración de los proyectos hasta su fase ejecutiva y se inician y efectúan los servicios de construcción y montaje y la adquisición de suministros. Para ello se consolida el equipo que acomete la inversión estableciendo las correspondientes contrataciones. Se precisan el cronograma de actividades y recursos, los costos y flujos de cajas definitivos de la inversión y se establece el Plan de Aseguramiento de la Calidad. Esta fase culmina con las pruebas de puesta en marcha.

En esta etapa están consideradas tareas inherentes a las fases de Definición Técnica y de Ejecución contempladas en la Dirección Integrada de Proyectos.

En el Capítulo XII se detallan los principios y obligaciones para el desarrollo de esta fase.

3. Fase de Desactivación e Inicio de la Explotación, es la fase donde finaliza la inversión. En la misma se realizan las pruebas de puesta en explotación. Se desactivan las facilidades temporales y demás instalaciones empleadas en la ejecución. Se evalúa y rinde el informe final de la inversión. Se transfieren responsabilidades y se llevan a cabo los análisis de postinversión.

Esta fase coincide en términos generales con la fase de Desactivación y Entrega contemplada en la Dirección Integrada de Proyectos.

SUJETOS DEL PROCESO INVERSIONISTA

SECCIÓN I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 3. Los principales sujetos que intervienen en el proceso inversionista, atendiendo al carácter de sus funciones son:

1. Inversionista
2. Projectista
3. Suministrador
4. Constructor

Sección IV.

De la Compatibilización con los intereses de la Defensa

Artículo 94. El proceso de compatibilización con los intereses de la defensa, comprende todas las fases de la inversión y se efectúa a través de los órganos de consulta y control obligatorios que corresponda según el nivel de la inversión y de acuerdo a la legislación vigente.

Artículo 95. Los requerimientos de la Defensa se precisan desde la etapa de los Planes de Ordenamiento Territorial y Urbano. Para las inversiones nominalizadas, corresponde la consulta, según sea el caso, a los Ministerios de las Fuerzas Armadas Revolucionarias, del Interior y al Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil.

Artículo 96. El dictamen del Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil para cada inversión presentada a compatibilizar, puede arrojar la necesidad de hacer estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos de desastres, los cuales se realizan por las entidades cuyo objeto social se corresponda y sean homologadas por el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil. La necesidad de realizar estos estudios se hace constar en el Certificado de Regulaciones (Área de Estudio) o de Microlocalización. El dictamen aprobatorio del Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil es un documento obligatorio para iniciar la ejecución de la obra.

Artículo 97. La puesta en explotación de la inversión requiere de la aprobación del Plan de Medidas para casos de catástrofes, el cual se presenta 45 días antes de la misma al Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil y los órganos de la defensa civil de las regiones militares, según corresponda. También se tiene en cuenta el cumplimiento del resto de los requerimientos de la compatibilización con los órganos de la Defensa, según se establece en la legislación vigente.

Conclusiones de la conferencia:

1. Se vio de forma general los elementos fundamentales del proceso inversionista en Cuba, en los cuales se ha destacado la importancia de la proyección de las inversiones propiamente dicha, en este proceso complejo.

2. Se analizó el proyecto tiene como un fin para satisfacer una necesidad, corriendo el menor riesgo posible de fracaso y permitiendo el mejor uso de los recursos disponibles.
3. Se vio que para llevar a cabo una adecuada distribución en planta ha de tenerse presente cuales son los objetivos estratégicos y tácticos que aquella habrá de apoyar, así como los posibles conflictos que puedan surgir entre ellos

Orientación del Taller #1: El proceso inversionista en Cuba.

Realizar un análisis del proceso inversionista en Cuba que abarque principalmente los siguientes aspectos:

1. Características generales del proceso inversionista. Principales conceptos según la bibliografía consultada.
2. Concepto, etapas, tipos y objetivos de proyecto. La Distribución en planta como una de las principales decisiones a tomar en el proceso de proyección
3. El proceso inversionista en Cuba, explicando las principales entidades que intervienen en el mismo y las regulaciones y normas que lo rigen.

Bibliografía:

- Resolución 91 del 2006 (Indicaciones para el Proceso Inversionista)
- Woithe, G. & Hernández Pérez, G. (1986). Fundamentos de la proyección de fábricas de construcción de maquinaria. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba.

Motivación para la clase siguiente:

En la siguiente clase se efectuara el taller orientado, mediante el cual se analizara el proceso inversionista en Cuba. Principales entidades que intervienen, regulaciones y normas que lo rigen.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Conferencia No. 2

Tema 2: Localización de la planta

Título: Las decisiones de localización

Sumario:

1. Las decisiones de localización de instalaciones, importancia y objetivos.
2. Causas y alternativas de los problemas de localización.
3. Tendencias y estrategias futuras de localización.
4. Procedimiento para la toma de decisiones de localización.
5. Factores que afectan las decisiones de localización. Clasificación.
6. Diferencias entre manufactura y servicio.

Bibliografía:

1. Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O., Negrín Sosa, E., (2006) Las decisiones de localización en la Administración de Operaciones. Monografía. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.

2. Domínguez Machuca et. al. (1995). Dirección de Operaciones. McGraw-Hill. Madrid, España.
3. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”
4. PDF: Las decisiones de localización.
5. PDF: Ubicación de las instalaciones.

Objetivos:

1. Identificar los procedimientos, criterios y diferencias para manufactura y servicios en las decisiones de localización de instalaciones.

Desarrollo:**Las decisiones de localización de instalaciones, importancia y objetivos.**

Las decisiones de localización que se toman en una instalación afectan tanto a las nuevas empresas como a las ya existentes, sean empresas de manufactura o de servicio. Estas forman parte del proceso de formulación estratégica y son de gran importancia en el diseño del sistema de producción, pues varios factores son afectados como los costos de operación, incluyendo mano de obra, construcción, entre otros. Estas decisiones una vez tomadas no pueden modificarse fácilmente o de forma rápida, pues son decisiones a largo plazo y pueden resultar muy costosas.

El desarrollo de la estrategia de localización puede canalizarse a través de decisiones, las cuales no pueden tomarse a la ligera. Por el contrario, la selección del sitio final generalmente involucra largos y costosos estudios de ubicación de alternativas, los cuales generalmente concluyen que no existe una solución óptima evidente, sino varias ubicaciones buenas.

El proceso de localización persigue como objetivo lograr una posición geográfica competitiva para una instalación basada en la satisfacción de determinados factores relevantes para la misma. En la actualidad es mucho más común la apertura de empresas de servicios que de manufactura debido a que la creación de instalaciones de servicio implica costos relativamente bajos.

La localización de inversiones específicamente industriales se lleva a cabo en cuatro etapas: la planificación territorial, la macrolocalización, la microlocalización y la proyección del plan general. Las primeras tres etapas representan el núcleo del problema de la localización de fábricas, mientras que la cuarta es el punto de unión entre la localización y la proyección de instalaciones. La macrolocalización es la distribución de las inversiones sobre la base de los planes de ordenamiento territorial, definiendo la provincia, ciudad o territorio para su localización. A través de la microlocalización se determina el lugar preciso para la ubicación de la instalación dentro de la provincia, el territorio o la ciudad, previamente elegido y aprobado en la macrolocalización, así como las características del terreno seleccionado (Woithe y Hernández, 1986).

Con respecto a la macrolocalización, se deben analizar aquellas que ofrezcan las mejores condiciones en cuanto a:

- Ubicación de los consumidores o usuarios
- Localización de materia prima y demás insumos
- Vías de comunicación y medios de transporte
- Infraestructura de servicios públicos
- Políticas, planes o programas de desarrollo
- Normas y regulaciones específicas
- Tendencias de desarrollo de la región
- Condiciones climáticas y ambientales
- Interés de fuerzas sociales y comunitarias

En cuanto a la microlocalización, se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- Disponibilidad y costos de recursos: mano de obra, materias primas, servicios y comunicaciones.
- Otros factores: ubicación de la competencia, limitaciones tecnológicas y consideraciones ecológicas.
- Costos de transporte de insumos y de productos, por ejemplo los costos de transferencia a la cuenta de fletes: comprende la suma de costos de transporte de insumos y productos.

La localización de instalaciones se realiza a través de dos etapas, siendo la primera la localización general mediante el uso de métodos y la segunda etapa la selección de un punto o zona por parte del decisor a través de su sentido común. (Ballou, 1991)

Importancia de las decisiones de localización

1. Inmovilización de recursos a largo plazo (costos, tiempo, esfuerzos empleados)
2. Afectan las capacidades competitivas de la empresa
3. Niveles de servicio
4. Nivel de ingreso

Causas y alternativas de los problemas de localización.

Los problemas de localización surgen de la necesidad de localizar instalaciones para la satisfacción óptima de la demanda de un conjunto de clientes.

Se pueden identificar 3 **elementos esenciales en los problemas de localización**:

1. Las instalaciones: conjunto de objetos que serán localizados para proporcionar un producto o servicio.
2. Las localizaciones: conjunto de posibles puntos para ubicar la instalación.
3. Los clientes: usuarios de las instalaciones que demandan el producto o servicio.

Causas que originan los problemas de localización:

- Un mercado en expansión, que requerirá añadir nueva capacidad, la cual habrá que localizar, bien ampliando las instalaciones ya existentes en un emplazamiento determinado, bien creando una nueva en algún otro sitio. Ejemplo: polo petroquímico.
- La introducción de nuevos productos o servicios, que conlleva una problemática análoga.
- Contracción de la demanda que puede requerir el cierre de instalaciones o-y la reubicación de las operaciones. Otro tanto sucede cuando se producen cambios en la localización de la demanda. Ejemplo: tienda “La lucha” por “La valenciana”.
- Agotamiento de las fuentes de abastecimiento de materias primas. Ejemplo: Empresas de extracción, cuando al cabo de los años, se agotan los yacimientos que se venían explotando.
- Obsolescencia de una planta. Ejemplo: el transcurso del tiempo o por la aparición de nuevas tecnologías, que se traduce a menudo en la creación de una nueva planta más moderna en algún otro lugar.
- Presión de la competencia: para aumentar el nivel de servicio ofrecido, puede llevar a la creación de más instalaciones o a la relocalización de algunas existentes.
- Cambios en otros recursos. Ejemplo: mano de obra o los componentes subcontratados, o en las condiciones económicas de una región.
- necesito campesinos los voy a buscar al campo, mano de obra más barata. Ejemplo: fábrica de zapatos
- Fusiones o adquisiciones entre empresas
- Si tengo una fábrica en otro país donde tengo una conciencia y cambie la población o el país quiebra tengo que reubicar la fabrica
- Las fusiones y adquisiciones entre empresas pueden hacer que algunas resulten redundantes o queden mal ubicadas con respecto a las demás.

Los motivos mencionados son algunos de los que pueden traer consigo que la empresa decida ubicar instalaciones o analizar si la localización de las mismas continúa siendo la correcta. Independientemente de cuáles sean las razones que lleven a ello.

Alternativas de localización

1. Expandir una instalación existente. Esta opción sólo será posible si existe suficiente espacio para ello. Puede ser una alternativa atractiva cuando la localización en la que se encuentra tiene características muy adecuadas o deseables para la empresa. Generalmente origina menores costos que otras opciones, especialmente si la expansión fue prevista cuando se estableció inicialmente la instalación.

2. Añadir nuevas instalaciones en nuevos lugares. A veces ésta puede resultar una opción más ventajosa que la anterior (por ejemplo: si la expansión provoca problemas de sobredimensionamiento o de pérdida de enfoque sobre los objetivos de las operaciones). Otras veces es simplemente la única opción que se tendrá sobre el sistema total de instalaciones de la empresa.
3. Cerrar instalaciones en algún lugar y abrir otra(s) en otro(s) sitio(s). Esta opción puede generar grandes costos, por lo que la empresa deberá comparar los beneficios de la relocalización con los que se derivarían del hecho de permanecer en el lugar actualmente ocupado.

En el actual entorno económico versátil en que viven las empresas, la decisión de localización puede no ser la óptima para el futuro, por lo que se debe tener bien en cuenta su condición de largo plazo.

Los criterios de estrategia de localización difieren según el tipo de empresa. En las organizaciones de manufactura se enfocan a la minimización de los costos tangibles e intangibles, los cuales pueden ser evaluados y dependen del lugar donde se decida ubicar la empresa, su valor está determinado en gran medida por la localización. En este caso los métodos a emplear para evaluar la selección de un sitio son menos complejos. Las entidades que prestan servicios están orientadas a la maximización de sus ingresos, su valor depende de la localización y un elevado contacto con el cliente es crítico. De tal forma, las técnicas a emplear en este caso son más complejas.

Tendencias y estrategias futuras de localización.

Es obvio que la mayoría de los factores de localización no permanecen inalterables en el tiempo sino, más bien, todo lo contrario. El acelerado ritmo con el que se producen cambios en el entorno, una de las notas dominantes de la actualidad, está provocando que las decisiones de localización sean hoy mucho más comunes. A continuación apuntaremos algunos de los cambios que están marcando estas decisiones en la actualidad.

Uno de los fenómenos más importantes que estamos viviendo es la creciente internacionalización de la economía. Las empresas están traspasando fronteras para competir a nivel global. Las localizaciones en otros países distintos del de origen están a la orden del día para las grandes empresas. Aparecen nuevos mercados y se unifican otros. Todo ello intensifica la presión de la competencia, hace que los factores logísticos sean más complejos e importantes y que las empresas se vean obligadas a reexaminar la localización de sus instalaciones para no perder competitividad.

Al mismo tiempo, la automatización de los procesos en algunas industrias está contribuyendo a la pérdida de importancia del factor costo de la mano de obra y, por tanto, a hacer menos atractivos aquellos países o regiones con bajo nivel salarial; en cambio, la calificación, la

flexibilidad y la movilidad de la mano de obra están cobrando mayor significación. No obstante, el costo del factor trabajo sigue siendo un factor fundamental en algunas industrias y también en algunas fases de los procesos de fabricación de otras que, debido a ello, están trasladándose a países como México, Taiwán, Singapur, India y China.

Otro aspecto destacado de estos nuevos tiempos es la mejora de los transportes y el desarrollo de las tecnologías informáticas y de las telecomunicaciones, lo cual está ayudando a la internacionalización de las operaciones y está posibilitando una mayor diversidad geográfica en las decisiones de localización. Esto, unido al mayor énfasis de la competencia en el servicio al cliente, el contacto directo, el rápido desarrollo de nuevos productos y la entrega rápida, se está traduciendo en una tendencia a la localización cercana a los mercados. En lo que a la fabricación se refiere, gracias a las tecnologías flexibles, las empresas pueden optar por instalar plantas más pequeñas y numerosas.

Por último, la adopción de sistemas JIT en algunas industrias está obligando a las empresas proveedoras y clientes a localizarse en una zona próxima unos de otros para poder reducir los tiempos de transporte y realizar entregas frecuentes.

Procedimiento para la toma de decisiones de localización.

La localización de instalaciones se realiza a través de dos etapas, siendo la primera la localización general mediante el uso de métodos y la segunda etapa la selección de un punto o zona por parte del decisor a través de su sentido común (Ballou, 1991).

Según (Domínguez Machuca et. al., 1995) y (Krajewski & Ritzman, 2000), plantean un procedimiento para la localización de instalaciones, que en cualquiera de los niveles mencionados, el procedimiento de análisis de la localización abarcaría cuatro fases (Ver Figura 1), siendo el más completo el estudio realizado por (Domínguez Machuca et. al., 1995):

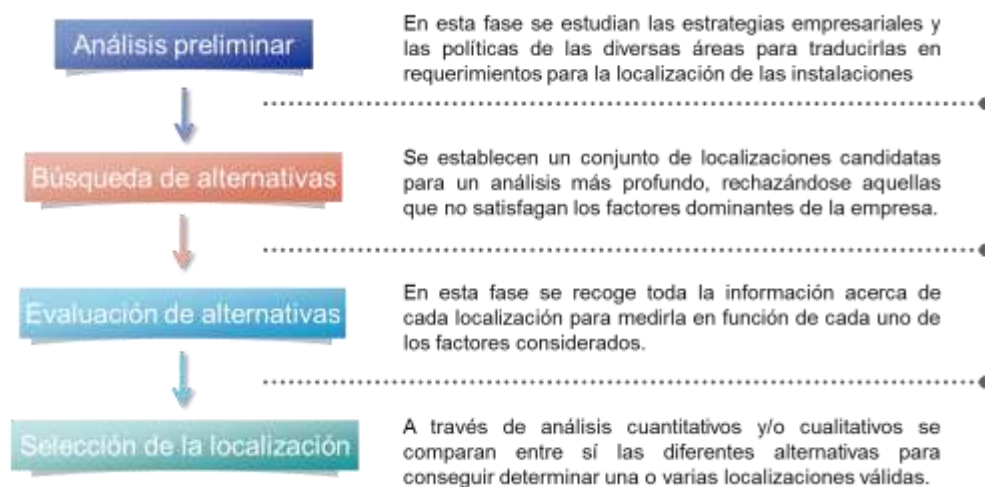


Figura 1. Fases del procedimiento de análisis de la localización. **Fuente:**(Domínguez Machuca et. al., 1995)

Factores que afectan las decisiones de localización. Clasificación.

Según (Krajewski & Ritzman, 2000) al realizar un estudio para ubicar una instalación lo más común es que se encuentren varios factores importantes para decidir cuál es el sitio más idóneo, los cuales proporcionarán un amplio campo para el estudio. Los gerentes de organizaciones de servicios y de manufactura tienen que sopesar muchos factores cuando evalúan la conveniencia de un sitio en particular, como la proximidad a clientes y proveedores, los costos de mano de obra y de transporte. Generalmente, los gerentes pueden pasar por alto cualquier factor que no cumpla por lo menos con una de las condiciones siguientes:

El factor tendrá que ser sensible a la localización, es decir, los gerentes no deben tomar en cuenta un factor que no resulte afectado por sus decisiones en materia de localización.

El factor debe tener repercusiones sobre la capacidad de la empresa para alcanzar sus metas.

Existen varias clasificaciones con respecto a los factores de localización, siendo las más empleadas: factores críticos, objetivos y subjetivos.

Factores críticos: son aquellos criterios cuya naturaleza puede hacer imposible la localización de una planta en un lugar determinado, cualesquiera que fueren las demás condiciones que pudieran existir.

Factores objetivos: son los criterios que pueden evaluarse en términos monetarios, tales como la mano de obra, la materia prima, los servicios y los impuestos.

Factores subjetivos: son los criterios que se caracterizan por un tipo cualitativo de medición. Por ejemplo, puede evaluarse la naturaleza de las relaciones sindicales y de la actividad sindical, pero no puede establecerse su equivalente monetario.

Una buena localización de una instalación requiere además de un estudio de los factores que pueden afectar desde el punto de vista mundial, nacional, o departamental; debido a que la misma obedece al grado de desarrollo de las organizaciones, ya que mientras más grandes sean, más cuidadosos deberán ser los estudios que se deben tomar en cuenta a la hora de ampliar sus operaciones («Instalación industrial», 2014).

Diferencias entre manufactura y servicio.

Las diferencias entre las operaciones de manufactura y las de servicios se dividen en ocho categorías:

Empresa Manufacturera	Empresa de Servicios
Producto físico, durable	Producto intangible, perecederos
La producción se puede inventariar	La producción no se puede inventariar
Poco contacto con el cliente	Alto contacto con el cliente
Tiempo de respuesta largo	Tiempo de respuesta corto
Mercados regionales, nacionales o internacionales	Mercados mayormente locales

Instalaciones grandes	Instalaciones relativamente pequeñas
Intensivo en capital	Intensivo en trabajo
Calidad fácil de medir	No es fácil medir la calidad

De estas 8 categorías 6 son las más importantes de identificar y son las que veremos con mayor detalle a continuación:

La primera diferencia obedece a la naturaleza material del producto. Los bienes manufacturados son productos físicos, durables.	Los servicios son productos intangibles, perecederos (a menudo consisten en ideas, conceptos o información).
La segunda diferencia se basa en que los bienes manufacturados son productos resultantes que pueden ser producidos, almacenados y transportados en previsión de la demanda futura.	En cambio los servicios no pueden producirse de antemano.
Una tercera diferencia es el contacto con el cliente. La mayoría de los clientes de productos manufacturados tienen un contacto escaso o nulo con el sistema de producción. El contacto primario con la clientela queda en manos de distribuidores y vendedores al detalle.	Sin embargo, muchas organizaciones de servicios, los propios clientes son insumos y participan activamente en el proceso (universidad, hospitales, centros de diversión, etc.).
Una diferencia conexa es el tiempo de respuesta a la demanda del cliente. Los fabricantes disponen generalmente de varios días o semanas para satisfacer la demanda del cliente.	En tanto que muchos servicios tienen que suministrarse a escasos minutos de la llegada del cliente.
Las instalaciones manufactureras atienden con frecuencia a mercados regionales, nacionales o incluso internacionales, por lo cual suelen requerir grandes instalaciones, un grado mayor de automatización y una inversión de capital más cuantiosa que las instalaciones de servicios.	En general, los servicios no pueden ser embarcados a lugares distantes, a menos de que se tenga un buen control administrativo por zona (gerentes, trabajadores, etc.).

Conclusiones de la clase:

1. Se vio la importancia de las decisiones de localización, así como sus causas y alternativas.
2. Se analizaron los factores que afectan las decisiones de localización y su clasificación, enfocándose en varios factores importantes para decidir cuál es el sitio más idóneo, los cuales proporcionarán un amplio campo para el estudio.
3. Se analizaron las diferencias entre las operaciones de manufactura y las de servicios.

Orientación del Taller #2

Se desea realizar la ubicación de una nueva instalación en el municipio de Cienfuegos, mediante diferentes métodos de localización.

Se trabajará por equipos y se utilizarán los métodos de los factores ponderados, de la media geométrica y global de localización para obtener la mejor alternativa. En la siguiente tabla se relacionan las instalaciones y las posibles ubicaciones:

Localización de instalación		
Equipo	Instalación	Posibles ubicaciones
1	Panadería	Calzada, Tulipán, Pastorita
2	Punto de venta CIMEX	Prado, Junco sur, pueblo grifo
3	Pizzería	Punta gorda, reina, la juanita
4	Bodega	Caonao, la esperanza, buena vista
5	Policlínico	Casco histórico, hermanas Giralt, O'burke
6	Servicentro	Buena vista, junco sur, reina
7	Restaurante	Calzada, tulipán, Pastorita
8	Punto ETECSA	Prado, Junco sur, pueblo grifo
9	Escuela primaria	Punta gorda, reina, la juanita
10	Escuela secundaria	Caonao, La esperanza, buena vista
11	Circulo infantil	Casco histórico, hermanas Giralt, O'burke
12	Cafetería	Buena vista, junco sur, reina
13	Joven Club de computación	Punta gótica, San Lázaro, pueblo grifo.
14	Sala de juegos	Punta gorda, casco histórico, calzada
15	Salón de belleza	Casco histórico, calzada, punta gótica

Bibliografía:

1. Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O., Negrín Sosa, E., (2006) Las decisiones de localización en la Administración de Operaciones. Monografía. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
2. Domínguez Machuca et. al. (1995). Dirección de Operaciones. McGraw-Hill. Madrid, España.
3. Multimedia "Aprendiendo Distribución en Planta"
4. PDF: Las decisiones de localización.
5. PDF: Ubicación de las instalaciones.

Sobre la presentación del caso práctico de estudio

Los informes se entregarán mecanografiados o escritos a mano dentro de una carpeta o al menos con una carátula, donde se señale lo siguiente:

- Título.
- Nombre del autor(s) del informe.
- Grupo docente.
- Fecha.

La estructura general del informe será la siguiente:

- Carátula.

- Índice.
- Resumen.
- Fundamentos teóricos.
- Materiales y métodos.
- Resultados.
- Conclusiones
- Recomendaciones.
- Bibliografía.
- Anexos.

El contenido de las partes del informe que se señalan anteriormente se explica resumidamente a continuación:

Índice

Se indicará la página donde comienza cada parte del informe.

Resumen

En una página, como máximo, se redactará un resumen de la práctica, que debe reflejar todo su contenido en forma muy breve. No se incluirán en el resumen citas bibliográficas, dibujos, ni expresiones matemáticas.

Fundamentos teóricos

Entre dos y cinco páginas se explicarán los antecedentes, objetivos y fundamentos teóricos del experimento. Se citarán adecuadamente las referencias bibliográficas. Al redactar esta parte del informe se debe tener presente que servirá para comparar con los resultados que se obtengan, por lo que las hipótesis u objetivos deben aparecer explícitamente.

Materiales y métodos

Se explicarán los métodos experimentales utilizados para la obtención de los resultados, dando los nombres de los equipos e instrumentos (en el caso que se utilicen), también se citarán las técnicas utilizadas para el procesamiento de la información obtenida durante el experimento.

Resultados

Los resultados se resumirán en tablas y gráficos, y se analizarán discutiéndose su coincidencia con los fundamentos teóricos. No se incluirán los cálculos; éstos deben aparecer en anexos, conjuntamente con las hojas de impresión de la computadora en caso de que se utilice la misma como una herramienta para el procesamiento de la información.

Conclusiones

Las conclusiones que se deriven de la discusión de los resultados experimentales se redactarán en forma concisa, especialmente las relativas a las hipótesis u objetivos enunciados en los fundamentos teóricos.

Recomendaciones

Las recomendaciones se deben referir a las posibles aplicaciones prácticas de los resultados y conclusiones y a la posible eliminación futura de las deficiencias y limitaciones encontradas durante la realización del experimento.

Bibliografía

Se presentarán los títulos de los libros consultados en orden alfabéticos por autores. Cuando se tengan referencias bibliográficas se deben citar dentro del texto.

En ambos casos (bibliografía o referencias bibliográficas) deben aparecer los siguientes datos en esta secuencia: primer apellido; coma; iniciales del nombre; si hay otros autores y siempre que no sean más de tres en total, en cuyo caso se pone “y otros”, se coloca primero la inicial del nombre y después el primer apellido; punto; título del libro; si es un artículo de revista entre comillas y el título de la revista en que aparece, precedido de la palabra en; tomo (en el caso de los libros); número; volumen y año en el caso de las revistas; casa editorial; país o ciudad en que se edita el libro o revista; año y páginas consultadas. Cada dato se separará por comas.

Anexos

En los anexos se incluirán los datos técnicos y especificaciones de los equipos e instrumentos de laboratorio empleados en el experimento, los cálculos realizados y las hojas de impresión de la computadora si se realiza el procesamiento automático de la información recopilada en el experimento.

Orientación del Seminario #1

Título: Procedimientos y factores asociados a la localización de instalaciones

Objetivos:

- Caracterizar el procedimiento general para la toma de las decisiones de localización a partir de lo expuesto por diferentes fuentes bibliográficas.
- Caracterizar y clasificar los factores que intervienen en las diferentes fases de la toma de decisiones de localización.
- Identificar las principales diferencias en la toma de decisiones de localización para empresas manufactureras y de servicio.

Tipo de seminario: Seminario de Ponencia.

Actividades:

Realizar un estudio sobre los procedimientos y factores asociados a la localización de instalaciones, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Procedimiento para la toma de decisiones de localización
- Factores que afectan las decisiones de localización. Clasificación.
- Clasificación de los factores de localización.

- Diferencias entre manufactura y servicios.

Bibliografía:

- Fichero: Las decisiones de localización.ppt
- Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O., Negrín Sosa, E., (2006) Las decisiones de localización en la Administración de Operaciones. Monografía. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- Material complementario Tema II: Localización de instalaciones DSP.L. (PDF)
- Material complementario Tema II: Las decisiones de ubicación Machuca (PDF)
- Material complementario Tema II: Cap. 9 Ubicación de las instalaciones (PDF)

Motivación para la próxima clase

En la siguiente clase se realizara la discusión del Seminario #1, en el mismo se abordaran temas como los factores que afectan las decisiones de localización, clasificación, y la diferencia entre manufactura y servicios.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Conferencia No. 3

Título: Métodos para la localización de instalaciones

Sumario:

1. Plan general de una instalación compleja.
2. Procedimiento general para el diseño conceptual del plan general de una instalación.
3. Métodos para determinar la localización de instalaciones. Clasificación.
4. Método de los factores ponderados, de la media geométrica y global de localización.
Ventajas y desventajas de su uso.

Objetivos:

1. Caracterizar y clasificar métodos para la toma de decisiones de localización de instalaciones, así como las ventajas e inconvenientes en la utilización de cada uno de ellos. (Método de los factores ponderados, de la media geométrica y global de localización).

Bibliografía:

1. Diéguez Matellán, E., et al. (2006) Métodos de localización de instalaciones. Monografía. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
2. Multimedia "Aprendiendo Distribución en Planta"
3. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.
4. Fichero: Métodos de localización de instalaciones Actividad 5.ppt

Desarrollo:

Procedimiento general para el diseño conceptual del plan general de una instalación.

Para la elaboración del plan general de la fábrica en su primera etapa es necesario un conjunto de datos o informaciones de partida, en las cuales se debe caracterizar la nomenclatura de las tareas de producción, así como la función y capacidad de las instalaciones desde el punto de vista técnico – económico.

A los principales datos de partida y características técnico – económicas fundamentales pertenecen, entre otros, los siguientes:

<i>Datos de partida</i>	<i>Características técnico-económicas</i>
1. Producción	Programa de producción por tipo de producto o pieza y en cantidad o valor para los diferentes años
2. Tecnología y gastos de tiempo de trabajo	Estructura del proceso tecnológico, volumen y estructura tecnológica de los gastos de tiempo de trabajo por cada técnica de trabajo
3. Máquinas y equipos	Necesidades de máquinas y equipos para la fábrica, así como su distribución cuantitativa en los diferentes sistemas parciales
4. Necesidades de materiales	Materiales de los grupos principales para los diferentes años. Matrices de necesidades para cada uno de los sistemas parciales
5. Necesidades de energía	Eléctrica, gas, vapor, aire comprimido, agua, etc, para los diferentes sistemas parciales, así como parámetros para su distribución
6. Fuerza de trabajo	Necesidades de fuerza de trabajo, así como su distribución en los sistemas parciales
7. Necesidades de área	Necesidades de área de los sistemas parciales (por ejemplo área de los edificios, área de almacenamiento al aire libre, etcétera)
8. Instalaciones generales	Exigencias de capacidad en instalaciones sociales, culturales, sanitarias, etc.
9. Influencias sobre el ambiente	Índices sobre la influencia del ambiente por los sistemas parciales
10. Condiciones de la microlocalización	Los parámetros que de la elección del lugar para la fábrica constituyen puntos de unión para el suministro de agua, energía eléctrica, alcantarillado, vías de transporte, etc., así como resultados geológicos de las investigaciones realizadas en el subsuelo

Pasos de trabajo para la proyección del plan general.

Como la proyección del plan general se ve afectada por múltiples factores que solo pueden ser cuantificados parcialmente, no es posible abarcar en un método único su elaboración, como sucede en otras actividades del proceso de proyección. Sin embargo, y producto del trabajo investigativo realizado en múltiples fábricas, se poseen las experiencias fundamentales para poder sintetizarlas en una metodología global para la proyección del plan general para fábricas de construcción de maquinarias. A continuación se mencionan cada uno de los pasos que conforman esta metodología:

1. Cálculo del área del terreno para la fábrica (A_G)
2. Determinación de la forma del terreno para la fábrica (f_L)
3. Ordenamiento de los edificios en las diferentes variantes
4. Fijación de las áreas de ampliación

5. Fijación de las vías de transporte y trazado de las redes técnicas
6. Selección de la microlocalización
7. Ordenamiento de las variantes en la microlocalización elegida
8. Calculo de los costos de inversión de las variantes
9. Defensa de las variantes y selección de la variante más racional y ventajosa

Nota: para profundizar más en el tema consultar el libro de **Fundamentos de la Proyección de fábricas de construcción de maquinarias.**

Métodos para determinar la localización de instalaciones. Clasificación.

Existe un área de investigación denominada teoría de la localización que arranca con Weber a principios del siglo pasado y que está resultando enormemente fértil desde los años 60, habiendo creado infinidad de métodos analíticos cuyas aflicciones se extienden más allá de la administración de empresas, lo cual la convierte en un área pluridisciplinaria (Domínguez Machuca et. al., 1995).

El desarrollo de estos métodos ha derivado que los autores clasifiquen los mismos para una mejor comprensión, estudio y aplicación. La clasificación de los métodos de localización se rige por diversos criterios como se puede observar en el siguiente recuadro:

Autores:	Clasificación:	Métodos
Buffa Elwood, S (1981)	Localización de varias plantas	Programación lineal (Matriz de distribución, Método de transporte).
	Localización en el extranjero.	Simulación Heurístico Técnica de ramificación y acotación.
Everett E. Adam & Ronald J. Ebert (1981)	Modelos cuantitativos.	Modelo matemático.
	Según problemas de localización.	Mediana simple Programación lineal Simulación
Salvendy, G. (1982)	Procedimientos de ubicación.	Procedimiento general de ubicación.
	Cuantitativos	✓ Approach del centro de gravedad.

		✓ Aproach de programación lineal.
	Otros métodos	✓ Método de Monte Carlos. ✓ Método de programación heurística.
Ballou.h Ronald (1991)	Modelos para la localización de un solo elemento en la red.	✓ Método de Weber. ✓ Método de la Cuadrícula.
	Modelos para la localización de varios almacenes.	✓ Análisis de agrupación. ✓ Modelo algorítmico. ✓ Mini modelo analítico. ✓ Uso combinado de la programación entera y la programación lineal. ✓ Simulación y muestreo. ✓ Métodos heurísticos (Modelo Kuehn-Hamburger y Modelo DISPLAN).
	Centros de servicio y puntos de venta.	✓ Lista compensada de factores. ✓ Modelo de gravedad (Huff).

		✓ Análisis de regresión.
Schroeder (1992)	1. De clasificación aditivos o multiplicativos	Modelo aditivo o multiplicativo de puntaje.
	2. De simulación o transporte	Matriz de transporte de programación lineal (Programación lineal con una estructura espacial).
	3. Ubicación de comercios competitivos.	✓ Modelo de Huff.
Domínguez Machuca, et. al. (1995)	actos	✓ Factores ponderados ✓ Centro de gravedad ✓ Mediana simple ✓ Gráficos de volumen, ingresos y costos ✓ Electra I ✓ Método del transporte, programación dinámica o programación entera.
	heurísticos	✓ Heurística de Ardalan.
	simulación	✓ Simuladores
	ubicación de una sola instalación	✓ Preferencia jerárquica. ✓ Factores ponderados.
	ubicación de varias instalaciones	✓ Método del transporte.
	localización de tiendas minoristas.	✓ Análisis de regresión estadístico. ✓ Ley de gravitación de comercio. ✓ Modelo de Huff.
Chase & Aquilano (2000)	Por niveles geográficos: en apoyo al macroanálisis.	✓ Clasificación de factores. ✓ Programación lineal. ✓ Centro de gravedad.

	2. Métodos para la toma de decisiones más complejas.	✓ Delphi.
	Para la ubicación de instalaciones de servicio	✓ Modelación por regresión. ✓ Procedimiento heurístico de Ardalán.
Seppalla (2003)	Modelos Normativos	✓ Basados en el centro de gravedad ✓ De programación lineal ✓ De simulación ✓ Heurísticas (Método de Kuehn y Hamburger (1963))
	Descriptivos	✓ Teoría del lugar central ✓ De gravedad
	Competencia espacial	

Método de los factores ponderados, de la media geométrica y global de localización.

Ventajas y desventajas de su uso.

Teniendo en cuenta que existe una gran cantidad de métodos que contribuyen a la toma de decisiones de localización de instalaciones, se analizarán aquellos que por sus características pueden ser más útiles ante diversas situaciones.

1.1. Método de los factores ponderados

Este modelo permite una fácil identificación de los costos difíciles de evaluar que están relacionados con la localización de instalaciones.

Los pasos a seguir son:

1. Desarrollar una lista de factores relevantes (factores que afectan la selección de la localización).
2. Asignar un peso a cada factor para reflejar su importancia relativa en los objetivos de la compañía.
3. Desarrollar una escala para cada factor (por ejemplo, 1-10 o 1-100 puntos).

4. Hacer que la administración califique cada localidad para cada factor, utilizando la escala del paso 3.
5. Multiplicar cada calificación por los pesos de cada factor, y totalizar la calificación para cada localidad.
6. Hacer una recomendación basada en la máxima calificación en puntaje, considerando los resultados de sistemas cuantitativos también.

La ecuación es la siguiente:

$$S_j = \sum_{i=1}^2 W_i * F_{ij}$$

Donde:

S_j : Puntuación global de cada alternativa j

W_i : Es el peso ponderado de cada factor i

F_{ij} : Es la puntuación de las alternativas j por cada uno de los factores i

1.2. Método de la Media geométrica

Este método surge con el objetivo de evitar que puntuaciones muy deficientes en algunos factores sean compensadas por otras muy altas en otros, lo que ocurre en el método de los factores ponderados. En esta técnica se emplean ponderaciones exponenciales en vez de lineales y se utiliza el producto de las puntuaciones en cada factor en vez de la sumatoria. La puntuación global de cada alternativa queda expresada como:

$$P_i = \prod P_{ij}^{w_j}$$

Donde:

P_i : es la puntuación global de cada alternativa j

P_{ij} : es la puntuación de las alternativas j por cada uno de los factores i

W_i : es el peso ponderado de cada factor i

1.3. Modelo Global de la localización

Su principal objetivo es solucionar el problema multidimensional de la localización y es empleado para ubicar una planta. En este modelo se clasifican los criterios que influyen en la localización según la estructura del mismo, así como la cuantificación de los criterios y realiza el intercambio entre ellos.

La estructura del modelo es la siguiente: para cada lugar i , se define una medida de localización (LM_i) que refleja los valores relativos para cada uno de los criterios.

$$LM_i = CFM_i \cdot [X \cdot OFM_i + (1 - X) \cdot SFM_i]$$

Donde:

CFM_i : es la medida del factor crítico para el lugar i .

$CFMi$: es igual a 0 o 1.

$OFMi$: es la medida del factor objetivo para el lugar i .

$$0 \leq OFMi \leq 1 \text{ y } \sum_i OFMi = 1$$

$SFMi$: es la medida del factor subjetivo para el lugar i .

$$0 \leq SFMi \leq 1 \text{ y } \sum_i SFMi = 1$$

X : es el peso de decisión del factor objetivo ($0 \leq X \leq 1$)

La medida del factor crítico ($CFMi$) es la suma de los productos de los índices de los factores críticos individuales para el lugar i , respecto al factor crítico j . Como el índice del factor crítico para cada lugar es 0 o 1, dependiendo de que el lugar sea adecuado o no para el factor si cualquier índice del factor crítico es 0, entonces $CFMi$ y la medida total de ubicación (LMi) también tienen valor 0. En tal caso se eliminaría el lugar i .

Ejercicios resueltos 1, 2, 3 y 4 del Folleto básico de la asignatura pág. 26 – 29

Ejercicio Resuelto #1

Un fabricante de aparatos electrónicos desea expandirse construyendo una segunda instalación. Su búsqueda se ha reducido a cuatro localizaciones, todas aceptables para la gerencia en lo que se refiere a factores dominantes o críticos. La evaluación de esos sitios, realizada en función de siete factores de localización, aparece en la siguiente tabla:

Factor de localización	Ponderación del factor (%)	Alternativas			
		A	B	C	D
Disponibilidad de mano de obra.	20	5	4	4	5
Calidad de vida	16	2	3	4	1
Sistema de transporte	16	3	4	3	2
Proximidad a los mercados	14	5	3	4	4
Proximidad a los materiales	12	2	3	3	4
Impuestos	12	2	5	5	4
Servicios públicos	10	5	4	3	3

Calcule el puntaje ponderado para cada alternativa. ¿Qué localización es la más recomendable?

Solución:

Métodos de los Factores Ponderados

$$S_j = \sum_{i=1}^m W_i \cdot F_{ij}$$

S_j = puntuación global de cada alternativa
 W_i = es el peso ponderado de cada factor i

F_{ij} = es la puntuación de las alternativas j por cada uno de los factores i

Factor de localización	Ponderación del factor (%)	Alternativas			
		A	B	C	D
Disponibilidad de mano de obra.	20	100	80	80	100
Calidad de vida	16	32	48	64	16
Sistema de transporte	16	48	64	48	32
Proximidad a los mercados	14	70	42	56	56
Proximidad a los materiales	12	24	36	36	48
Impuestos	12	24	60	60	48
Servicios públicos	10	50	40	30	30
Puntuación total	100	348	370	374	330

Basándonos en los puntajes ponderados de la tabla anterior, la mejor alternativa de localización es C

Ejercicio Resuelto #2

Una empresa de alimentos ha decidido expandir su línea de enlatados abriendo una nueva localización de fábrica. Esta expansión se debe a la capacidad limitada en su planta existente. La siguiente tabla muestra una serie de factores relevantes propuestos por la administración de la empresa para tomar la decisión de localización final, así como su importancia relativa y las calificaciones dadas según el grupo de expertos para dos ciudades de interés.

Factor de localización	Importancia relativa	Calificación (escala 1-100)	
		Ciudad A	Ciudad B
Capacitación de mano de obra	0.25	70	60
Sistema de transporte	0.05	50	60
Educación y salud	0.10	85	80
Estructura de impuestos	0.39	75	70
Recursos y productividad	0.21	60	70

Solución:

Aplicando $P_i = \sum w_j \cdot P_{ij}$ se obtienen los valores de la puntuación, como se muestra a continuación:

Factor de localización	Importancia relativa	Calificación (escala 1-100)	
		Ciudad A	Ciudad B
Capacitación de mano de obra	0.25	17.5	15.0

Sistema de transporte	0.05	2.5	3.0
Educación y salud	0.10	8.5	8.0
Estructura de impuestos	0.39	29.3	27.3
Recursos y productividad	0.21	12.6	14.7
Puntuación Total	1.00	70.4	68.0

Del análisis anterior se puede concluir que la Ciudad A es preferible para localizar la nueva planta

Ejercicio Resuelto #3

El equipo de estudio para la localización de una nueva planta de fabricación ha identificado un conjunto de criterios importantes para el éxito de la decisión; al mismo tiempo ha distinguido el grado de importancia de cada uno en términos porcentuales. Con estos criterios se procedió a evaluar cada una de las alternativas en una escala de 0 a 10. Todo esto se recoge en la siguiente tabla:

Puntuaciones de las distintas alternativas:

Factores de la localización	Ponderación	Alternativas		
		A	B	C
Proximidad a proveedores	30	7	7	10
Disponibilidad de recursos laborales	30	5	9	7
Transportes	20	9	6	6
Impuestos	15	6	6	7
Costos de instalación	5	7	8	2
Puntuación total	100	6.65	7.3	7.45

Solución:

La puntuación total para cada alternativa se calcula como la suma de las puntuaciones para cada factor ponderadas según su importancia relativa. Así, por ejemplo, la puntuación total recibida por la alternativa A se obtendría como:

$$PA = 7 \cdot 0,30 + 5 \cdot 0,30 + 9 \cdot 0,20 + 6 \cdot 0,15 + 7 \cdot 0,05 = 6,65$$

Las alternativas B y C parecen ser mejores que A, por lo que se podría rechazar esta última. Entre las 2 restantes, hay una pequeña diferencia a favor de C, aunque quizás no definitiva. Vemos que C tiene la ventaja principal de estar muy próxima a la fuente de abastecimientos de materia prima, lo cual es un factor importante, mientras que su punto débil es el coste de instalación, que es bastante elevado. Por su parte las ventajas de B residen en los costos laborales y los costos de instalación, que son mejores que los de C. en los demás criterios, transporte e impuestos, ambas están muy igualadas. A la vista de esto, podría ofrecerse a la

dirección las alternativas B y C como factibles para que esta decida en función de otros elementos. No obstante hay que señalar que la alternativa B no presenta ningún punto débil tan marcado como C, lo que podría decantar la decisión en su favor.

Ejercicio Resuelto #4

La empresa General Motors está pensando en construir una nueva planta productiva, para lo cual cuenta con varias alternativas de localización en ciudades europeas. Para decidirse entre ellas ha recabado la siguiente información (recogida en las tablas que se muestran) y considera que el peso relativo entre factores objetivos y subjetivos es de $\alpha = 0,5$.

Peso de los Factores Objetivos = **0.5**

Peso de los Factores Subjetivos = **0.5**

Factores Críticos

Ciudad	Población	Infraestructura industrial	Red de comunicaciones
1	1	1	1
2	0	1	0
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	0	1

Factores Objetivos:

Ciudad	Costo de construcción	Costo de transporte	Carga impositiva	Costo de Mantenimiento	Total
1	7.5	1	1	0.5	10
2	6.5	1.5	0.5	0.75	9.25
3	7	1.25	0.5	0.7	9.45
4	7.25	0.75	0.75	0.5	9.25
5	6	1	0.75	0.65	8.4

Factores Subjetivos:

Ciudad	Clima	Infraestructura de servicio	Infraestructura educativa	Capacitación de la fuerza de trabajo	Total
1	2	1	1	5	9
2	1	3	2	4	10
3	4	5	3	3	15
4	3	4	4	2	13
5	5	2	5	1	13

Solución:

Criterio	FC	FO	FS	Ili
----------	----	----	----	-----

1	1	1.000	0.450	0.725
2	0	0.925	0.500	0.000
3	1	0.945	0.750	0.848
4	1	0.925	0.650	0.788
5	0	0.840	0.650	0.000

Se recomienda construir la nueva planta productiva en la Ciudad 1

Conclusiones de la Clase:

Se realizó un análisis sobre el procedimiento general para el diseño del Plan general, se analizaron los diferentes métodos y sus autores, además se vieron ejemplos de los mismos específicamente los métodos de factores ponderados, media geométrica y global de localización.

Estudio Independiente:

Ejercicios propuestos 1 y 2.

Bibliografía:

Folleto Básico de la Asignatura pág. 38 – 39

Motivación para la próxima clase

La próxima actividad docente será una clase práctica, donde podrán profundizar los conocimientos adquiridos en la conferencia a través del desarrollo de ejercicios propuestos a cada equipo.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Conferencia No. 4

Título: Métodos para la localización de instalaciones.

Sumario:

1. Método del centro de gravedad
2. Método del transporte
3. Gráficos de volúmenes, ingresos y costos

Objetivos:

1. Caracterizar y clasificar métodos para la toma de decisiones de localización de instalaciones (Método del centro de gravedad, método del transporte, gráficos de volúmenes, ingresos y costos).

Bibliografía:

1. Diéguez Matellán, E., et al. (2006) Métodos de localización de instalaciones. Monografía. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
2. Fichero: Métodos de localización de instalaciones Actividad 7.ppt
3. Material complementario: Otros métodos de localización de instalaciones.ppt
4. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”
5. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.

Desarrollo:

1. Método del centro de gravedad

Puede utilizarse para la ubicación de un almacén que demanda servicio a varias tiendas detallistas, para ubicar plantas de fabricación teniendo en cuenta el punto desde donde se reciben los productos o materias primas y el punto(s) al cual(es) se dirige su salida (destino). Este método tiene en cuenta la localización de los mercados y los costos de transporte. El problema consiste en una localización central que minimice el costo total de transporte (CTT), el cual se supone proporcional a la distancia recorrida y al volumen o peso de los materiales trasladados hacia o desde la instalación, por lo que se expresa:

$$CTT = \sum c_i \cdot v_i \cdot d_i$$

c_i : es el coste unitario de transporte correspondiente al punto i

v_i : volumen o peso de los materiales movidos desde o hacia i

d_i : distancia entre el punto i y el lugar donde se encuentra la instalación

El producto $c_i \cdot v_i$ es igual al peso (w_i) o importancia que cada punto i tiene en el emplazamiento de la instalación.

Para llegar a la solución óptima puede calcularse el centro de gravedad dentro del área marcada por las distintas localizaciones. Las coordenadas que definen ese punto central se determinan empleando las expresiones siguientes:

$$\bar{x} = \frac{\sum c_i \cdot v_i \cdot x_i}{\sum c_i \cdot v_i} \quad \bar{y} = \frac{\sum c_i \cdot v_i \cdot y_i}{\sum c_i \cdot v_i}$$

Para medir las distancias se puede trabajar sobre un mapa o plano de escala. Las distancias más utilizadas son la distancia rectangular y la distancia euclídea.

La distancia rectangular se emplea cuando los desplazamientos se hacen a través de giros de 90°, es decir, siguiendo el movimiento en dos direcciones, horizontales y verticales. Llamando K al factor de escala y siendo (x, y) el lugar donde ésta se encuentra, su valor vendría dado por:

$$d_i = K(|x - x_i| + |y - y_i|)$$

Para determinar la solución óptima directamente cuando se emplea este tipo de distancia se utiliza el modelo de la mediana simple.

La distancia euclídea es la línea recta que une el punto i con el lugar ocupado por la instalación. La distancia sería la siguiente:

$$d_i = K[(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2]^{1/2}$$

Para este tipo de distancia el óptimo se encontraría en las coordenadas siguientes:

$$x^* = \sum (c_i \cdot v_i \cdot x_i / d_i) / \sum (c_i \cdot v_i / d_i) \quad y^* = \sum (c_i \cdot v_i \cdot y_i / d_i) / \sum (c_i \cdot v_i / d_i)$$

2. Método del transporte

Es una técnica de aplicación de la programación lineal, un enfoque cuantitativo que tiene como objetivo encontrar los medios menos costosos (óptimos) para embarcar abastos desde varios orígenes (fábricas, almacenes o cualquier otro de los puntos desde donde se embarcan los bienes) hacia varios destinos (cualquiera de los puntos que reciben bienes). En los problemas de localización, este método se puede emplear para el análisis de la mejor ubicación de un nuevo centro, de varios a la vez, y en general, para cualquier reconfiguración de la red.

Para utilizar el método de transportación hay que considerar los siguientes pasos:

1. Los puntos de origen y la capacidad o abasto por período, para cada uno.
2. Los puntos de destino y la demanda por período para cada uno.
3. El costo de embarque por una unidad desde cada origen hacia cada destino.

El primer paso en el procedimiento de este tipo de problema es establecer una matriz de transportación, la cual tiene como objetivo resumir de manera provechosa y concisa todos los datos relevantes y continuar los cálculos del algoritmo.

Para crear la matriz de transportación deben seguirse los siguientes pasos:

1. Crear una fila que corresponda a cada planta (existente o nueva) que se esté considerando y crear una columna para cada almacén.
2. Agregar una columna para las capacidades de las plantas y una fila para las demandas de los almacenes, e insertar después sus valores numéricos específicos.
3. Cada celda que no se encuentre en la fila de requisitos ni en la columna de capacidad representa una ruta de embarque desde una planta hasta un almacén. Insertar los costos unitarios en la esquina superior derecha de cada una de esas celdas.

En muchos problemas reales, a veces sucede que la capacidad excede a los requisitos r unidades, se agrega una columna (un almacén ficticio) con una demanda de r unidades y los costos de embarque en las nuevas celdas creadas son igual a \$0, pues en realidad esos embarques no se realizan, por lo que representan capacidad de planta no utilizada. Igualmente, si los requerimientos exceden a la capacidad por r unidades, se agrega una fila más (una planta ficticia) con capacidad de r unidades y se asignan costos de embarque iguales a los costos faltantes de las nuevas celdas. Si estos últimos costos no se conocen o su valor es el mismo para todos los almacenes, se le asigna \$0 por unidad a los costos de embarque de cada celda de la fila ficticia. La solución óptima no resulta afectada, pues el mismo faltante de r unidades se necesita en todos los casos. Para lograr que la suma de todas las capacidades sea igual a la suma de todas las demandas es que se añade una planta ficticia o

un almacén ficticio. Algunos paquetes de software los añaden automáticamente cuando el usuario introduce los datos.

Cuando la matriz inicial está conformada, el objetivo es establecer el patrón de asignación de menor costo que satisfaga todas las demandas y agote todas las capacidades. Este patrón se determina mediante el método de transporte, el cual garantiza que se hallará la solución óptima. La matriz inicial se completa con una solución que cumpla dos condiciones: sea factible y satisfaga las demandas de todos los almacenes y agote las capacidades de todas las plantas. Luego se crea una nueva matriz con una solución nueva, teniendo ésta un costo total más bajo. Este procedimiento iterativo se debe realizar hasta que no sea posible mejorar la solución anterior, cuando esto ocurra la solución óptima se ha encontrado.

En este método es obligatorio que se cumpla que el número de embarques no iguales a 0 en la solución óptima nunca sea mayor que la suma del número de planta y almacenes menos 1. En el caso que se emplee un paquete de software sólo se introducen los datos correspondientes a la primera matriz.

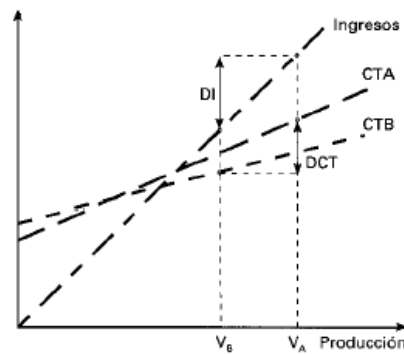
3. Gráficos de volúmenes, ingresos y costos

Distintos factores cuantitativos pueden expresarse en términos de costo total. Al localizar una determinada instalación pueden ser afectados los ingresos y los costos. El análisis del punto de equilibrio puede ser utilizado para determinar los rangos dentro de los cuales cada alternativa resulta ser la mejor. Este estudio se puede hacer matemática o gráficamente siguiendo los pasos que se enumeran a continuación:

1. Determinar los costos variables y los costos fijos para cada sitio. Recuerde que los costos variables son la parte del costo total que varía en forma directamente proporcional al volumen de producción.
2. Trazar en una sola gráfica las líneas de costo total para todos los sitios.
3. Identificar los rangos aproximados en los cuales cada una de las localizaciones provee el costo más bajo.
4. Resolver algebraicamente para hallar los puntos de equilibrio sobre los rangos pertinentes.

Ejercicios Resueltos:

Ejercicio Resuelto #5: Una empresa de servicios está analizando dos alternativas de localización, A y B, desde el punto de vista de los beneficios potenciales de cada ubicación a partir de las funciones de ingreso y costo de ambas alternativas como se muestra a continuación:



Funciones de ingreso y costo

Solución:

Puede observarse que la primera ubicación ofrece menores costos fijos que la segunda, pero que tiene un mayor costo variable unitario. La función de ingresos se supone la misma para las dos opciones, sin embargo, por tratarse de una empresa de servicios, el volumen de ventas variará con la localización, siendo el esperado en A (V_A), mayor que el B (V_B), de tal forma que en el presente caso su diferencia ($DI = I_A - I_B$) supera a la diferencia de sus respectivos costos totales ($DCT = CT_A - CT_B$). Ello hace preferible la alternativa A, pues reporta un mayor beneficio.

Ejercicio Resuelto #6: Una empresa pretende elegir una ubicación para una planta de fabricaciones en función de los costos, ya que el ingreso por ventas no se verá afectado por la misma, es decir, se supone que venderá la misma cantidad, independientemente de donde se instale. La empresa estudia cuatro posibles alternativas, para los cuales ha estimado los costos fijos y variables que aparecen en la siguiente tabla:

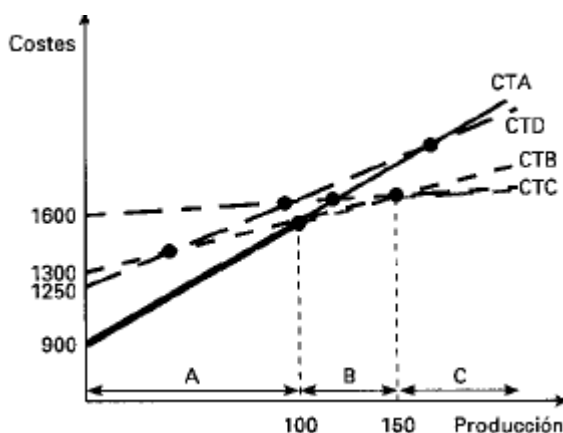
Costos fijos y variables en cada opción

Tipos de costos		Sitios a elegir			
		A	B	C	D
Fijos	Alquileres	140	200	300	250
	Impuestos	100	300	400	300
	Producción	360	400	500	350
	Otros	300	400	400	350
Totales		900	1300	1600	1250
Variables	Materiales	5	3	4	5
	Mano de obra	6	5	8	8
	Transportes	7	6	2	3
	Otros	3	3	1	3
Totales		21	17	15	19

Solución:

La opción A es la que provoca menores costos fijos, sobre todo por lo que se refiere a impuestos y alquileres. Por el contrario, el costo variable es bastante alto al tratarse de una zona más alejada, lo que provoca mayores costos de transporte de materias primas, personal, etc. La ubicación en B tiene la ventaja de ofrecer mano de obra más barata, así como aprovisionamiento bastante económico. Por lo que respecta a la alternativa C, resulta ser justamente lo contrario de A; sus costos fijos son más elevados, pero los variables son los más reducidos. El emplazamiento D por su parte, está en una posición intermedia tanto en costos fijos como en variables.

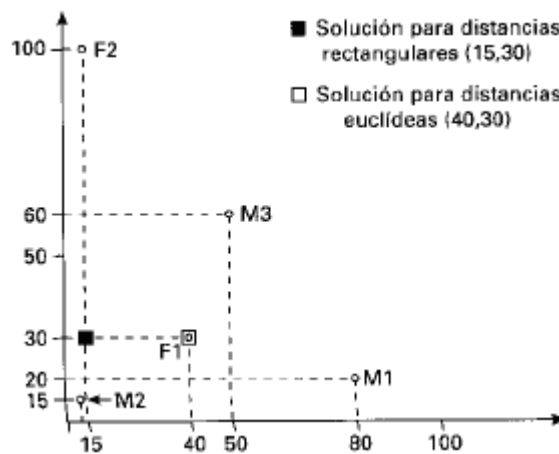
La representación de las funciones de costos en la figura siguiente, pone de manifiesto la alternativa más conveniente para cada nivel de demanda.



Funciones de costo

Puede verse como la alternativa A produce los menores costos para volúmenes de hasta 100 unidades; la B para valores comprendidos entre 100 y 150 unidades y la C para cifras superiores a 150 unidades. La alternativa D quedaría rechazada ya que se ve siempre superada por alguna de las otras.

Ejercicio Resuelto #7: Se busca una localización para una nueva planta de forma que se minimicen los costos de transporte, tanto de las materias primas como de los productos terminados. Las fuentes de abastecimiento de aquellas, F_i , y los puntos de destino de estos últimos, M_j aparecen en la siguiente figura:



Representación de los diferentes puntos

En la siguiente tabla se muestran, junto con las cantidades medias transportadas por mes (v_i), los costos unitarios (c_i), y el producto de ambos.

Puntos de origen y destino de los intercambios de la instalación.

Puntos	Coordenadas (x, y)	c_i	v_i	$c_i v_i$
F1	(40,30)	20	800	16.000
F2	(15,100)	15	1.500	22.500
M1	(80,20)	30	600	18.000
M2	(10,15)	25	900	22.500
M3	(50,60)	10	300	3.000
$\Sigma c_i v_i =$				82.000

Si se supone que los recorridos se aproximan a distancias rectangulares, trate de determinar cuál sería la localización óptima.

Solución:

A partir de la suma de los productos $c_i * v_i$ se calcula el peso medio:

$$\Sigma c_i * v_i / 2 = 82.000 / 2 = 41.000$$

Y luego se disponen los puntos en orden creciente de sus abscisas (Tabla 1) y ordenadas (Tabla 2) identificándose en cada tabla aquel cuya cantidad acumulada es la primera en superar el valor medio anteriormente calculado. Dichos valores configuran la solución buscada (15; 30) en nuestro caso.

Tabla 1: Cantidades acumuladas por abscisas crecientes.

Puntos	x_i	$c_i v_i$	$c_i v_i$ acumuladas
M2	10	22.500	22.500
F2	15	22.500	45.000
F1	40	16.000	61.000
M3	50	3.000	64.000
M1	80	18.000	82.000

Tabla 2: Cantidades acumuladas por ordenadas crecientes.

Puntos	y_i	$c_i v_i$	$c_i v_i$ acumuladas
M2	15	22.500	22.500
M1	20	18.000	40.500
F1	30	16.000	56.000
M3	60	3.000	59.500
F2	100	22.500	82.000

Ejercicio Resuelto #8: HiOctane Refinery Company necesita ubicar una instalación de almacenamiento intermedia entre su planta de refinamiento en Long Beach y sus principales distribuidores. Las coordenadas y los consumos de los diferentes distribuidores y de la planta son las siguientes:

Lugar	Coordenadas		Consumos litros/mes en millones
	X	Y	
Long Beach	325	75	1500
Anaheim	400	150	250
LaHabra	450	350	450
Glendale	350	400	350
Thousand Oaks	25	450	450
Total			3000

Solución:

Se utiliza el método del centro de gravedad cuyas fórmulas son:

$$C_x = \frac{\sum d_{ix} \cdot V_i}{\sum V_i}$$

$$C_y = \frac{\sum d_{iy} \cdot V_i}{\sum V_i}$$

Sustituyendo valores:

$$C_x = (325 \cdot 1500) + (400 \cdot 250) + (450 \cdot 450) + (350 \cdot 350) + (25 \cdot 450) / 1500 + 250 + 450 + 350 + 450$$

$$C_x = 923750 / 3000$$

$$C_x = 307,92$$

$$Cy = (75 \cdot 1500) + (150 \cdot 250) + (350 \cdot 450) + (400 \cdot 350) + (450 \cdot 450) / 1500 + 250 + 450 + 350 + 450$$

$$Cy = 650000 / 3000$$

$$Cy = 216,67$$

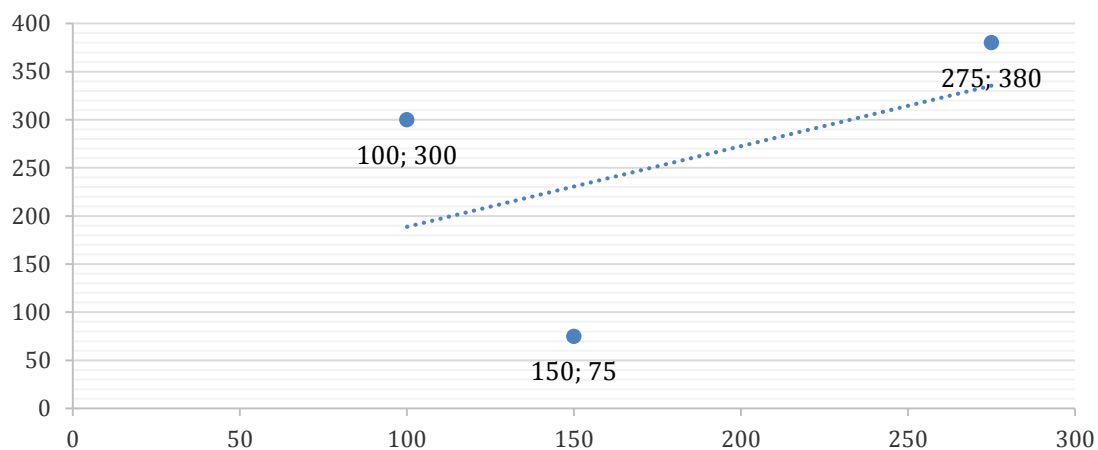
Punto de ubicación: (308; 217)

A partir de estos valores, se podría plantear la ubicación definitiva en lugares próximos al punto calculado.

Ejercicio Resuelto #9: Cool Air, fabricante de aire acondicionado para automóviles, actualmente produce su línea XB-300 en tres ubicaciones diferentes: la Planta A, la Planta B y la Planta C. Recientemente la gerencia decidió construir todos los compresores -que son un componente importante del producto- en una instalación independiente, dedicada exclusivamente a eso: la Planta D. Con base en el método del centro de gravedad y la información que aparece en los cuadros 1 y 2, determine la ubicación óptima de la Planta D. Suponga una relación lineal entre volúmenes despachados y costos de despacho.

Planta	Coordenadas	
	X	Y
A	150	75
B	100	300
C	275	380

Cuadro 1. Matriz de ubicación de la planta



Cuadro 2. Cantidad de compresores requeridos por cada planta

Planta	Compresores requeridos por año
A	6000
B	8200
C	7000

Planta	Coordenadas		Compresores requeridos por año
	X	Y	
A	150	75	6000
B	100	300	8200
C	275	380	7000
Total			21200

Solución: Método del Centro de Gravedad

Sustituyendo valores:

$$Cx = (150 \cdot 6000) + (100 \cdot 8200) + (275 \cdot 7000) / 6000 + 8200 + 7000$$

$$Cx = 3645000 / 21200$$

$$Cx = 171,93$$

$$Cy = (75 \cdot 6000) + (300 \cdot 8200) + (380 \cdot 7000) / 6000 + 8200 + 7000$$

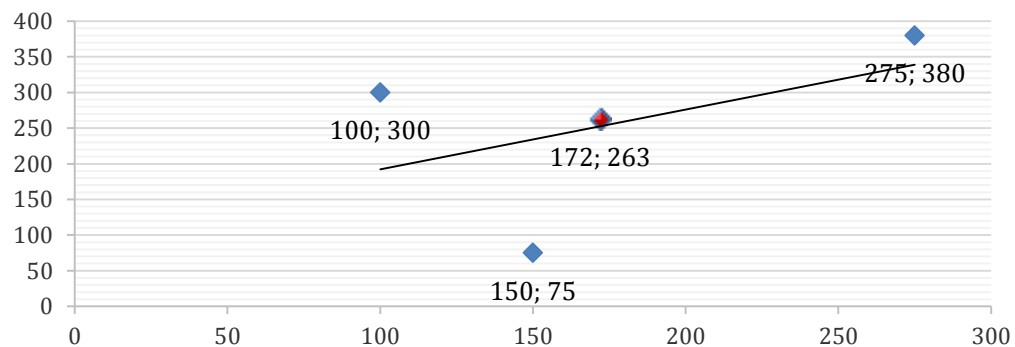
$$Cy = 5570000 / 21200$$

$$Cy = 262,74$$

Punto de ubicación: (172; 263)

A partir de estos valores, se podría plantear que la ubicación definitiva de la nueva planta sería en lugares próximos al punto calculado, como se muestra en el gráfico.

Ubicación Óptima de la Planta



Ejercicio Resuelto #10: Para la localización de una industria se han preseleccionado 4 lugares entre los que hay que elegir cual es el más adecuado. Para ello se han analizado posibles costos, los cuales se detallan a continuación:

Costos fijos

Sitios a elegir

	A	B	C	D
Alquileres	140	200	300	250

Impuestos	100	300	400	300
Producción	360	400	500	350
Otros	300	400	400	350
Totales	900	1300	1600	1250

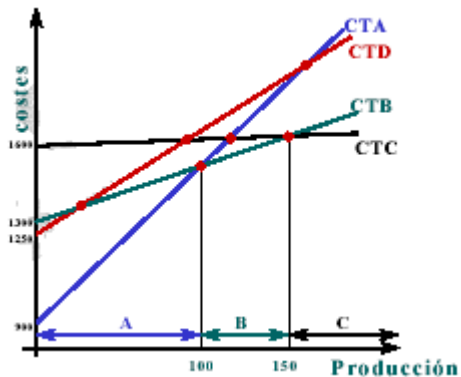
Costos variables

Sitios a elegir

	A	B	C	D
Materiales	5	3	4	5
Mano de obra	6	5	8	8
Transportes	7	6	2	3
Otros	3	3	1	3
Totales	21	17	15	19

Solución:

Representando gráficamente los datos se obtiene:

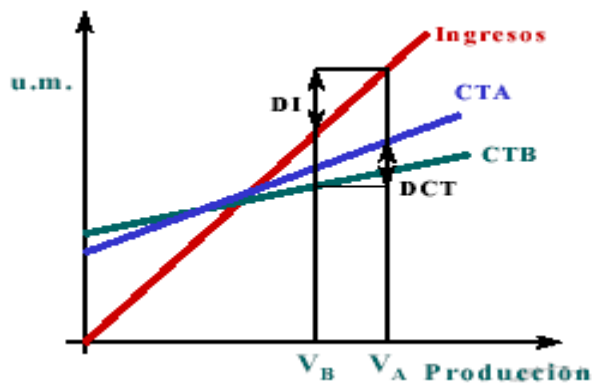


De donde se concluye que para volúmenes de producción inferiores a 100 la solución es ubicar en A; para valores entre 100 y 150 en B y para mayores de 150 en C.

Ejercicio Resuelto #11: A partir de la información ofrecida en el ejercicio anterior determine la mejor alternativa de localización, si los ingresos por unidad varían de una localización a otra.

Solución:

Si los ingresos por unidad varían de una localización a otra, entonces estamos ante un problema de gráficos de volúmenes, ingresos y costos con ingresos dependientes de la localización por lo que los valores de ingresos deben ser incluidos, y las comparaciones deben ser hechas con base en ingresos totales menos costos totales en cada ubicación.



Dos alternativas de localización A y B

$$DI = I_A - I_B$$

$$DCT = CT_A - CT_B$$

Conclusiones de la clase

Se analizaron otros métodos de localización de instalaciones y se vieron ejemplos de cómo aplicarlos en la práctica diaria.

Estudio Independiente

Ejercicios propuestos 5, 6, 7 y 9 pág. 40 – 42

Ejercicios resueltos 12 y 13 pág. 35 – 36

Bibliografía:

Folleto básico de la asignatura

Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel

Motivación para la próxima clase

La próxima actividad docente será una clase práctica, donde podrán profundizar los conocimientos adquiridos en la conferencia a través del desarrollo de ejercicios propuestos a cada equipo.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Conferencia No. 5

Tema 3: Factores que intervienen en una distribución en planta.

Título: Factores que intervienen en una distribución en planta.

Sumario:

1. Factores que intervienen en una distribución en planta.
2. Factores a considerar en la selección del equipamiento.
3. Métodos para la determinación de maquinarias, equipos, puestos de una instalación.

Objetivos:

1. Identificar los principales factores que influyen en una distribución en planta y los métodos para la determinación de las necesidades de los mismos.

Bibliografía:

1. Gómez Figueroa, Diéguez Matellán (2007), Ingeniería de proyecto.

2. Woithe, G. & Hernández Pérez, G. (1986). Fundamentos de la Proyección de Fábricas de Producción de Maquinarias (parte I). Editorial Pueblo y Educación.
3. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”
4. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.

Desarrollo:

1. Factores que determinan la distribución en planta.

Al diseñar una distribución en planta, es necesario conocer la totalidad de los factores implicados en la misma, así como sus interrelaciones. La influencia e importancia relativa de los mismos puede variar con cada organización y situación concreta; en cualquier caso la solución adoptada para la distribución en planta debe conseguir un equilibrio entre las características y consideraciones de todos los factores, de forma que se obtengan las máximas ventajas. De manera agregada los factores que tienen influencia sobre cualquier distribución en planta pueden encuadrarse en ocho grupos, los cuales serán comentados a continuación:

Los materiales

Dado que el objetivo fundamental del subsistema de operaciones es la obtención de los bienes y servicios que requiere el mercado, la distribución de los factores productivos dependerá necesariamente de las características de aquellos y de los materiales sobre los que haya que trabajar. A este respecto son factores fundamentales a considerar el tamaño, forma, volumen, peso y características físicas y químicas de los mismos, que influyen decisivamente en los métodos de producción y en las formas de manipulación y almacenamiento. La bondad de una distribución en planta dependerá en gran medida de la facilidad que aporta en el manejo de los distintos productos y materiales con los que trabaja.

Por último habrán de tenerse en cuenta la frecuencia y el orden en el que se han de efectuar las operaciones, puesto que esto dictará la ordenación de las áreas de trabajo y los equipos, así como la disposición relativa de unos departamentos con otros, debiéndose prestar también especial atención, como ya se ha apuntado, a la variedad y cantidad de los ítems a producir.

La maquinaria

Para lograr una distribución adecuada es indispensable tener información respecto a los procesos a emplear, a la maquinaria, utillaje y equipos necesarios, así como la utilización y requerimientos de los mismos. La importancia de los procesos radica en que estos determinan directamente los equipos y máquinas a utilizar y ordenar. El estudio y mejora de métodos queda tan estrechamente ligado a la distribución en planta que, en ocasiones, es difícil discernir cuales de las mejoras conseguidas en una redistribución se deben a esta y cuales a la mejora del método de trabajo ligado a la misma. (Inclusive hay veces en que la mejora en el método se limitará a una reordenación o redistribución de los elementos implicados).

En lo que se refiere a la maquinaria, se habrá de considerar su topología y el número existente de cada clase, así como el tipo y cantidad de equipos y utillaje. El conocimiento de factores relativos a la maquinaria en general, tales como espacio requerido, forma, altura y peso, cantidad y clase de operarios requeridos, riesgos para el personal, necesidad de servicios auxiliares, etc., se muestra indispensable para poder afrontar un correcto y completo estudio de distribución en planta.

La mano de obra

También la mano de obra ha de ser ordenada en el proceso de distribución, englobando tanto la directa, como la de supervisión y demás servicios auxiliares. Al hacerlo, debe considerarse la seguridad de los empleados, junto con otros factores, tales como iluminación, ventilación, temperatura, ruidos, etc. De igual forma, habrá de estudiarse la calificación y flexibilidad del personal requerido, así como el número de trabajadores necesarios en cada momento y el trabajo que habrán de realizar. De nuevo surge aquí la estrecha relación del tema que nos ocupa con el diseño del trabajo, pues es clara la importancia del estudio de movimientos para una buena distribución de los puestos de trabajo.

También son claras las interconexiones que se establecen con el Subsistema de Recursos Humanos, pues hay que tener en cuenta los aspectos psicológicos y personales de los trabajadores, la incidencia en la motivación de las distintas distribuciones (especialmente las asociadas a los trabajos monótonos) y que la distribución ha de acoplarse a la organización de la empresa. En ese sentido, no se debe dar por sentado que los operarios se adaptarán sin dificultades y-o de buen grado a las distribuciones y redistribuciones adoptadas; algunas veces será posible, otras necesitarán ayuda y en ocasiones tendrán que ser remplazados. A veces, incluso, será la propia filosofía de los mandos la que habrá de cambiar. En el caso de la distribución en planta, como en otros muchos aspectos organizativos en los que el hombre juega un papel activo, su éxito o fracaso no solo dependerá de su eficiencia per se, sino del grado de acogida con que cuente entre el personal.

El movimiento

En relación con este factor hay que tener presente que las manipulaciones no son operaciones productivas, pues no añaden ningún valor al producto. Debido a ello, hay que intentar que sean mínimas y que su realización se combine en lo posible con otras operaciones, sin perder de vista que se persigue la eliminación de los manejos innecesarios y antieconómicos. Se ha de establecer un modelo de circulación a través de los procesos que sigue el material, de forma que se consiga el mejor aprovechamiento de hombres y equipos y una disminución de los costos de espera innecesarios, planificando el movimiento de entrada y salida de cada operario en el mismo orden en que el material es procesado, tratado o montado. De esta forma se

considerará la entrada de materiales o acceso a la planta, la salida de estos a lugares de embarque, así como los movimientos de materiales auxiliares, maquinarias y mano de obra.

Las esperas

Uno de los objetivos que se persiguen al estudiar la distribución en planta es conseguir que la distribución de materiales sea fluida a lo largo de la misma, evitando así el costo que suponen las esperas y demoras que tienen lugar cuando dicha circulación se detiene. Ahora bien, el material en espera no siempre supone un costo a evitar, pues en ocasiones, puede proveer una economía superior (por ejemplo: protegiendo la producción frente a demora de entregas programadas, mejorando el servicio a clientes, permitiendo lotes de producción de tamaño más económico, etc.), lo cual hace necesario que sean considerados los espacios necesarios para los materiales en espera. Solo cuando esta se hace en la misma área de producción, se habla de espera o demora. Cuando el material espera en un área determinada, dispuesta aparte y determinada a tal fin, se hablará de almacenamiento. Ambos quedarán justificados por una economía y servicio a la producción, aunque, al ser considerados en el diseño de la distribución, esta deberá justificar la ociosidad de los mismos.

En la distribución en planta deberá determinarse la situación de los puntos de espera, que estarán apartados o inmediatos al circuito de flujo, o bien dentro de un circuito de flujo ampliado o alargado. Además deberán considerarse aspectos tales como el espacio requerido, los métodos y equipos de almacenamiento, las características del material, los costos que se generan, etc. El espacio requerido dependerá fundamentalmente de la cantidad de material y de los métodos de almacenamiento, así como del método de colocación.

Los servicios auxiliares

Los servicios auxiliares permiten y facilitan la actividad principal que se desarrolla en una planta. Entre ellos podemos citar los relativos al personal (por ejemplo: la inspección y control de calidad) y los relativos a la maquinaria (por ejemplo: mantenimiento y distribución de líneas de servicios auxiliares). Estos servicios aparecen ligados a todos los factores que forman parte de la distribución, estimándose que aproximadamente un tercio de cada planta o departamento suele estar dedicado a los mismos.

Con gran frecuencia el espacio dedicado a labores no productivas es considerado un gasto innecesario, aunque los servicios de apoyo sean esenciales para la buena ejecución de la actividad principal. Por ello es especialmente importante que el espacio ocupado por dichos servicios asegure su eficiencia y que los costos indirectos que suponen queden minimizados.

El edificio

La consideración del edificio es siempre un factor fundamental en el diseño de la distribución en planta, pero la influencia del mismo será determinante si este ya existe en el momento de proyectarla. En este caso, su disposición espacial y demás características (por ejemplo:

número de pisos, forma de la planta, localización de ventanas y puertas, resistencia de suelos, altura de techos, emplazamiento de las columnas, escaleras, montacargas, desagües, tomas de corriente, etc.) se presenta como una limitación a la propia distribución del resto de los factores, lo que no ocurre cuando el edificio es de nueva construcción pues, en tal caso, es este el que se proyecta de forma que se adapte a las necesidades de la distribución, la cual podrá plantearse en un principio con mucha mayor libertad. En este último caso, la primera decisión será optar por un edificio especial (a la medida del proceso) o por uno de aplicación general (en el que se puedan fabricar diferentes productos). Estos últimos tienen la ventaja derivada de su adaptabilidad y posibilidad de reventa si fuera necesario, lo cual limita el uso de los de aplicación especial a aquellos casos en los que es absolutamente necesario.

Los cambios

Como ya comentamos anteriormente, uno de los objetivos que se persiguen con la distribución en planta es su flexibilidad. Es por tanto ineludible la necesidad de prever las variaciones futuras para evitar que los posibles cambios en los restantes factores que se han enumerado lleguen a transformar una distribución en planta eficiente en otra anticuada que merme beneficios potenciales. Para ello habrá que comenzar por la identificación de los posibles cambios y su magnitud, buscando una distribución capaz de adaptarse dentro de unos límites razonables y realistas.

La flexibilidad se alcanzará en general, manteniendo la distribución original tan libre como sea posible de características fijas, permanentes o especiales, permitiendo la adaptación a las emergencias y variaciones inesperadas de las actividades normales del proceso sin necesidad de tener que ser reordenada (proporcionando equipos suplentes, estableciendo rutas de flujo sustitutivas y estacionamiento de existencias o stocks de compensación en períodos de horas extras o turnos adicionales, etc.) y a través de la capacidad para manejar variedad de productos y/o cantidades diferentes. El desarrollo de los equipos de producción flexibles facilita la consecución de este objetivo.

Asimismo, es fundamental tener en cuenta las posibles ampliaciones futuras de la distribución y sus distintos elementos, considerando además los cambios externos que pudieran afectarla y la necesidad de conseguir que durante la redistribución sea posible seguir realizando el proceso productivo.

Se ha expuesto hasta aquí un resumen de las principales consideraciones a tener en cuenta respecto a los factores que entran en juego en un estudio de distribución en planta. Son notorias las conexiones que existen entre materiales y almacenamiento, movimiento y esperas, servicios y material, mano de obra, maquinaria y edificio, existiendo otros muchos ejemplos que muestran que en muchas ocasiones deberán tenerse presentes a la vez más de uno de los factores estudiados. Lo importante es que no se obvie ninguno, dándole a cada uno

su importancia relativa dentro del conjunto y buscando que en la solución final se consigan las máximas ventajas del conjunto.

2. Factores a considerar en la selección del equipamiento.

La capacidad productiva de una instalación para ejecutar un determinado programa de producción, está dada fundamentalmente por la maquinaria y el equipamiento general que esta posee. Dicha capacidad se fija desde la etapa misma de la proyección de la instalación, mediante la determinación de las necesidades de maquinarias, equipos y puestos de trabajo en general. Estas necesidades se fijan a partir del programa de producción prevista y del proceso tecnológico fijado para cada uno de los productos que comprende el programa.

La selección primaria de los medios de trabajo se obtiene a partir de la fijación del proceso tecnológico de los productos o piezas que componen el programa de producción. No obstante para la selección de los mismos debe considerarse un conjunto de factores que se clasifican en cuatro grandes grupos:

1. Factores dependientes de las piezas o productos que se elaborarán.
2. Factores dependientes del equipamiento que se utilizará.
3. Factores económico-organizativos.
4. Factores medioambientales.

Dentro de estos grupos los más importantes son:

- Dimensiones, material y peso de las piezas o productos a elaborar.
- Tipo y forma de la materia prima o semiproducto, complejidad y precisión de la elaboración.
- Especialización y grado de automatización requerido del equipamiento.
- Volumen de producción anual de las piezas o producto que se fabricarán.

3. Métodos para la determinación de maquinarias, equipos, puestos de trabajo en una instalación.

En el cálculo de las necesidades de equipos y maquinarias se destacan dos métodos en dependencia del nivel o fase de la proyección de que se trate, así como de la exactitud requerida en los resultados:

1. Métodos de los índices.
2. Método Detallado.

2.1.1 Método de los índices

Basado en la utilización de índices técnico-económicos. Se considera un método no detallado (global); se usa como regla en aquellos proyectos donde las condiciones específicas demandan de programas globales o indiferentes de producción.

$$N_e *_{total} = \frac{V_{p_{anual}}}{I_{rend} * t} (1 \pm K_f)$$

Ne- necesidades calculadas totales de máquinas, equipos y puestos de trabajo en general, para la elaboración del programa de producción previsto.

Vp - volumen total de producción anual previsto, en t/año, MP/año, etcétera.

I_{rend}- índice promedio de rendimiento de una unidad de maquinaria, equipo o puesto de trabajo en general, tomado de datos históricos de la misma fábrica o de fábricas tomadas como comparación por turno de trabajo en t / máquina, MP/ máquina, etc.

t - Número de turnos de trabajo previstos en la fabricación que se proyecta o reconstruye (s = 1, 2, 3).

k_f- factor de corrección de índice utilizado (lo fija el proyectista de acuerdo con las condiciones específicas del proyecto en cuestión y la fuente de obtención del índice.

$$\overline{I_{rend}} = \frac{V_{p'_{anual}}}{N_{e'} * t'_f}$$

Vp'- volumen de producción anual elaborado en la propia fábrica en períodos anteriores (en el caso de reconstrucciones) o en la fábrica tomada como comparación (para la proyección de una nueva instalación). En t/año, MP/año, etc.

Ne'- cantidad total de equipos, máquinas y puestos de trabajo en general, que participaron directamente en la elaboración del programa anual de producción considerado Vp'.

t_f' - factor de turno.

$$t'_f = \frac{\sum_{s=1}^3 (N_{e'_t} * t'_s)}{\sum_{s=1}^3 N_{e'_t}}$$

Ne'- total de máquinas, equipos y puestos de trabajo en general que participaron directamente en la elaboración del programa de producción considerado como referencia en los (t) turnos.

t' - número de turnos que trabajan las máquinas, etc., en la producción considerada como referencia (s = 1, 2, 3).

Al aplicar el método se precisa, en todos los casos, que los valores de Ne sean redondeados a valores enteros. Para redondear se utiliza la regla de decisión siguiente:

	R1	R2	R3	R4
Cuando Ne	≤ 1	≤ 1,1. (Ne)	> 1,1.(Ne)	≥ 10
Entonces Ne	1	Ne	Ne + 1	Ne

2.1.2 Método detallado.

Se aplica para la determinación detallada de las necesidades de maquinaria, equipos y puestos de trabajo fundamentalmente cuando existen las condiciones que justifican la utilización de programas detallados de producción en correspondencia con el diseño detallado de los procesos tecnológicos y el cálculo de los gastos de tiempos de trabajo mediante normativas.

$$Ne_{ki} = \frac{Te_{total}}{Ft_{real}}$$

$$Ft_{real} = [D_A - (D_s/2 + D_d + D_F)] \cdot (h_t \cdot t - t_{pp}) - (t_{st} + t_{so} + t_{np})$$

Ne_{ki} - necesidades calculadas de máquinas o equipos del tipo k en el paso de trabajo i.

Ft_{real} - fondo de tiempo real, representa la cantidad de tiempo real de que dispone una máquina o equipo para realizar la parte del programa productivo que le corresponde.

D_A - días al año (365)

D_s - días sábados al año (52)

D_d - días domingos al año (52)

D_f - días feriados.

h_t –horas/turno

t – turnos/día

t_{pp} – tiempo de pausas pagadas.

t_{st} - tiempo de servicios técnicos.

t_{so} - tiempo de servicios organizativos.

t_{np} - tiempo de necesidades personales.

$$n_{ci} = \frac{te_{(total)i}}{Ne_{ki} \cdot Ft_{(real)k}} \cdot 100$$

n_{cik} – índice de carga, representa en qué medida la máquina o equipo considerado está empleado en el trabajo respecto a su tiempo disponible para realizarlo.

Conclusiones de la clase:

Se analizaron los principales factores que intervienen en la distribución especial de una planta y se analizaron los métodos para la determinación de maquinarias, equipos, puestos de trabajo.

Estudio Independiente:

Estudiar ejercicio resuelto 1, 2 pág. 54 – 58

Resolver ejercicio propuesto 1 – 4 pág. 60 – 62

Bibliografía:

1. Gómez Figueroa, Diéguez Matellán (2007), Ingeniería de proyecto.

2. Woithe, G. & Hernández Pérez, G. (1986). Fundamentos de la Proyección de Fábricas de Producción de Maquinarias (parte I). Editorial Pueblo y Educación.
3. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”
4. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.

Tarea Extraclase:

El profesor orientará la formación de equipos de proyectos para la evaluación de este tema y el siguiente. El estudiante seleccionará una instalación en el municipio que tomará como referencia para hacer su distribución en planta, determinado previamente los factores que intervienen en la misma. Dicha instalación solo servirá de referencia para que los estudiantes obtengan los datos del proyecto: producto, procesos, tiempo de elaboración por procesos, etc.

Motivación para la próxima clase

La próxima actividad docente será una clase práctica, donde podrán profundizar los conocimientos adquiridos en la conferencia a través del desarrollo de ejercicios propuestos a cada equipo.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Conferencia No. 6

Título: Métodos para la determinación de maquinarias, equipos, puestos y fuerza de trabajo en una instalación. Cálculo de las necesidades de materiales y áreas.

Sumario:

1. Métodos para la determinación fuerza de trabajo en una instalación.
2. Métodos para la determinación de las necesidades de materiales en una instalación.
3. Métodos para la determinación de las necesidades de áreas en una instalación.

Objetivos:

1. Caracterizar e identificar métodos para la determinación de maquinarias, equipos, puestos y fuerza de trabajo en una instalación

Bibliografía:

1. Gómez Figueroa, Diéguez Matellán (2007), Ingeniería de proyecto
2. Woithe, G. & Hernández Pérez, G. (1986). Fundamentos de la Proyección de Fábricas de Producción de Maquinarias (parte I). Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. Cuba.
3. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.
4. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”

Desarrollo:

- 3. Métodos para la determinación fuerza de trabajo en una instalación.**

Unido a la fijación del proceso tecnológico y a la determinación de los gastos de tiempo necesario para la elaboración de los planes de producción, se pueden determinar las necesidades de fuerza de trabajo directa, como base del cálculo de la fuerza de trabajo total a partir de los métodos que se exponen a continuación:

1. Método de los índices.
2. Método basado en el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo mediante normativas.
3. Método de asignación a puestos de trabajo.

2.2.1 Método de los índices

Por su carácter este método es considerado global y por tanto de aplicación fundamental en las fases iniciales de la proyección. Pueden diferenciarse dos variantes de cálculo, en función del tipo de índice que se utilice, o sea, mediante índices de productividad de la fuerza de trabajo o índices sumarios de los gastos de tiempo de trabajo.

2.2.1.1 Índices de productividad de la fuerza de trabajo

Estos índices pueden obtenerse de producciones comparativas, entre otras fuentes, y expresan el resultado promedio en unidades físicas o en valor, alcanzado por un obrero o trabajador en general en un período de tiempo considerado (usualmente en un año). No obstante que su aplicación fundamental se lleva a cabo con el objetivo de determinar las necesidades de obreros directos a la producción, puede ser utilizado también en todos aquellos casos donde puedan cuantificarse racionalmente los resultados obtenidos por la fuerza de trabajo (por ejemplo: obreros auxiliares, personal de servicio, etc.).

$$O_{DP} = \frac{Vp_j}{I'_{Prod} (1 + k_{pt})^n}$$

Donde:

O_{DP} - obreros directos de producción.

Vp_j - volumen de producción anual previsto para la instalación que se proyecta o reconstruye, en t/año, MP/año, unidades/año.

k_{pt} - coeficiente de aumento de la productividad del trabajo de los obreros directos de producción en el período considerado.

I'_{prod} - índice de productividad del trabajo de los obreros directos de producción (valor promedio por obrero) en el período considerado, tomado de producciones comparativas u otras fuentes, en t/obrero-año, MP/obrero-año, unidades/obrero- año.

$$I'_{prod} = \frac{Vp'_j}{O'_{DP}}$$

Vp'_j - volumen de producción anual obtenido en la instalación tomada como comparación en el período de tiempo considerado (en t/año, MP/año, etc.).

O'_{DP} - número de obreros directos de producción que intervinieron para lograr resultados productivos Vp'_j en la instalación tomada como referencia en el período de tiempo considerado.

2.2.1.2 Índices sumarios de los gastos de tiempo de trabajo

Esta variante del método se basa en el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo requeridos para la elaboración de una determinada producción utilizando índices sumarios.

Para el cálculo de las necesidades de obreros directos de producción es válida la expresión:

$$O_{DP} = \frac{t_{effect(total)}}{Ft_{(anual)OD}}$$

Donde:

$t_{effect(total)}$ - gasto de tiempo de trabajo total requerido para la elaboración de la producción prevista, calculado sobre la base del tiempo efectivo y mediante índices sumarios, en h/año.

$Ft_{(anual)OD}$ - fondo de tiempo anual disponible promedio de un obrero directo de producción, en h/año.

2.2.2 Método basado en el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo mediante normativas.

Este método se utiliza fundamentalmente para calcular, en forma detallada, las necesidades de obreros directos de producción. Para su aplicación se parte de los gastos de tiempo de trabajo necesarios para elaborar el programa de producción previsto para la instalación que se proyecta o reconstruye, calculados en forma detallada, según el caso de que se trate y para la especialidad (cargo) correspondiente al paso o técnica de trabajo i , fijada en el proceso tecnológico de cada pieza, y en general del programa de producción. Para estos propósitos es válida la expresión:

$$O_{DP_i} = \frac{\sum_{j=1}^e t_{N_{ij}}}{Ft_{(anual)ODi} \cdot k_{cni} \cdot (1 + k_{pt})^n}$$

$$Ft_{(anual)ODi} = [D_A - (D_S / 2 + D_D + D_F)] \cdot h_t - (t_v + t_{enf} + t_{aus} + t_{des} + t_{otros})$$

Donde:

O_{DP_i} - número de obreros directos de producción correspondientes al paso o técnica de trabajo i.

$Ft_{(anual)ODi}$ - fondo de tiempo anual disponible de un obrero directo de producción en el paso o técnica de trabajo i, en h/año.

4. Métodos para la determinación de las necesidades de materiales en una instalación.

Como una necesidad más de dimensionamiento dentro del proceso de proyección de instalaciones industriales, se realiza el cálculo de las necesidades de materiales sobre la base de un programa de producción perspectivo a partir de los siguientes métodos:

- Cálculo de las necesidades materiales mediante normativas de consumo de materiales de cada tipo.
- Cálculo de las necesidades materiales mediante índices sumarios y estructura de materiales.
- Cálculo global del monto de gastos por concepto de materiales.

Cálculo de las necesidades de materiales mediante normativas del consumo de materiales de cada tipo.

Se utiliza fundamentalmente en correspondencia con programas productivos detallados y reducidos, sobre la pieza o representante tipo de cada grupo formado.

$$M_y = \sum_{j=1}^e (Nc_{yj} \cdot Vp_j) + M_{sy}$$

M_y - necesidades totales de materiales del grupo principal y, en kg/año.

Nc_{yj} - normativa de consumo de material del grupo principal y en el producto o pieza j, en kg/producto, kg/pieza, kg/t.

Vp_j - volumen de producción anual del producto o pieza j previsto en el programa, en unidades/año, t/año.

M_{sy} - consumo anual (total) de materiales para la producción auxiliar y otros fines.

$$M_{sy} = B * m_{sy}$$

m_{sy} - índice sumario del consumo de materiales auxiliares del grupo principal y, en kg/unidad de referencia.

B- base de cálculo correspondiente.

$$m'_{sy} = \frac{M'_{sy}}{B'}$$

M'_{sy} - consumo total de materiales auxiliares del grupo principal y en la fábrica, taller o producción tomada como referencia en un período considerado, en kg/año;

B' - base de cálculo correspondiente de la fábrica, taller o producción tomada como referencia.

Cálculo de las necesidades de materiales mediante índices sumarios y de estructura de materiales.

A diferencia del anterior, este constituye un método de cálculo de carácter global.

$$M = Vp * k_e * 1000$$

M - necesidades totales de materiales directos para la elaboración del programa de producción anual, en kg/año;

Vp - volumen anual de producción previsto, en t/año;

k_e - índice sumario de consumo de materiales por una unidad del programa de producción.

$$k'_e = \frac{\sum_{j=1}^e Vp'_j \cdot k'_{ej}}{\sum_{j=1}^e Vp'_j}$$

k_e - coeficiente de entrada de materiales obtenido como una media ponderada de una producción comparativa.

Vp' - volumen de producción anual del tipo de producto o pieza j , en t/año.

k'_{ej} - coeficiente de entrada de materiales, individual para cada producto o pieza j del programa tomado como referencia.

$$M = 1000 * Vp * k'_e * (1 \pm k_f)$$

k_f -factor de corrección del índice utilizado (fijado por el proyectista)

5. Métodos para la determinación de las necesidades de áreas en una instalación.

La magnitud del área que abarca una instalación industrial influye no solo en los costos de la instalación, sino también en gran medida en los costos de producción, así como en las condiciones de trabajo creadas en la instalación. Cada porción de área planeada no

utilizada provoca, entre otros efectos económicos negativos, el aumento de los recorridos de transporte y de los plazos de amortización de las instalaciones. Es por ello que debe determinarse con exactitud la dimensión óptima de la instalación. Para ello se pueden utilizar los siguientes métodos:

- Cálculo de las necesidades de área, utilizando índices sumarios.
- Cálculo de las necesidades de área, utilizando factores de área (diferenciados y resumidos) como suplementos sobre el área básica de las máquinas y equipos.
- Cálculo de las necesidades de área, utilizando valores directrices en forma de funciones de regresión.
- Determinación de las necesidades de área, utilizando modelos a escala (bi o tridimensionales) e índices de espacio entre máquinas y elementos constructivos.

Cálculo de las necesidades de área, utilizando índices sumarios.

Este método se utiliza ampliamente en las fases de la proyección y en aquellos casos donde las condiciones de partida permanecen relativamente constantes.

$$A = B * K'_A * (1 \pm k_f) + A_s$$

A - necesidades de área del sistema o sistema parcial proyectado, en m^2

B - base de cálculo tomada como referencia (por ejemplo: t/año, número de máquinas y equipos, obreros directos, personal técnico-ingeniero, etc.).

K'_A - índice sumario que refleja las necesidades específicas de área por cada unidad de la base de referencia B (por ejemplo: m^2/t , m^2/MP , $m^2/máquina$, $m^2/obrero$, $m^2/persona$, etc.).

k_f - factor de corrección del índice utilizado (fijado por el proyectista).

A_s - otras áreas necesarias en el caso específico y que no están contempladas en forma sumaria en el índice K'_A .

Conclusiones de la clase

Se analizaron los métodos para la determinación de fuerza de trabajo, materiales y áreas de una instalación.

Estudio Independiente:

Estudiar ejercicio resuelto 4 y 5 pág. 54 – 58

Resolver ejercicio propuesto 6 – 8 pág. 60 – 62

Bibliografía:

Folleto básico de la asignatura

Motivación para la próxima clase

La próxima actividad docente será una clase práctica, donde podrán profundizar los conocimientos adquiridos en la conferencia a través del desarrollo de ejercicios propuestos a cada equipo.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Conferencia No. 7

Tema 4: Distribución espacial de la planta.

Título: Distribución espacial de la planta.

Sumario:

4. Distribución en planta. Definición. Evolución y desarrollo de la distribución en planta. Objetivos e importancia.
5. Tipos de distribución en planta.
6. Principios de organización espacial que sustenta la distribución en planta.
7. Apoyo computacional a la distribución en planta.

Objetivos:

2. Identificar los principales factores que influyen en una distribución en planta y los métodos para la determinación de las necesidades de los mismos.

Bibliografía:

5. Gómez Figueroa, Diéguez Matellán (2007), Ingeniería de proyecto.
6. Woithe, G. & Hernández Pérez, G. (1986). Fundamentos de la Proyección de Fábricas de Producción de Maquinarias (parte I). Editorial Pueblo y Educación.
7. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”

Desarrollo:

4. Distribución en planta. Definición. Evolución y desarrollo de la distribución en planta.

Objetivos e importancia.

La evolución de los espacios industriales ha estado vinculada a los cambios en la actividad económica de la industria y a las condiciones del entorno. Estas transformaciones territoriales ocurridas en las últimas décadas conforman un nuevo escenario que genera nuevas oportunidades y a la vez enfrenta nuevos problemas, por lo que se requiere del desarrollo de modelos de crecimiento industrial más equitativos y sostenibles.

Asimismo, los cambios en la actividad económica y las nuevas tendencias de tercerización determinan el tipo de infraestructura necesaria para desempeñar las funciones. Esta situación, en conjunto con las características propias de cada fabrica y proceso, requiere de un análisis complejo de la distribución de planta para su culminación exitosa.

La distribución en planta influye directamente en el costo del manejo de materiales y en el uso adecuado del factor tiempo, entre otros; representando un aspecto que repercute

directamente en la productividad de la organización. Es por ello, que desde hace varios años se han desarrollado líneas de investigación en el área, que han definido hasta los actuales momentos las directrices requeridas para la planificación de la distribución.

Según Muther: *La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento de materiales, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, así como el equipo de trabajo y el personal de taller.*

En líneas generales la Distribución en Planta persigue dos intereses: un interés económico, con el que se busca aumentar la producción y reducir costos; y un interés social con el que se busca darle seguridad al trabajador y satisfacción por el trabajo que realiza.

El objetivo fundamental que persigue la distribución en planta es hallar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo, que sea la más económica para el trabajo, al mismo tiempo que la más segura y satisfactoria para los empleados. Para cumplir este objetivo es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores
- Elevación de la moral y satisfacción del obrero
- Incremento de la producción
- Disminución en los retrasos de la producción
- Ahorro de área ocupada
- Reducción del material en proceso
- Acortamiento del tiempo de fabricación
- Disminución de la congestión o confusión
- Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones

5. Tipos de distribución en planta.

Aunque pueden existir otros criterios es evidente que la forma de organización del proceso productivo resulta determinante para la elección del tipo de distribución en planta. Suelen identificarse tres formas básicas de la distribución en planta: las **orientadas al producto** y asociadas a configuraciones continuas o repetitivas, las **orientadas al proceso** y asociadas a configuraciones por lotes, y las distribuciones **por posición fija**, correspondiente a las configuraciones por proyecto. Sin embargo, a menudo las características del proceso hacen conveniente la utilización de distribuciones combinadas, o sea, que comparten particularidades de más de una de las tres básicas arriba mencionadas. Nos encontramos entonces ante las **distribuciones celulares o híbridas**, siendo la más común aquella que mezcla las características de las distribuciones por producto y por proceso, dando lugar a las distribuciones en planta por **células de fabricación**.

Distribución en planta por Producto: La distribución en planta por producto es la adoptada cuando la producción está organizada bien de forma continua, bien repetitiva, siendo el caso más característico el de las cadenas de montaje. En el primer caso (por ejemplo: refinerías, celulosas, centrales eléctricas, etc.), la correcta interrelación de las operaciones se consigue a través del diseño de la distribución y las especificaciones de los equipos, pero cada caso es tan concreto y especializado que debe quedar en manos de expertos de la industria en cuestión. En el segundo caso, el de las configuraciones repetitivas (por ejemplo: electrodomésticos, vehículos de tracción mecánica, cadenas de lavado de vehículos, etc.), el aspecto crucial de las interrelaciones pasará por el equilibrado de la línea con objeto de evitar los problemas derivados de los cuellos de botella desde que entra la materia prima hasta que sale el producto terminado.

Distribución en planta por proceso: La distribución en planta por proceso se adopta cuando la producción se organiza por lotes (por ejemplo: muebles, talleres de reparación de vehículos, sucursales bancarias, etc.). El personal y los equipos que realizan una misma función general se agrupan en una misma área, de ahí que estas distribuciones sean denominadas por funciones o por talleres. En ellas los distintos ítems tienen que moverse de un área a otra, de acuerdo con la secuencia de operaciones establecidas para su obtención. La variedad de productos fabricados supondrá por regla general diversas secuencias de operaciones lo cual se reflejará en una diversidad de los flujos de materiales entre talleres. A esta dificultad hay que añadir la generada por las variaciones de la producción a lo largo del tiempo, que puede modificarse, (incluso de una semana a otra) tanto en las cantidades fabricadas como en los propios productos elaborados. Esto hace indispensable la adopción de distribuciones flexibles con especial hincapié en la flexibilidad de los equipos utilizados para el transporte y manejo de materiales de unas áreas de trabajo a otras.

Distribución en planta por Posición fija: La distribución en planta por posición fija es apropiada cuando no es posible mover el producto debido a su peso, tamaño, forma, volumen o alguna característica particular que lo impida. Ello provoca que el material base o principal componente del producto final permanezca inmóvil en una posición determinada, de forma que los elementos que sufren el desplazamiento son el personal, la maquinaria, las herramientas y los diversos materiales que son necesarios en la elaboración del producto, así como los propios clientes en su caso. Esto hace que el resultado de la distribución se limite, en la mayoría de los casos, a la colocación de los diversos materiales y equipos alrededor del emplazamiento del proyecto y sobre todo, a la determinación de los momentos de llegada de esos materiales y de la realización de las distintas operaciones que engloba el proyecto, es decir, a la programación de las actividades.

6. Principios de organización espacial que sustenta la distribución en planta.

Algunos autores como Rockstroh y Muther han conformado algunas reglas básicas o principios que deben ser observados a la hora de realizar la distribución en plantas o layout de un taller

individual (sistema parcial), como parte componente de la concepción general de la fábrica o sistema fabril en su conjunto.

De las propias experiencias de Rockstroh y válidas para la elaboración de los planes de distribución de máquinas o instalaciones en general en los diferentes talleres individuales, son las reglas básicas siguientes:

- Un ordenamiento e instalación óptima de las máquinas en un taller deben garantizar de manera efectiva la función tecnológica a ellas encomendadas, así como las relaciones con el exterior al sistema parcial considerado. Deben ser considerados y de fácil reconocimiento: posibles posiciones peligrosas puntos de unión con los sistemas de transporte las áreas de operación y servicio de las máquinas, así como las áreas libres para la reparación de los equipos.
- Debe procurarse en lo posible, el aprovechamiento más racional del sistema constructivo sin grandes gastos, previendo para ello el uso adecuado del área y la altura. Para estos fines, así como para lograr un mejor aprovechamiento de la capacidad de la grúas (en aquellos sectores que la poseen suele procederse a separar la producción de los costos constructivos y una mayor racionalidad en el uso de los edificios entre otras ventajas.
- En el ordenamiento espacial de las máquinas y equipos se deben considerar las influencias de las condiciones ambientales que pueden provocar una disminución de la calidad del trabajo. En nuestras condiciones climáticas revisten especial importancia los problemas relativos a la protección contra la incidencia solar específicamente sobre la elevación o fachada sur y la ventilación (natural y mecánica). En muchos casos la protección contra la incidencia directa de los rayos del sol (sobre todo en la pared sur), causa un aumento en los casos debido a la necesidad de adoptar soluciones constructivas (por ejemplo, quiebrasoles, aleros) que permitan reducir estos efectos negativos.
- Para obtener una alta flexibilidad de la distribución de máquinas y equipos en el área del taller, además de prever el método de instalación más adecuado en cada caso, deben ser agrupados en lo posible, aquellos puntos fijos de la distribución (banco de ajustes, medios de transporte y elevación fijos, máquinas instaladas con grandes cimentaciones, oficinas de taller, pañoles, almacenes, etc.), en lugares donde no afecten posibles cambios en la maquinaria. En estos casos se prevén siempre que sea posible, las divisiones interiores de los talleres con elementos móviles (por ejemplo, cercas) que permitan una mayor flexibilidad ante posibles cambios en la distribución.
- Las vías de transporte interno a los talleres para el movimiento de montacargas, personas, así como los caminos de rodamiento para los sistemas de transporte elevado, deben ser correctamente señalizados y no puede permitirse que sean interrumpidos por máquinas,

equipos o partes móviles de estos en posiciones extremas. Los pasillos interiores deben ser rectos en lo posible y evitarse las esquinas ciegas, de modo que su ancho y configuración garanticen el movimiento de los medios de transporte y elevación que por ellos circulen. Los pasillos principales no deben cruzarse a nivel debe evitarse que estos se encuentren situados junto a elementos constructivos fijos (paredes, columnas, etc.). Resulta ventajoso que las vías interiores sean diferenciadas para el transporte de materiales y personas.

- Debe ser evitado el ordenamiento de las máquinas y puestos de trabajo en general, paralelo a vías de transporte cuando la posición de operación o servicios de estos, haga que el operario se sitúe de espaldas a la vía, sobre todo en vías principales. Al menos debe procurarse un ordenamiento inclinado a la vía.
- Las vías de transporte interno a los talleres, así como los puestos de trabajo no pueden estar situados cerca y en una dirección falsa respecto a las puertas vaivén. Las puertas y pórticos deben estar ubicadas en lo posible de forma que abran en la dirección principal del flujo de producción (sobre todo en aquellas que permiten la salida de más de 15 personas simultáneamente), y no interrumpir el desarrollo del proceso de producción igualmente deben ser previstas puertas que permitan ser abiertas o cerradas en forma mecánica o automática.
- cuando son necesarios varios sistemas de transporte diferentes para garantizar el movimientos de materiales y piezas en el marco de un mismo flujo, es preciso asegurar que dicho movimiento se realice con el mínimos de medios adicionales intermedios (eventualmente ninguno).
- Para la observación, control y atención a múltiples máquinas o equipos resulta ventajoso en la mayoría de los casos un ordenamiento inclinado o irregular (asimétrico) de las máquinas.
- Entre máquinas, equipos y puestos de trabajo, así como entre estas y los elementos constructivos (paredes, columnas) debe ser previstas una distancia mínima de 600 a 700 mm, y en algunos casos más.
- En aquellos talleres donde sea necesario el trabajo de máquinas de precisión o instalaciones que se vean afectadas en su funcionamiento por las vibraciones procedentes de otras máquinas o equipos o que estas sean fuentes de vibraciones que puedan afectar a otras máquinas, equipos, edificios, personas, etc., deben ser sometidas a un aislamiento pasivo o activo según sea el caso, seleccionando para ello el método de instalación más adecuado.

En estas once reglas básicas se recogen en forma general los aspectos fundamentales que se deben considerar a elaborar los planes de distribución de máquinas, equipos y puestos de trabajo. Otro tanto plantea Muther, cuando agrupa los objetivos básicos de una distribución en planta o layout en seis principios básicos:

Principio de la integración de conjunto: La mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como o cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.

Principio de la mínima distancia recorrida: En igualdad de condiciones es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por materiales, piezas, etc., sea la más corta.

Principio de la circulación o flujo de materiales: En igualdad de condiciones es mejor aquella distribución que ordena las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en lo posible en el orden o secuencia en que se transforman, tratan o ensamblan los materiales, piezas, etc.

Principio del espacio cúbico: La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo el espacio disponible tanto vertical como horizontal.

Principio de la satisfacción y de la seguridad: En igualdad de condiciones será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.

Principio de flexibilidad: En igualdad de condiciones siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

7. Apoyo computacional a la distribución en planta.

La introducción de la computación en el proceso de localización y distribución en planta ha constituido, de hecho, la vía más importante para la racionalización del trabajo de los proyectistas. Esto posibilita no solo enfrentar y llevar a cabo, racionalmente, el creciente gasto de tiempo de trabajo en la proyección, sino que también significa una importante reducción de este tiempo, unido a una elevación de la calidad de los proyectos. Al mismo tiempo y debido precisamente a esto, permite que el proyectista concentre su actividad en el trabajo creador en la búsqueda de soluciones racionales a los problemas que plantea el proyecto.

Debido al elevado número de factores que han de ser tenidos en cuenta a la hora de localizar una instalación así como para una distribución en planta y al enorme número de cálculos y posibilidades en los problemas de distribución, la computadora juega un papel importante facilitando el desarrollo de los cálculos.

Conclusiones de la clase

1. Se analizaron aspectos básicos sobre distribución en planta.
2. Se analizaron los principios básicos para una correcta distribución en planta.
3. La importancia de la introducción de la computación para la distribución en planta

Orientación del Seminario #2

Título: Distribución espacial de la planta

Objetivos:

1. Caracterizar los aspectos teóricos – conceptuales básicos de la distribución en planta.

2. Conocer las fases o etapas del proceso de planeación de la distribución espacial en planta.
3. Identificar las experiencias nacionales en la concepción y desarrollo de la distribución en planta.

Tipo de seminario: Seminario de Ponencia.

Actividades:

Los estudiantes realizarán una exposición basada en la bibliografía consultada, analizando principalmente los aspectos:

1. Aspectos básicos de la distribución en planta. Principales conceptos según la bibliografía consultada.
2. Planeación de la distribución en planta. Fases o Etapas para su implementación.
3. Experiencias positivas y negativas del desarrollo de la distribución en planta en el contexto nacional.

Motivación para la próxima clase

En la siguiente clase se realizara la discusión del Seminario #2, en el mismo se abordaran aspectos básicos de la distribución en planta, principales conceptos, fases o etapas según la bibliografía consultada.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Conferencia No. 8

Título: Métodos para la distribución espacial de la planta.

Sumario:

1. Introducción al uso de métodos para la distribución espacial de la planta.
2. Método S.L.P
3. Método Húngaro.
4. Método Triangular.
5. Evaluación y factibilidad de la distribución espacial de la planta.

Objetivos:

1. Identificar la importancia y utilidad del uso de métodos cuantitativos para el desarrollo de la distribución en planta.
2. Conocer diferentes métodos de distribución en planta, sus características y el contexto de su aplicación.
3. Evaluar preliminarmente la efectividad de la aplicación de los métodos de distribución en planta.

Bibliografía:

1. Woithe G. y Hernández G. (1987). Proyección de Empresas de Construcción de Maquinarias.
2. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”

Desarrollo:

1. Introducción al uso de métodos para la distribución espacial de la planta

La bibliografía actualizada reconoce diversos métodos para determinar una distribución en planta o layout. Entre estos, los más utilizados son los siguientes:

- Método S.L.P. (*Systematic Layout Planning*).
- Modelo lineal de ordenamiento (Método Húngaro).
- Método Triangular.
- Método de los Momentos de Carga.
- Método relacional basado en la teoría de redes.
- Método de los eslabones.

2. Método S.L.P.

Cuando la distribución en planta deba realizarse teniendo en cuenta factores cualitativos, la técnica comúnmente aplicada es la desarrollada por Muther y Wheeler denominada S.L.P. (*Systematic Layout Planning*). En ella las prioridades de cercanía entre departamentos se asimilan a un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (importante), O (importancia ordinaria) y U (no importante); la indeseabilidad se representa por la letra X.

Dichas especificaciones se recogen en un cuadro o gráfico de interrelaciones que muestra además las razones que motivan el grado de preferencia expresado. El proceso continuará dibujando una serie de recuadros que representan a los departamentos en el mismo orden en que aparecen en el cuadro de interrelaciones, los cuales serán unidos por arcos cuya representación gráfica muestra las prioridades de cercanía que los relacionan. A continuación este diagrama se va ajustando por prueba y error, comenzando por situar los departamentos relacionados con arcos A juntos entre sí y los relacionados con arcos X lo más alejados posible. Cuando esto se ha conseguido, se intentará unir cuanto se pueda los departamentos relacionados con arcos E, después los relacionados con arcos I y finalmente los relacionados con arcos O, hasta que se llegue a obtener una distribución satisfactoria. Una vez obtenida la disposición relativa, se procederá a dar forma a la misma considerando las superficies y restricciones de espacio con que cuenta cada departamento.

A continuación se muestra un ejemplo que ilustra el desarrollo del método:

Código	Razón*
1	Flujo de trabajo
2	Espacios y/o equipos compartidos

3	Seguridad e higiene
4	Personal común
5	Facilidad supervisión
6	Contacto necesario
7	Psicología

*Código utilizado sólo a efectos explicativos; en la práctica se utiliza un código de colores.

Valor	Prioridad de cercanía	Código de líneas*
A	Absolutamente necesaria	=====
E	Especialmente importante	—————
I	Importante	_____
O	Importancia ordinaria	-----
U	No importante	~~~~~
X	Indeseable	~~~~~

* Pueden incluirse otras

Sec.	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1		X 3	U	E 1	U	O 1
S2			A 2	U	X 3	I 4,7
S3				U	U	U
S4					U	A 1
S5						A 4
S6						

Cuadro de interrelaciones

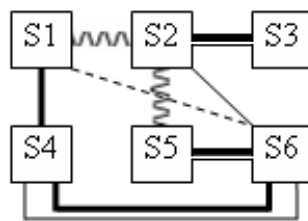
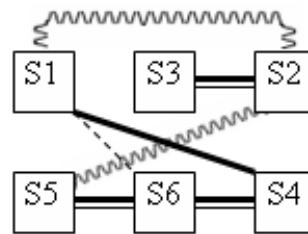
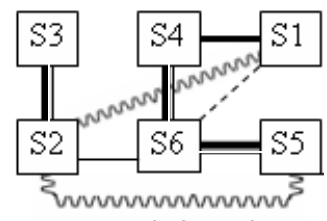


Diagrama inicial



Primera iteración



Segunda iteración
(puede ser óptima)

Modelo lineal de ordenamiento (Método Húngaro).

Este método se aplica cuando las máquinas no poseen relaciones entre ellas y solo se relacionan con elementos limítrofes de otros sistemas parciales relacionados con este. La función objetivo es minimizar los gastos de transporte total (Q_{total}).

Pasos:

1. Seleccionar las posibles alternativas de localización de los puestos de trabajo.
2. Formar la matriz de gastos de transporte (Q).

$$Q = I \cdot S$$

Donde:

I: matriz intensidad de transporte del sistema.

S: matriz de las distancias

3. Transformación sucesiva de la matriz Q hasta el paso en que en cada fila y columna de la matriz transformada exista al menos un elemento nulo.
4. Selección, en primer término de aquellos elementos nulos en la matriz transformada que en cada fila y columna posibilitan un ordenamiento único.

Proceso para lograr la transformación:

1. Restar de la matriz Q un vector columna formado por el menor valor de cada fila
2. Restar de la matriz resultante un vector fila formado por el menor valor de cada columna.
3. Buscar si existe solución óptima (una ubicación para cada instalación).

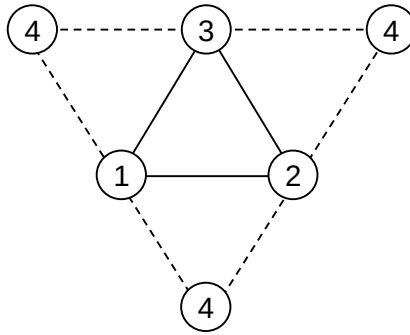
Si no existe realizar el proceso iterativo siguiente:

1. Seleccionar los elementos nulos en aquellas filas de Q transformada que poseen uno solo y tachar los restantes en la columna correspondiente al elemento nulo seleccionado.
2. Seleccionar los elementos nulos en aquellas columnas que poseen uno solo y tachar los restantes no tachados en la fila correspondiente al elemento nulo seleccionado.
3. Marcar las filas que no tienen asignación, o sea, elementos nulos seleccionados.
4. Marcar todas las columnas que tengan elementos nulos, incluso tachados, en la fila marcada.
5. Marcar todas las filas que tengan asignaciones, o sea, elementos nulos seleccionados en las columnas marcadas.
6. Trazar una línea vertical por las columnas marcadas y una horizontal por las filas no marcadas.
7. Examinar todos los elementos de la matriz no cubierto por las líneas anteriores y seleccionar el menor de ellos.
8. Restar este valor a los elementos no cubiertos por las líneas verticales y horizontales de la matriz y sumarlo a los elementos de dicha matriz comprendidos en las intersecciones de estas líneas para obtener una matriz transformada.
9. Examinar la matriz y analizar si cumple con la solución óptima. (Si no cumple se repite el proceso).
10. Determinar los gastos de transporte inherentes a la solución.

3. Método Triangular

Este método pertenece a los de carácter aproximado o heurísticos, por lo que su resultado no debe ser considerado como óptimo, aunque sí como una excelente guía para la organización espacial según el principio de taller (estructura de taller) y de grupo o red (estructura de grupo).

El fundamento de este método es el ordenamiento esquemático de las máquinas o grupos de ellas en los vértices de una red triangular equilátera, de forma tal que el gasto de transporte total sea mínimo.



Ejemplo de una red triangular equilátera

Este procedimiento se desarrolla en seis pasos sucesivos:

1. Definición y planteamiento de las relaciones entre las unidades estructurales y su cuantía.
A partir del programa de producción y del proceso tecnológico se obtienen las relaciones entre las máquinas o grupos de ellas y su cuantía.

Relaciones e/ unidades		Intensidad de las relaciones (t/mes)
Desde(i)	Hasta (j)	
1	j	I_1
2	j	I_2
n	j	I_3

2. Obtención de la matriz cuadrada orientada de la intensidad de las relaciones entre las unidades estructurales (I) a partir de la información de la tabla del paso anterior.

$i \backslash j$	1	2	N
1	0	I_{12}	I_{1j}
2	I_{21}	0	I_{2j}
n	I_{i1}	I_{i2}	0

3. Obtención de la matriz triangular de las relaciones totales entre las unidades estructurales consideradas.

Esta matriz triangular (no orientada) de las relaciones totales se obtiene a partir de la matriz cuadrada anterior, haciendo:

$$I = I_{ij} + I_{ji}$$

I_{ij} – Intensidad de transporte entre las unidades i y j en t/mes, t/turno, etc.

I_{ji} – Intensidad de transporte entre las unidades j e i ,

4. Obtención de la matriz cuadrada no orientada de las relaciones totales entre las unidades estructurales. Este paso se realiza partiendo de la matriz triangular obtenida en el paso

anterior, por un proceso de transposición de los elementos para lograr una matriz cuadrada simétrica donde los elementos de la diagonal principal son ceros. Este proceso se realiza haciendo:

$$I_{ij} = I_{ji}$$

$\begin{smallmatrix} i & j \\ \backslash & / \end{smallmatrix}$	1	2	n
1	0	I_{21}	I_{n1}
2	I_{21}	0	I_{n2}
n	I_{n1}	I_{n2}	0

5. Obtención del orden de asignación de las unidades estructurales a los vértices de la red triangular. Para realizar este paso se ejecutan una serie de etapas sucesivas como se describe a continuación:

- 5.1. Coger la diagonal principal y sustituir los ceros por cruces (x) y agregar una fila (Ne) de ceros.
- 5.2. Se busca el número mayor de la matriz, siempre va a aparecer par de veces, hay que escoger la fila que contenga al mayor y que tenga la mayor cantidad de números distintos de cero. Si hay empate, se selecciona la que la suma de los números sea mayor y se pone debajo de la fila Ne.
- 5.3. Se halla la fila S_1 (sumar el acumulado que se traía más la fila que se baje).
- 5.4. Cada vez que se baje una fila es necesario localizar el mayor valor de la suma, se ve a que columna pertenece y se baja la fila correspondiente con la columna.
- 5.5. Se halla la suma, se busca el mayor valor y se repite la operación anterior número + X = X
- 5.6. Se finaliza cuando se obtenga una fila donde todos sus elementos sean X.

Al final tenemos el orden de asignación por los números de filas bajadas.

6. Ubicación de las máquinas en la red triangular. Se ponen los 3 primeros formando un triángulo equilátero.
7. Cálculo de la intensidad de transporte del sistema, dado por la expresión:

$$Q'_{total} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m I_{ij} \cdot d_{ij} \Rightarrow \text{mínimo}$$

Donde: Q'_{total} - Gasto de transporte ficticio del sistema, en t · u.g.d./año, etc.

d_{ij} - Distancia ficticia entre las unidades estructurales i y j respectivamente, medida sobre la red triangular, o sea, es la cantidad de lados de los triángulos equiláteros que forman la red y que separan la unidad i de la j.

Conclusiones de la clase

Se analizaron los diferentes métodos que existen para realizar una distribución en planta y las características que se deben tener para su correcta aplicación.

Estudio Independiente

Ejercicios Resueltos 1 y 2 pág. 87 – 90

Bibliografía

Folleto básico de la asignatura

Motivación para la próxima clase

La próxima actividad docente será una clase práctica, donde podrán profundizar los conocimientos adquiridos en la conferencia a través del desarrollo de ejercicios propuestos a cada equipo.

Anexo #2: Clases Prácticas.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Clase Practica No. 1

Título: Métodos para la localización de instalaciones

Sumario:

1. Método de los factores ponderados
2. Método de la media geométrica
3. Método global de localización

Objetivos:

1. Determinar la localización de una instalación aplicando métodos de localización (Método de los factores ponderados, de la media geométrica y global de localización).

Bibliografía:

1. Diéguez Matellán, E., et al. (2006) Métodos de localización de instalaciones. Monografía. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
2. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.
3. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”.

Desarrollo:

Introducción a la clase, realizar preguntas de comprobación a los estudiantes y revisar la realización de los ejercicios propuestos. En la clase práctica se solucionarán un caso de problemas de localización aplicando los métodos de los factores ponderados y de la media geométrica y un segundo caso en el que se aplicará el método global de localización. El docente distribuirá a los estudiantes del grupo por colectivos para que trabajen en resolver cada caso. Deberá enviarse estudiantes a la pizarra a resolver los ejercicios, se aclararán las dudas y puntualizarán los contenidos más importantes.

Ejercicios propuestos 1, 2, 3 y 4 pág. 38 – 40

Ejercicio Propuesto #1: Un restaurante de comida china en una ciudad de Cuba está considerando abrir una segunda instalación en la parte norte de la misma. La siguiente tabla muestra 4 sitios potenciales y la clasificación de los factores considerados para el estudio, así como su peso. ¿Cuál alternativa debe ser seleccionada? Utilice para su determinación los métodos: factores ponderados y media geométrica.

Factor	Peso	Alternativas			
		1	2	3	4
Afluencia de población local	10	70	60	85	90
Costo de tierra y de construcción	10	85	90	80	60
Flujo de tráfico	25	70	60	85	90
Disponibilidad de estacionamiento	20	80	90	90	80

Potencial de crecimiento	15	90	80	90	75
--------------------------	----	----	----	----	----

Solución:

Métodos de los Factores Ponderados

$$S_j = \sum_{i=1}^m W_i \cdot F_{ij}$$

Sj = puntuación global de cada alternativa j

Wi = es el peso ponderado de cada factor i

Fij = es la puntuación de las alternativas j por cada uno de los factores i

Factor	Peso	Alternativas			
		1	2	3	4
Afluencia de población local	10	70	60	85	90
Costo de tierra y de construcción	10	85	90	80	60
Flujo de tráfico	25	70	60	85	90
Disponibilidad de estacionamiento	20	80	90	90	80
Potencial de crecimiento	15	90	80	90	75
Puntuación total	80	62,5	60	69,25	64,75

R/ Para el restaurante de comida china que se desea abrir en Cuba se recomienda la Alternativa 3 ya que el potencial de crecimiento es mucho mayor.

Métodos de la Media Geométrica

$$P_i = \prod P_{ij}^{w_j}$$

Pi = es la puntuación global de cada alternativa j

Pij = es la puntuación de las alternativas j por cada uno de los factores i

Wj = es el peso ponderado de cada factor i

Factor	Peso	Alternativas			
		1	2	3	4
Afluencia de población local	10	70	60	85	90
Costo de tierra y de construcción	10	85	90	80	60
Flujo de tráfico	25	70	60	85	90
Disponibilidad de estacionamiento	20	80	90	90	80
Potencial de crecimiento	15	90	80	90	75
Puntuación total	80	77,732	73,72	86,494	80,278

R/ En este caso se decide la alternativa 3

Ejercicio Propuesto #2: Se está efectuando un estudio para determinar la mejor localización de un hotel, considerando un grupo de factores que han sido ponderados y evaluados para 4 posibles opciones de ubicación por un panel de expertos.

Los resultados de este análisis se muestran a continuación:

Factores de la localización	Ponderación	Alternativas			
		A	B	C	D
Atractivos turísticos	0,35	90	75	65	70
Existencia de Terrenos	0,25	85	80	50	75
Servicios básicos	0,15	80	70	65	90
Facilidades para transportación	0,12	75	75	70	75
Disponibilidad de personal	0,08	90	85	80	75
Impacto ecológico	0,05	65	70	75	70

Colabore con el equipo de expertos en la determinación de la mejor localización para el hotel.

Solución: Métodos de los Factores Ponderados

Factores de la localización	Ponderación	Alternativas			
		A	B	C	D
Atractivos turísticos	0,35	90	75	65	70
Existencia de Terrenos	0,25	85	80	50	75
Servicios básicos	0,15	80	70	65	90
Facilidades para transportación	0,12	75	75	70	75
Disponibilidad de personal	0,08	90	85	80	75
Impacto ecológico	0,05	65	70	75	70
Puntuación total	1	84,2	75,8	63,1	75

Del análisis anterior se puede concluir que la mejor alternativa para ubicar el hotel es la Alternativa A

Ejercicio Propuesto #3: Una empresa cuya actividad fundamental está relacionada con el procesamiento de petróleo debe decidir entre tres localidades para la construcción de un nuevo centro. La empresa ha seleccionado cinco factores como base para la evaluación y les ha asignado un valor en peso de uno a cinco para cada factor.

No.	Factor	Peso
1	Proximidad a las instalaciones del puerto	5
2	Disponibilidad y costo de fuente de energía	3
3	Disponibilidad de fuerza de trabajo calificada	4
4	Atractivo de la localidad	2
5	Proveedores de equipos en el área	3

Los expertos han evaluado cada localidad para cada factor sobre una base de 1 a 100 puntos tal y como se muestra a continuación:

Factor	Localidad		
	A	B	C
1	100	80	100
2	50	70	70

3	30	80	60
4	10	60	80
5	90	60	50

¿De acuerdo a la información suministrada qué sitio usted recomendaría?

En la resolución de este ejercicio se empleará el método de los factores ponderados y la media geométrica.

Solución: Método de los Factores Ponderados

No.	Factor	Peso	A	B	C
1	Proximidad a las instalaciones del puerto	5	100	80	100
2	Disponibilidad y costo de fuente de energía	3	50	70	70
3	Disponibilidad de fuerza de trabajo calificada	4	30	80	60
4	Atractivo de la localidad	2	10	60	80
5	Proveedores de equipos en el área	3	90	60	50
Puntuación Total		17	10,6	12,3	12,6

R/ Para la construcción de un nuevo centro se recomienda la Alternativa C

Método de la Media Geométrica

No.	Factor	Peso	A	B	C
1	Proximidad a las instalaciones del puerto	5	100	80	100
2	Disponibilidad y costo de fuente de energía	3	50	70	70
3	Disponibilidad de fuerza de trabajo calificada	4	30	80	60
4	Atractivo de la localidad	2	10	60	80
5	Proveedores de equipos en el área	3	90	60	50
Puntuación Total		17	49,903	71,798	71,770
Según fórmula de Excel			42,27	69,43	69,99

R/ En este caso se recomienda la Alternativa B

Ejercicio Propuesto #4: El desarrollo de la construcción de viviendas y otros tipos de edificaciones en los próximos años determina un incremento en la demanda de cemento por lo que se ha decidido la construcción de una nueva planta ya que las existentes actualmente en el país no satisfacen la demanda prevista y no es posible incrementar sus respectivas capacidades. Para la construcción de esta nueva planta productiva se ha pensado en tres alternativas de localización en diferentes ciudades del país. La decisión debe sustentarse en la información recopilada por un equipo de trabajo mostrada en las tablas siguientes, se considera que el peso de los factores objetivos es de $\alpha = 0.6$ y el de los subjetivos es de $\alpha = 0.4$.

Peso de los Factores Objetivos = **0,6**

Peso de los Factores Subjetivos = 0,4

Factores Críticos

Ciudad	Población	Infraestructura industrial	Red de comunicaciones
1	1	1	1
2	0	1	0
3	1	1	1

Factores Objetivos:

Ciudad	Costo de construcción	Costo de transporte	Costo de montaje	Costo de Mantenimiento	Total
1	7500	900	700	690	9,79
2	6500	850	880	550	8,78
3	1100	1200	450	950	3,7

Factores Subjetivos:

Ciudad	Cercanía a fuentes de abastecim.	Infraestructura de servicio	Cercanía a mercados potenciales	Disponibilidad de mano de obra	Total
1	4	5	3	3	15
2	3	4	4	2	13
3	5	2	5	1	13

Determine la mejor alternativa de localización teniendo en cuenta la información suministrada.

Solución:

Criterio	FC	FO	FS	Ili
1	1	1	0.75	1.05
2	0	0.897	0.65	0
3	1	0.378	0.65	0.62

R/ Para la construcción de una nueva planta se recomienda la alternativa 3 ya que es el menor valor diferente de cero.

Conclusiones de la clase

A modo de cerrar la clase práctica el profesor brinda conclusiones haciendo una valoración general de las dificultades presentadas por los estudiantes en el trabajo desarrollado y hace referencia a las medidas para erradicar éstas. Estimula a los estudiantes que realizaron un mejor trabajo y señala a los estudiantes con mayores dificultades, orientando la forma adecuada para erradicar las mismas.

Motivación para la próxima clase

En la próxima actividad se realizará una conferencia donde se estudiarán otros métodos de localización.

Clase Práctica No. 2

Título: Métodos para la localización de instalaciones

Sumario:

1. Método del Centro de Gravedad
2. Gráficos de volúmenes, ingresos y costos
3. Método del transporte

Objetivos:

1. Determinar la localización de una instalación aplicando métodos de localización (Método del Centro de Gravedad, Gráficos de volúmenes, ingresos y costos).

Bibliografía:

1. Diéguez Matellán, E., et al. (2006) Métodos de localización de instalaciones. Monografía. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
2. Fichero: Métodos de localización de instalaciones Actividad 7.ppt
3. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.
4. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”

Desarrollo:

Introducción a la clase, realizar preguntas de comprobación a los estudiantes y revisar la realización de los ejercicios propuestos. En la clase práctica se solucionarán un caso de problemas de localización aplicando los métodos de los factores ponderados y de la media geométrica y un segundo caso en el que se aplicará el método global de localización. El docente distribuirá a los estudiantes del grupo por colectivos para que trabajen en resolver cada caso. Deberá enviarse estudiantes a la pizarra a resolver los ejercicios, se aclararán las dudas y puntualizarán los contenidos más importantes.

Ejercicios propuestos 5, 6, 7 y 9 pág. 40 – 42 y Ejercicios resueltos 12 y 13 pág. 35 – 36

Ejercicio Propuesto #5: Por su experiencia en el área de planificación y ordenamiento territorial, se le pide determinar la localización que garantice los menores costos de operación

de un almacén de suministros, para centros gastronómicos de una importante zona turística del país. Para ello se cuentan con los siguientes datos:

Centros Gastronómicos	Localización		Carga (Embarques al mes)
	X	Y	
X	7	6	17
Y	2	9	11
Z	1	4	10
V	3	5	14
W	6	8	12
U	5	8	15
Total			79

Muestre gráficamente los resultados obtenidos.

Solución: Método del centro de gravedad

Sustituyendo valores:

$$Cx = (7 * 17) + (2 * 11) + (1 * 10) + (3 * 14) + (6 * 12) + (5 * 15) / 17 + 11 + 10 + 14 + 12 + 15$$

$$Cx = 340/79$$

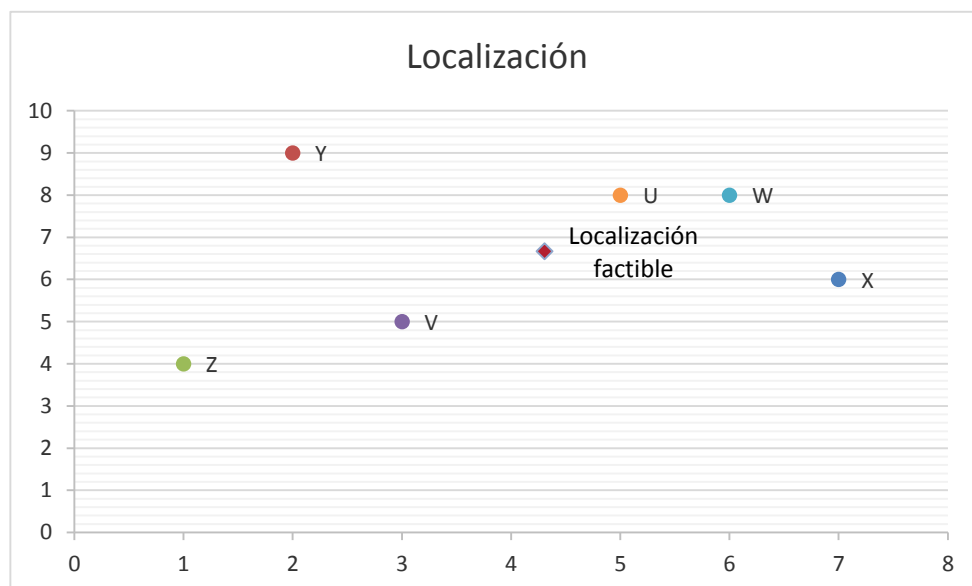
$$Cx = 4,30$$

$$Cy = (6 * 17) + (9 * 11) + (4 * 10) + (5 * 14) + (8 * 12) + (8 * 15) / 17 + 11 + 10 + 14 + 12 + 15$$

$$Cy = 527/79$$

$$Cy = 6,67$$

Punto de ubicación: (4; 7)



Ejercicio Propuesto #6: La empresa distribuidora CIMEX ha conformado un grupo de expertos para localizar un nuevo almacén central que le permita llevar a efecto importantes contratos con 8 nuevos clientes en el oriente del país y así, cumplir con los planes de entrega que en la actualidad superan en un 35% las capacidades de distribución de la empresa en la zona, y a su vez disminuir los costos por concepto de transportación de mercancías. Colabore con dicho grupo en la tarea de localización si es conocida de antemano la demanda mensual de productos en toneladas por cada cliente. Suponga conocida además la ubicación geográfica exacta de cada uno de ellos en el plano de macrolocalización, teniendo en cuenta que 1 cm en el plano corresponde a 1 km en la escala real.

Cliente	Coordenadas		Demanda toneladas/mes
	X	Y	
1	1,7	6	20
2	4,8	6,3	50
3	8	4,4	35
4	9,4	0,9	40
5	6,6	0,6	30
6	4,4	2	5
7	1,4	1,3	10
8	3	3,6	40
Total			230

Solución:

Se utiliza el método del centro de gravedad cuyas fórmulas son:

$$C_x = \frac{\sum d_{ix} \cdot V_i}{\sum V_i}$$

$$C_y = \frac{\sum d_{iy} \cdot V_i}{\sum V_i}$$

Sustituyendo valores:

$$C_x = (1.7 * 20) + (4.8 * 50) + (8 * 35) + (9.4 * 40) + (6.6 * 30) + (4.4 * 5) + (1.4 * 10) + (3 * 40) / 20 + 50 + 35 + 40 + 30 + 5 + 10 + 40$$

$$C_x = 1284/230$$

$$C_x = 5,58$$

$$C_y = (6 * 20) + (6.3 * 50) + (4.4 * 35) + (0.9 * 40) + (0.6 * 30) + (2 * 5) + (1.3 * 10) + (3.6 * 40) / 20 + 50 + 35 + 40 + 30 + 5 + 10 + 40$$

$$C_y = 810/230$$

$$C_y = 3,52$$

Punto de ubicación: (5.58 ; 3.52)

A partir de estos valores, se podría plantear la ubicación definitiva en lugares próximos al punto calculado.

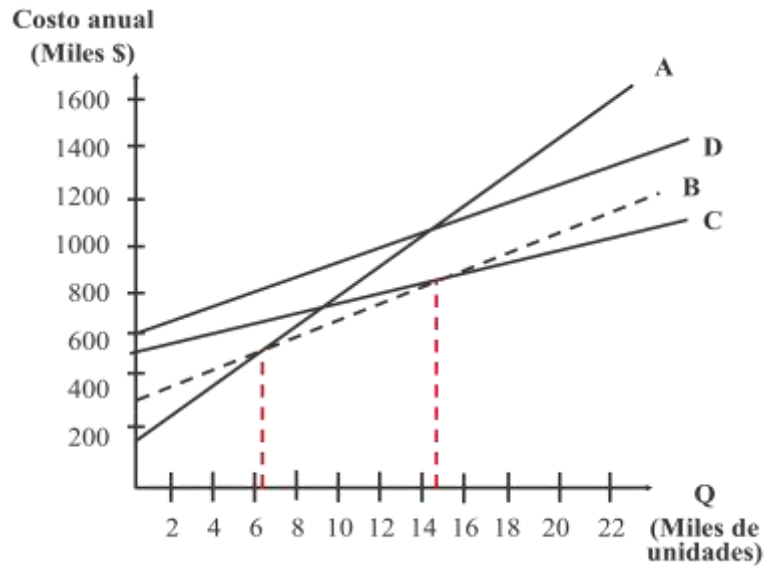
Ejercicio Propuesto #7: Un gerente de operaciones ha logrado reducir a solo cuatro comunidades la búsqueda de la localización para una nueva instalación. Los costos fijos anuales por (por concepto de tierra, seguros, equipos y edificios) y los costos variables (por mano de obra, materiales, transporte entre otros) son:

Comunidad	Costos fijos por año (\$)	Costos variables por unidad (\$)
A	150000	62
B	300000	38
C	500000	24
D	600000	30

- Trace las curvas de costo total para todas las comunidades, en una sola gráfica. Identifique en ella el rango aproximado en el cual cada una de las comunidades provee el costo más bajo.
- Aplicando el análisis del punto de equilibrio, calcule usted las cantidades de equilibrio sobre los rangos pertinentes. Si la demanda esperada es de 15 000 unidades al año. ¿Cuál será la mejor localización?

Comunidad	Costos fijos (\$)	Costos variables (costo/unidad)*(número de unidades)	Costo Total (Fijos + Variables)
A	150000	\$ 62 (15000) =930000	\$ 1080000
B	300000	\$ 38 (15000) =570000	\$ 870000
C	500000	\$ 24 (15000) =360000	\$ 860000
D	600000	\$ 30 (15000) =450000	\$ 1050000

•



Después de graficar los resultados se obtiene que la comunidad A resulta mejor para volúmenes bajos, la B para volúmenes intermedios y la C para volúmenes altos. No se debe considerar la comunidad D porque sus costos fijos y variables son más altos que la comunidad C.

La cantidad reequilibrio entre B y C reencuentra al final del primer rango, donde A es mejor, y el inicio del segundo rango, donde B es mejor. La encontramos igualando entre sí sus ecuaciones de costo total y resolviendo:

- A B
- $\$ 150\,000 + \$ 62 Q = \$ 300\,000 + \$ 38 Q$
- $Q = 6250$ unidades

La cantidad reequilibrio entre B y C está al final del rango en el cual B es mejor y al inicio del rango donde C es mejor. Su valor es de:

- C B
- $\$ 500\,000 + \$ 24 Q = \$ 300\,000 + \$ 38 Q$
- $Q = 14\,286$ unidades

No se requiere ninguna otra cantidad de equilibrio. El punto entre A y C se encuentra en un área que no constituye el inicio y ni el final de ninguno de los tres rangos pertinentes.

La gráfica muestra que las 15 000 unidades se encuentran dentro del rango de alto volumen por lo cual la comunidad c es la mejor opción.

Ejercicio Resuelto #12: Una empresa del sector textil que opera en toda la península Ibérica dispone de la siguiente configuración:

- Dos plantas de fabricación en Setúbal y Valencia, con capacidades de 900 y 1 500 unidades respectivamente.
- Cuatro almacenes regionales de distribución que sirven a los clientes de sus respectivas zonas

en Barcelona, Madrid, Lisboa y Sevilla con demandas de 700, 800, 500 y 400 unidades. En los próximos años, la empresa espera un crecimiento de la demanda del orden del 25%, lo cual ha llevado a la dirección de la misma a plantearse la apertura de una nueva fábrica. A la vista de los criterios que la empresa estima importantes para la localización de la nueva planta, existen dos alternativas a considerar: La Coruña (alternativa 1) y Málaga (alternativa 2). La elección recaerá en aquella que provoque los menores costos de transporte entre las fábricas y los almacenes, dado que ambas parecen ser igualmente convenientes respecto a otros factores. La siguiente tabla recoge los costos de transporte unitarios entre cada origen y destino.

C. Unitarios	Barcelona	Madrid	Lisboa	Sevilla	Capacidad
Setubal	6	4	2	6	900
Valencia	2	3	7	5	1500
La Coruña	6	4	4	8	
Málaga	6	3	4	2	

Datos:

Aumento de la demanda = 25 %

País	Demanda	Aumento
Barcelona	700	875
Madrid	800	1000
Lisboa	500	625
Sevilla	400	500

C. Unitarios	Barcelona	Madrid	Lisboa	Sevilla	Capacidad
Setubal	6	4	2	6	900
Valencia	2	3	7	5	1500
La Coruña	6	4	4	8	600
Demanda	875	1000	625	500	

Nota: la Capacidad de La Coruña se obtiene a través de la sumatoria de las Demandas menos la sumatoria de las capacidades

La apertura de la nueva planta en La Coruña o en Málaga va a provocar una reasignación distinta de los intercambios entre las fábricas y los almacenes. Para conocer cómo afectaría una y otra alternativa habría que resolver el problema de transporte en cada caso. Las correspondientes soluciones aparecen en las tablas que se muestran a continuación:

Solución final para la alternativa 1

C. Unitarios	Barcelona	Madrid	Lisboa	Sevilla	Total		Capacidad
Setubal	0	0	625	275	900	=	900
Valencia	875	400	0	225	1500	=	1500
La Coruña	0	600	0	0	600	=	600

Total	875	1000	625	500	9375	=	Costo Total
	=	=	=	=			
Demanda	875	1000	625	500			

Solución final para la alternativa 2

C. Unitarios	Barcelona	Madrid	Lisboa	Sevilla	Total		Capacidad
Setubal	0	275	625	0	900	=	900
Valencia	875	625	0	0	1500	=	1500
Málaga	0	100	0	500	600	=	600
Total	875	1000	625	500	7275	=	Costo Total
	=	=	=	=			
Demanda	875	1000	625	500			

De los resultados obtenidos se deriva que Málaga es la mejor localización para el criterio empleado.

Ejercicio Resuelto #13: Una empresa dispone de 3 fábricas para la elaboración de sus productos cuyas capacidades de producción son las siguientes:

1	2	3	
45000	93000	60000	(uds.)

También dispone de 3 centros de distribución con capacidades:

A	B	C	
28000	65000	35000	(uds.)

Debido al aumento que han experimentado sus ventas (unas 70 000 unidades), la Dirección de la Empresa está evaluando la posibilidades de abrir un nuevo centro de distribución para lo cual tiene dos ubicaciones posibles (D, E).

Los costos de transporte entre las diferentes ubicaciones son:

Datos:

Aumento de ventas = **70000** uds.

C. Unitarios	A	B	C	D	E
1	8	12	2	6	15
2	12	4	3	10	4
3	0	7	11	8	7

C. Unitarios	A	B	C	D	Capaci-dad
1	8	12	2	6	45000
2	12	4	3	10	93000
3	0	7	11	8	60000
Demanda	28000	65000	35000	70000	

Solución final para la alternativa 1

C. Unitarios	A	B	C	D	Total		Capacidad
1	0	0	7000	38000	45000	=	45000
2	0	65000	28000	0	93000	=	93000
3	28000	0	0	32000	60000	=	60000
Total	28000	65000	35000	70000	842000	=	Costo Total
	=	=	=	=			
Demanda	28000	65000	35000	70000			

Solución final para la alternativa 2

C. Unitarios	A	B	C	E	Total		Capacidad
1	0	10000	35000	0	45000	=	45000
2	0	55000	0	38000	93000	=	93000
3	28000	0	0	32000	60000	=	60000
Total	28000	65000	35000	70000	786000	=	Costo Total
	=	=	=	=			
Demanda	28000	65000	35000	70000			

Luego la solución más económica es ubicar el centro en E con un costo asociado de transporte de 786 000 unidades monetarias.

Ejercicio Propuesto #8: Una empresa que fabrica alimentos para postres cuyo componente principal es la harina tiene dos plantas en las localidades A y B. La empresa también maneja almacenes localizados en los puntos 1, 2, 3 y 4. Los pronósticos indican que la demanda pronto superará la oferta y que se necesita una nueva planta con capacidad de 8000 cajas por semanas. Dos sitios son posibles: C y D. Se han recopilado los siguientes datos:

Ejercicio Propuesto #9: Supongamos un problema de transporte recogido en la tabla siguiente:

Almacenes					Disponible
Fábricas	3	2	0	3	20
	4	8	7	5	15
	2	3	4	6	25
Requerida	15	20	15	10	

Determine el patrón de embarque que minimice los costos totales de transporte

Solución:

Primera iteración:

Almacenes					Disponible	Diferencias
	3	2	0	3		

Fábricas			15		20	1
	4	8	7	5	15	1
	2	3	4	6	25	1
Requerida	15	20	15	10		
Diferencias	1	1	4	2		

Segunda iteración:

Almacenes					Disponible	Diferencias
Fábricas	3	2	0	3	20	1
			15	5	15	1
	4	8	7	5	25	1
	2	3	4	6		
Requerida	15	20	15	10		
Diferencias	1	1	-	2		

Tercera iteración:

Almacenes					Disponible	Diferencias
Fábricas	3	2	0	3	20	-
			15	5	15	1
	4	8	7	5	25	1
	2	3	4	6		
Requerida	15	20	15	10		
Diferencias	2	5	-	1		

Cuarta iteración:

Almacenes					Disponible	Diferencias
Fábricas	3	2	0	3	20	-
			15	5	15	1
	4	8	7	5	25	4
	2	3	4	6		
Requerida	15	20	15	10		
Diferencias	2	-	-	1		

Quinta iteración:

Almacenes					Disponible	Diferencias
------------------	--	--	--	--	-------------------	--------------------

Fábricas	3	2	0	3		
			15	5	20	-
	4	8	7	5		
	10			5	15	1
	2	3	4	6		
	5	20			25	-
Requerida	15	20	15	10		
Diferencias	-	-	-	-		

Costo total = $15 \cdot 0 + 3 \cdot 5 + 10 \cdot 4 + 5 \cdot 5 + 5 \cdot 2 + 20 \cdot 3 = 150$

Conclusiones de la clase

A modo de cerrar la clase práctica el profesor brinda conclusiones haciendo una valoración general de las dificultades presentadas por los estudiantes en el trabajo desarrollado y hace referencia a las medidas para erradicar éstas. Estimula a los estudiantes que realizaron un mejor trabajo y señala a los estudiantes con mayores dificultades, orientando la forma adecuada para erradicar las mismas.

Estudio Independiente

Traer para la próxima clase los ejercicios resueltos en clase por los diferentes métodos de localización.

Motivación para la próxima clase

En la próxima clase se realizara un laboratorio con el objetivo de que empleen programas informáticos en la localización de instalaciones a través de los diferentes métodos ya estudiados.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Clase Práctica No. 3

Título: Métodos para la determinación de maquinarias, equipos y puestos de trabajo en una instalación.

Sumario:

1. Factores a considerar en la selección del equipamiento.
2. Métodos para la determinación de maquinarias, equipos, puestos de trabajo en una instalación.

Objetivos:

1. Determinar las necesidades de maquinarias, equipos, puestos de trabajo en una instalación a aplicando diferentes métodos.

Bibliografía:

1. Gómez Figueroa, Diéguez Matellán (2007), Ingeniería de proyecto.

2. Whoite, G. & Hernández Pérez, G. (1986). Fundamentos de la Proyección de Fábricas de Producción de Maquinarias (parte I). Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. Cuba.
3. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.
4. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”

Desarrollo:

Introducción a la clase, realizar preguntas de comprobación a los estudiantes y revisar la realización del ejercicio propuesto. En la clase práctica se solucionará en la pizarra por un estudiante el ejercicio propuesto No. 1 que se orientó de auto preparación. El profesor resumirá el mismo, resaltando las principales características del método de los índices.

El docente orientará la realización del ejercicio propuesto No. 2 aplicando el método detallado y al concluir la realización del mismo el profesor debe enviar un estudiante a solucionarlo en la pizarra y hacer una explicación del método aplicado.

Ejercicio Resuelto #1: Se requiere elaborar la documentación primaria inversionista de una nueva fábrica para la fabricación de camas de camiones. Se conoce de un taller que para la producción de dos camas se emplean 60 equipos de los cuales 30 trabajan en 3 turnos, 20 trabajan 2 turnos y 10 trabajan un turno. La fábrica es de producción continua. Se prevé que la eficiencia de la producción aumente en un 6% y se requiere lograr una producción de 700 camas anuales con un régimen de trabajo de 2 turnos por día. ¿Qué cantidad de máquinas totales se necesitan para realizar el programa previsto?

Solución: Método de los índices.

$$\begin{aligned}
 Vp'_{\text{anual}} &= 2 * 365 = 730 \text{ camas/año} & Vp_{\text{anual}} &= 700 \text{ camas} \\
 Ne'_{\text{total}} &= 60 \text{ máquinas} & t &= 3 \\
 \text{Producción} &= - & & \\
 & \text{(Ne 1 = 10 máquinas)} & & \\
 & \text{(Ne 2 = 20 máquinas)} & & \\
 & \text{(Ne 3 = 30 máquinas)} & & \\
 Kf &= 6 \% = 0,06
 \end{aligned}$$

$$Ne_{\text{total}} = \frac{Vp_{\text{anual}}}{I_{\text{rend}} * t} (1 \pm K_f) \quad (1) \quad \overline{I_{\text{rend}}} = \frac{Vp'_{\text{anual}}}{Ne' * t'_f} \quad (2)$$

$$t'_f = \frac{\sum_{s=1}^3 (Ne'_t * t'_f)}{\sum_{s=1}^3 Ne'_t}$$

$$\begin{aligned}
 t'f &= [10(1) + 20(2) + 30(3)] / 60 \\
 t'f &= 140/60
 \end{aligned}$$

$$t'f = 2,33 \text{ turnos}$$

Sustituyendo en (2)

$$Irend = 730 \text{ camas} / (60 \text{ máquinas} * 2.33)$$

$$Irend = 730 / 139.8$$

$$Irend = 5,22 \text{ camas/máquinas} \text{ (Rendimiento de una máquina)}$$

Sustituyendo en (1)

$$Ne \text{ total} = 700 / (5.22 * 3) * (1 - 0.06)$$

$$Ne \text{ total} = 42 \text{ máquinas}$$

Ejercicio Resuelto #2: Para la proyección de un taller de maquinado se conoce que:

- El taller trabaja a razón de 2 turnos por día y 8 h/turno.
- $t_{so} = t_{st} = 3\%$ y $t_{np} = 2\%$ del fondo de tiempo nominal.
- Los tiempos efectivos necesarios de las piezas en cada máquina son:

	Tiempo efectivo total para cada tipo de pieza, en h/año		
Máquinas	Pieza I	Pieza II	Pieza III
Máquina 1	3660	-	-
Máquina 2	-	23787	3996
Máquina 3	7929	-	-
Máquina 4	-	3251	-
Máquina 5	-	-	1713

Datos:

Da=	365	$t_{so} = t_{st} =$	3
Ds=	52	$t_{np} =$	2
Dd=	52		
Df=	6		
ht=	8		
t=	2		
tpp=	0		

Determine:

- El fondo de tiempo disponible de las máquinas.
- Las necesidades calculadas y decididas de máquinas en cada caso.
- El índice de carga correspondiente, así como posibles medidas para su mejoramiento.

Solución: Método detallado.

- Cálculo del fondo de tiempo real de la maquinaria.

$$Ft_{real} = [D_A - (D_s / 2 + D_d + D_F)] \cdot (h_t \cdot t - t_{pp}) - (t_{st} + t_{so} + t_{np})$$

Primeramente se determina el fondo de tiempo nominal (primera parte de la expresión anterior), para luego restar los diferentes tiempos perdidos que vienen expresados en % del fondo de tiempo nominal, así:

$$Ftnom = [365 - (52/2 + 52 + 6)] * (8 * 2 - 0)$$

$$Ftnom = 4496 \text{ h/año}$$

De la información inicial se conoce que tso y tst es igual al 3% y tnp es igual al 2% del fondo de tiempo nominal y que tpp = 0 ya que solo se utiliza en casos donde se prevean 3 turnos de trabajo. De tal forma tenemos:

tso =	3 % de 4496 =	134,88 h/año
tst =	3 % de 4496 =	134,88 h/año
tnp =	2 % de 4496 =	89,92 h/año

Luego sustituyendo en (1):

$$F_{treal} = [4496 - (134.88 + 134.88 + 89.92)]$$

$$F_{treal} = 4136,32 \text{ h/año}$$

b) Cálculo de las necesidades calculadas y decididas de máquinas, así como el índice de carga correspondiente.

Primeramente y de acuerdo a los datos de la tabla inicial se determinan los gastos de tiempo efectivo de trabajo para cada máquina por la sumatoria de los gastos individuales de cada pieza, en cada máquina, así:

	Tiempo efectivo total para cada tipo de pieza, en h/año			
Máquinas	Pieza I	Pieza II	Pieza III	Te
Máquina 1	3660	-	-	3660
Máquina 2	-	23787	3996	27783
Máquina 3	7929	-	-	7929
Máquina 4	-	3251	-	3251
Máquina 5	-	-	1713	1713

Sustituyendo ahora los valores en la expresión de cálculo de máquinas:

$$Ne_{ki} = \frac{Te_{totali}}{Ft_{real}}$$

$$nc_i = \frac{te_{(total)i}}{Ne_{ki} \cdot Ft_{(real)k}} \cdot 100$$

Tenemos que:

Ne1 = 3660 / 4136.32 =	0,8848445	»	1	nc =	88 %
Ne2 = 27783 / 4136.32 =	6,7168401	»	7	nc =	96 %
Ne3 = 7929 / 4136.32 =	1,9169213	»	2	nc =	96 %
Ne4 = 3251 / 4136.32 =	0,7859643	»	1	nc =	79 %
Ne5 = 1713 / 4136.32 =	0,4141362	»	1	nc =	41 %
Ne total = 12 máq					

c) Algunas medidas para el mejoramiento del índice de carga de las máquinas. Analizando los índices de carga obtenidos del cálculo en cada caso podemos concluir que salvo la Máquina 5 que posee un índice muy bajo (41%), las máquinas restantes se encuentran utilizadas correctamente. Una posible solución al caso fuera desviar carga de trabajo desde estas máquinas hacia la Máquina 5 para aumentar su índice de carga, si tecnológicamente fuera posible. Otras variantes pudieran surgir analizando la posibilidad de distribuir la carga correspondiente a la Máquina 5 entre los restantes equipos y así mejorar el índice de carga. Aunque ninguna de las soluciones planteadas racionaliza la cantidad total de equipos de los tipos calculados. Esto solo se lograría si se analizara la posibilidad de cooperación con otros equipos del taller o con otros talleres y se pudiera prescindir de este.

Revisión de los ejercicios propuestos del 1 al 4 pág. 60 – 61.

Ejercicio Propuesto #1: Se desea proyectar una fábrica para la construcción de un puente que sea capaz de elaborar 25 000 t/año de estos productos laborando 2 turnos de trabajo. De una fábrica similar existente en el país, pero que posee un 10% de condiciones de trabajo inferiores a las que proyecta, se toma la información que para elaborar 10 500 t/año requieren un total de 90 equipos de los cuales 25 trabajan a razón de 1 turno por día, 45 a dos turnos y 20 a tres turnos por día. Determine el número de máquinas necesarias a instalar en la nueva fábrica para cumplimentar el programa previsto.

Solución: Método de los índices.

Vp'anual	=	10500	t	/año								
Ne'total	=	90	máquinas		(Ne 1	=	25	máquinas)	Vp'anual	=	2500	t/año
					(Ne 2	=	45	máquinas)	t	=	2	
					(Ne 3	=	20	máquinas)	Condiciones	=	+	
Kf	=	10	%	=	0,1							

$$Ne_{total} = \frac{Vp_{anual}}{I_{rend} * t} (1 \pm K_f) \quad (1)$$

$$\overline{I_{rend}} = \frac{Vp'_{anual}}{Ne' * t'_f} \quad (2)$$

$$t'_f = \frac{\sum_{s=1}^3 (Ne'_t * t'_f)}{\sum_{s=1}^3 Ne'_t}$$

$$t'_f = [25(1)+45(2)+20(3)]/90$$

$$t'_f = 175/90$$

$$t'f = 1,94 \text{ turnos}$$

Sustituyendo en (2)

$$lrend = 10500 \text{ t} / (90 \text{ máquinas} * 1.94)$$

$$lrend = 10500 / 174.6$$

$$lrend = 60 \text{ t/máquinas} \quad (\text{Rendimiento de una máquina})$$

Sustituyendo en (1)

$$Ne \text{ total} = 25000 / (60 * 2) * (1 + 0.1)$$

$$Ne \text{ total} = 229 \text{ máquinas}$$

Ejercicio Propuesto #2: En la proyección de un taller mecánico se ha previsto la producción de varias piezas de compleja elaboración y de gran demanda en el mercado nacional. Del grupo de piezas propuestas se conoce la información siguiente:

PIEZAS	Nj (piezas/año)	OPERACIONES TECNOLOGICAS (h/piezas)					tj (h/piezas)
		I	II	III	IV	V	
A	4000	3	2	1	4	2	12
B	1000	-	-	3	4	3	10
C	3000	2	-	1	-	3	6
D	2000	-	4	3	4	-	11

Determine el número de equipos necesarios para realizar cada paso de trabajo si se conoce que el taller será puesto en marcha en el presente año, previéndose un aumento de la productividad del trabajo de un 3%, además se conoce que el cumplimiento del tiempo norma se encontraba al 110% en el año anterior y que el fondo de tiempo anual disponible para un equipo en dicho taller es de 1900 h/año.

Datos:

$$Kcni = 110 \% = 1,1$$

$$Kf = 3 \% = 0,03$$

$$Ftanual = 1900 \text{ h/año}$$

Solución: Método detallado

e) Las necesidades calculadas y decididas de máquinas en cada caso.

$$A = 4000 \text{ (piezas/año)} * 12 \text{ (h/piezas)} = 48000 \text{ h/año}$$

$$B = 1000 \text{ (piezas/año)} * 10 \text{ (h/piezas)} = 10000 \text{ h/año}$$

$$C = 3000 \text{ (piezas/año)} * 6 \text{ (h/piezas)} = 18000 \text{ h/año}$$

$$D = 2000 \text{ (piezas/año)} * 11 \text{ (h/piezas)} = 22000 \text{ h/año}$$

$$Te(\text{total}) = 98000 \text{ h/año}$$

$$\begin{aligned}
 Ne_A &= 48000 / 1900 = 25,26 \gg 26 \\
 Ne_B &= 10000 / 1900 = 5,26 \gg 6 \\
 Ne_C &= 18000 / 1900 = 9,47 \gg 10 \\
 Ne_D &= 22000 / 1900 = 11,58 \gg 12
 \end{aligned}$$

$$Ne_{total} = 54 \text{ máq}$$

Ejercicio Propuesto #3: Se desea proyectar una fábrica para materiales de construcción que sea capaz de elaborar 25000 t/año de estos productos. De una fábrica similar existente en el país, pero que posee un 10% de condiciones de trabajo inferiores a la que se proyecta se toma la información que para elaborar 10500 t/año requieren un total de 120 obreros directos. Determine el número de obreros necesarios en la nueva fábrica para cumplimentar el programa previsto, si la productividad del trabajo de estos en el sector crece a razón de un 2% y la puesta en marcha es en 2 años.

Solución: Método de los índices de productividad de la fuerza de trabajo.

Cálculo de las necesidades de obreros directos de producción.

Datos:

$$\begin{aligned}
 Vp_j &= 10500 \text{ t/año} & K_f &= 10 \% \\
 ODP &= 120 & K_{pt} &= 2 \% \\
 Vp_j &= 25000 \text{ t/año} & \text{Condiciones} &= + \\
 n &= 2
 \end{aligned}$$

$$O_{DP} = \frac{Vp_j}{I'_{prod} * (1 + K_i)^n} (1 \pm K_f) \quad (1) \quad I'_{prod} = \frac{Vp'_j}{O'_{DP}}$$

$$I'_{prod} = 10500 / 120$$

$$I'_{prod} = 88 \text{ t/obrero*año}$$

Luego, sustituyendo en (1):

$$ODP = [25000] / [88 * (1 + 0.02)^2] * (1 + 0.1)$$

$$ODP = 300 \text{ obreros directos}$$

Ejercicio Propuesto #4: Utilizando los datos del ejercicio propuesto #2, determine el número de obreros directos necesarios para cada paso de trabajo si se conoce que se trabajarán 8 horas en cada turno, se planifican 24 días de vacaciones al año y existe un 8% del fondo de tiempo nominal perdido por ausencias y enfermedades.

PIEZAS	Nj (piezas/año)	OPERACIONES TECNOLOGICAS (h/piezas)					tj (h/piezas)
		I	II	III	IV	V	
A	4000	3	2	1	4	2	12
B	1000	-	-	3	4	3	10

C	3000	2	-	1	-	3	6
D	2000	-	4	3	4	-	11

Datos:

Kcni =	110	% = 1,1	tenf + taus =	8	%	Da=	365
Kpt =	3	% = 0,03	tv =	24	días/año	Ds=	52
n =	1		Productividad =	+		Dd=	52
ht =	8	h/turnos				Df=	6
t =	2						

Solución:

Cálculo de las necesidades calculadas y decididas de máquinas en cada caso.

A =	4000 (piezas/año) * 12 (h/piezas) =	48000 h/año
B =	1000 (piezas/año) * 10 (h/piezas) =	10000 h/año
C =	3000 (piezas/año) * 6 (h/piezas) =	18000 h/año
D =	2000 (piezas/año) * 11 (h/piezas) =	22000 h/año

$$Te(total) = \mathbf{98000 \text{ h/año}}$$

Cálculo del número de obreros directos de producción necesarios por máquina

$$Ft_{(anual)ODi} = [D_A - (D_S / 2 + D_D + D_F)] \cdot h_t - (t_v + t_{enf} + t_{aus} + t_{des} + t_{otros})$$

$$Ftnom = [365 - (52/2 + 52 + 6)] \cdot 8$$

$$Ftreal = [2248 - (192 + 179.84)]$$

$$Ftnom = \mathbf{2248 \text{ h/año}}$$

$$Ftreal = \mathbf{1876.16 \text{ h/año}}$$

$$tv = 24 \text{ días/año} \cdot 8 \text{ h/días} =$$

$$\mathbf{192 \text{ h/año}}$$

$$tenf + taus = 0.08 \cdot 2248 \text{ h/año} =$$

$$\mathbf{179,84 \text{ h/año}}$$

$$O_{DP_i} = \frac{\sum_{j=1}^e t_{N_j}}{Ft_{(anual)ODi} \cdot k_{cni} \cdot (1 + k_{pt})^n}$$

A	ODPi = 48000 h/año / (1876.16) * (1.1) * (1 + 0.03)^1 ODPi = 48000 / 2126 ODPi = 23 ODP
B	ODPi = 10000 h/año / (1876.16) * (1.1) * (1 + 0.03)^1 ODPi = 10000 / 2126 ODPi = 5 ODP
C	ODPi = 18000 h/año / (1876.16) * (1.1) * (1 + 0.03)^1 ODPi = 18000 / 2126 ODPi = 8 ODP
	ODPi = 22000 h/año / (1876.16) * (1.1) * (1 + 0.03)^1 ODPi = 22000 / 2126

D	ODPi = 10 ODP
----------	----------------------

Conclusiones de la clase

A modo de cerrar la clase práctica el profesor brinda conclusiones haciendo una valoración general de las dificultades presentadas por los estudiantes en el trabajo desarrollado y hace referencia a las medidas para erradicar éstas. Estimula a los estudiantes que realizaron un mejor trabajo y señala a los estudiantes con mayores dificultades, orientando la forma adecuada para erradicar las mismas.

Motivación para la próxima clase

En la próxima actividad se realizará una conferencia donde se estudiarán otros métodos para la determinación de fuerza de trabajo, materiales y áreas de una instalación.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Clase Práctica No. 4

Título: Métodos para la determinación de maquinarias, equipos y puestos de trabajo en una instalación.

Sumario:

Métodos para la determinación de fuerza de trabajo, materiales y áreas de una instalación.

Objetivos:

2. Determinar las necesidades de Fuerza de trabajo en una instalación aplicando diferentes métodos.
3. Determinar las necesidades de materiales en una instalación aplicando diferentes métodos.
4. Determinar las necesidades de áreas en una instalación aplicando diferentes métodos.

Bibliografía:

5. Gómez Figueroa, Diéguez Matellán (2007), Ingeniería de proyecto.
6. Whoite, G. & Hernández Pérez, G. (1986). Fundamentos de la Proyección de Fábricas de Producción de Maquinarias (parte I). Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. Cuba.
7. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.
8. Multimedia "Aprendiendo Distribución en Planta"

Desarrollo:

Introducción a la clase, realizar preguntas de comprobación a los estudiantes y revisar la realización del ejercicio propuesto. En la clase práctica se solucionará en la pizarra por un estudiante el ejercicio resuelto No. 3, 4 y 5 que se orientó de auto preparación. El profesor

resumirá los mismos, resaltando las principales características de los métodos de normativas de tiempo, índices de rendimiento y el ejercicio resuelto No 5, combinando la determinación de equipos y fuerza de trabajo en un mismo caso de estudio.

En la clase práctica se solucionará en la pizarra por un estudiante el ejercicio propuesto No. 6, 7 y 8 que se orientó de auto preparación. El profesor resumirá el mismo, resaltando las principales características del método.

Al concluir la realización de cada ejercicio el profesor debe enviar un estudiante a solucionarlo en la pizarra y hacer una explicación del método aplicado.

Ejercicio Resuelto #3: En la proyección de un taller se ha determinado que el gasto de tiempo de trabajo según normas para la elaboración de un programa previsto es de 100 000 h/año. De igual forma se prevé un cumplimiento del tiempo norma del 105%, un incremento de la productividad del trabajo anual de un 4% y la puesta en marcha del taller en 3 años, se conoce además que se trabajarán 8 horas en cada turno. Se planifican 24 días al año de vacaciones, un 8% del fondo de tiempo nominal para enfermedad y ausencias, no se planifica fuerza de trabajo femenina, ni interrupciones al proceso productivo por ninguna otra causa. Determine el número de obreros directos necesarios para cumplimentar el programa previsto.

Solución:

Se determinará el número de obreros directos necesarios a través del método basado en el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo mediante normativas.

Datos:

Da=	365	tNij =	100000	h/año	Productividad =	+
Ds=	52	Kcni =	105	%		
Dd=	52	Ki =	4	%		
Df=	6	n =	3			
ht=	8	tv =	24	días/año		
t=	1	tenf + taus =	8	%		
		tdes y totros =	0			

$$Ft_{(anual)ODi} = [D_A - (D_S/2 + D_D + D_F)] \cdot h_t - (t_v + t_{enf} + t_{aus} + t_{des} + t_{otros})$$

$$Ftnom = [D_A - (D_S/2 + D_D + D_F)] * h_t \quad Ft_{(anual)ODi} = Ftnom - (t_v + t_{enf} + t_{aus} + t_{des} + t_{otros})$$

$$Ftnom = [365 - (26 + 52 + 6)] * 8$$

$$Ft(anual)ODi = 2248 - (192 + 179.84 + 0)$$

$$Ftnom = 2248 \text{ h/año}$$

$$Ft(anual)ODi = 2248 - 371.84$$

$$Ft(anual)ODi = 1876 \text{ h/año}$$

$$tv = 24 \text{ días/año} * 8 \text{ h/días} = 192 \text{ h/año}$$

$$tenf + taus = 0.08 * 2248 \text{ h/año} = 179,84 \text{ h/año}$$

$$O_{DPi} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{N_i}}{Ft_{(anual)ODi} \cdot k_{eni} \cdot (1 + k_{pt})^n}$$

$$ODPi = [100000 \text{ h/año}] / [(1876 \text{ h/año}) * (1.05) * (1+0.04)^3]$$

$$ODPi = 100000/2216$$

$$ODPi = 45 \text{ obreros directos}$$

Ejercicio Resuelto #4: Una fábrica de construcción de maquinarias produjo el año anterior piezas de repuesto para la industria azucarera por valor de 17,5 millones de pesos. En esta producción intervinieron 1345 obreros directos de producción y se utilizó un área de 6000 m2. Para la proyección de una fábrica con similares propósitos, pero para la que se prevé un plan de producción anual de 25 millones de pesos y su puesta en marcha en 3 años, se desea conocer de forma aproximada las necesidades de obreros directos de producción y las necesidades de área conociendo que la productividad del trabajo de los obreros directos de producción en este sector crece a una razón anual del 3% y que las condiciones de trabajo de la fábrica que se proyecta serán mejores en un 20%.

Solución:

Cálculo de las necesidades de obreros directos de producción mediante el

Método de los índices de productividad de la fuerza de trabajo.

Datos:

$$Vp'_j = 17500000$$

$$ODP = 1345$$

$$A = 6000 \text{ m}^2$$

$$Vpj = 25000000$$

$$n = 3$$

$$Kf = 20 \%$$

$$Ki = 3 \%$$

$$As = 0$$

$$\text{Condiciones} = -$$

Cálculos Auxiliares:

$$\begin{array}{l} 17,5 * 10^6 = 17500000 \\ 25 * 10^6 = 25000000 \end{array}$$

$$I'_{prod} = \frac{Vp'_j}{O'_{DP}}$$

$$O_{DP} = \frac{Vpj}{I'_{prod} * (1 + K_i)^n} (1 \pm K_f) \quad (1)$$

$$I'_{prod} = 17500000 / 1345$$

$$I'_{prod} = \frac{\$ / obrero *}{13011 \text{ año}}$$

Luego, sustituyendo en (1):

$$ODP = [25000000] / [13011 * (1 + 0.03)^3] * (1 - 0.2)$$

$$ODP = \frac{1406,}{7 \text{ obreros}}$$

Cálculo de las necesidades de área:

$$K'A = \frac{6000 \text{ m}^2}{17500000 \$} = \frac{0,00034 \text{ m}^2 /}{3 \$}$$

$$A = B * K'A * (1 \pm kf) + AS$$

$$A = 25000000 \$ * 0.000343 \text{ m}^2 / \$ * (1 - 0.2) + 0$$

$$A = 6860 \text{ m}^2$$

Ejercicio Resuelto #5: Para el cálculo de las necesidades globales de materiales necesarios para la proyección de una fábrica de reductores de velocidad de varios tipos: A, B y C se brinda como dato la siguiente información:

Programa de Producción:

Tipo	Volumen de Producción (reductores/año)	Peso Unitario (Kg/reductores)
A	1000	700
B	6000	200
C	7500	355

De producciones comparativas existentes se han determinado los siguientes índices sumarios del consumo de materiales:

	A	B	C
Ke	1,8	2,1	1,6

Se conoce además que debe preverse una economía de materiales que representa un 15% con respecto a los índices tomados como referencia debido a mejoras en el diseño de los mismos equipos. Las necesidades de materiales de cada tipo se estructuran de la forma siguiente:

TIPOS DE MATERIALES	η (%)
I. Perfiles y barras de acero de diferentes secciones	24
II. Chapa de acero	3
III. Fundición gris	50
IV. Fundición de acero	6
V. Otros materiales	
a. Piezas normalizadas	10
b. Piezas y componentes importados	6
c. Otros	1
TOTAL	100

Del diseño global del proceso tecnológico se han determinado los siguientes esquemas de materiales (los valores porcentuales son referidos al consumo total de materiales).

PROCESOS	REDUCTORES TIPO: A, B, C		
	20%	50%	30%
Tornos paralelos			
Tornos revólver			
Talladora de engranes			
Fresadora			
Taladros			
Rectificadoras			
Tratamiento térmico			
Montaje			

Calcule:

- las necesidades de materiales totales para la fábrica.
- Las necesidades de materiales de cada tipo.

Solución:

Datos:

$k_f = 15\%$

Mejoras = -

- Para el cálculo de la necesidad total de materiales utilizamos la expresión:

$$M = 1000 * V_p * k'_e * (1 \pm k_f)$$

Para lo cual se hace necesario llevar el volumen de producción a Kg/año

Reductor	Vpj (red/año)	mj (Kg/red)	Vpj (Kg/año)	k'ej	(1 ± kf)j	Mj (Kg/año)
A	1000	700	700000	1.8	0,85	1071000000
B	6000	200	1200000	2.1	0,85	2142000000
C	7500	355	2662500	1.6	0,85	3621000000
					TOTAL	6834000000

M = 7533195 ton/año

b) Para calcular las necesidades de materiales de cada tipo utilizamos los índices de estructuración, de tal forma tenemos que:

TIPOS DE MATERIALES	ηy (%)	My (t/año)
I. Perfiles y barras de acero de diferentes secciones	24	1807966,8
II. Chapa de acero	3	225995,85
III. Fundición gris	50	3766597,5
IV. Fundición de acero	6	451991,7
V. Otros materiales		
-Piezas normalizadas	10	753319,5
-Piezas y componentes importados	6	451991,7
-Otros	1	75331,95
TOTAL	100	7533195

Ejercicio Propuesto #6: Para el cálculo de las necesidades de materiales de un grupo de productos a elaborar en un taller mecánico que se proyecta se conoce la siguiente información:

TIPOS DE MATERIALES	Nc_{yj} (Kg/t de p.t.*)
Perfiles de barras de acero de diferentes secciones	330
Semiproductos de hierro fundido	450
Semiproductos de acero fundido	120
Piezas normalizadas y de cooperación	80
Otros	20
Total	1000

* p.t. – producto terminado

El taller tiene que producir anualmente 15 000 toneladas de los productos del grupo. Por datos de producciones comparativas se conoce que se consume un promedio 150 Kg/t de producto terminado de materiales auxiliares que se estructuran como sigue:

TIPOS DE MATERIALES	M _{sy} (%)
Perfiles de barras de acero de diferentes secciones	45
Chapas de acero de diferentes secciones	35
Barras de acero aleado	12
Otros	8
Total	100

Calcule las necesidades de materiales especificando si es utilizado en la producción principal o auxiliar.

Datos:

V _{pj} =	15000	ton	/	año
M _{sy} =	150	Kg	/	año

Solución: Método del cálculo de las necesidades de materiales mediante normativas del consumo de materiales de cada tipo

TIPOS DE MATERIALES	V _{pj} (ton/año)	N _{c_{yj}} (Kg/t de p.t.*)	Σ (V _{pj} * N _{c_{yj}})
Perfiles de barras de acero de diferentes secciones	15000	330	4950000
Semiproductos de hierro fundido	15000	450	6750000
Semiproductos de acero fundido	15000	120	1800000
Piezas normalizadas y de cooperación	15000	80	1200000
Otros	15000	20	300000
Total	15000	1000	15000000

$$M_y = \sum_{j=1}^e (N_{c_{yj}} \cdot V_{p_j}) + M_{sv}$$

$$M_y = 15000000 + 150$$

$$My = 15000150 \text{ ton/año}$$

TIPOS DE MATERIALES	My ton/año	M _{sy} (%)	My (total) ton/año
Perfiles de barras de acero de diferentes secciones	15000150	45	6750067,5
Chapas de acero de diferentes secciones	15000150	35	5250052,5
Barras de acero aleado	15000150	12	1800018
Otros	15000150	8	1200012
Total	15000150	100	15000150

Ejercicio Propuesto #7: En la proyección de un taller mecánico se ha previsto la producción de varias piezas, de las cuales se conoce la información siguiente:

		OPERACIONES TECNOLOGICAS					
PIEZAS	Nj (piezas/año)	(h/piezas)					tj
		I	II	III	IV	V	
A	3500	2	3	2	3	1	11
B	1800	1	-	-	4	3	8
C	2550	-	3	1	-	2	6
D	3020	1	-	4	2	-	7

Se prevé un cumplimiento del tiempo norma del 108%, un incremento de la productividad del trabajo anual de un 4% y la puesta en marcha del taller el próximo año, se conoce además que se trabajarán 2 turnos de 8 horas cada uno al día y que $t_{so} = t_{st} = 3,5\%$ y $t_{np} = 2\%$ del fondo de tiempo nominal. Se planifican 24 días al año de vacaciones y un 5% del fondo de tiempo nominal para enfermedad y ausencias. Determine:

- El fondo de tiempo disponible de las máquinas.
- Las necesidades calculadas y decididas de máquinas en cada caso.
- El índice de carga correspondiente, así como posibles medidas para su mejoramiento.
- El número de obreros directos de producción necesarios para cumplir el plan de producción que se proyecta.

Datos:

$$K_{cni} = 108 \% = 1,08$$

$$K_i = 4 \% = 0,04$$

$$t_{enf} + t_{aus} = 5 \%$$

$$t_{so} = 3,5 \%$$

$$D_a = 365$$

$$D_s = 52$$

n =	1	tst =	3,5	%	Dd=	52	
ht =	8	h/turnos	tnp =	2	%	Df=	6
t =	2	tpp =	0				
		tv =	24	días/año			

Solución:

d) Cálculo del fondo de tiempo disponible de las máquinas.

$$Ft_{real} = [D_A - (D_s / 2 + D_d + D_F)] \cdot (h_t \cdot t - t_{pp}) - (t_{st} + t_{so} + t_{np})$$

$$Ftnom = [365 - (52/2 + 52 + 6)] \cdot (8 \cdot 2 - 0)$$

$$Ftnom = 4496 \text{ h/año}$$

$$tso = 3.5\% \text{ de } 4496 = 157,36 \text{ h/año}$$

$$tst = 3.5\% \text{ de } 4496 = 157,36 \text{ h/año}$$

$$tnp = 2\% \text{ de } 4496 = 89,92 \text{ h/año}$$

$$Ft_{real} = [4496 - (157.36 + 157.36 + 89.92)]$$

$$Ft_{real} = 4091,4 \text{ h/año}$$

e) Las necesidades calculadas y decididas de máquinas en cada caso.

$$A = 3500 \text{ (piezas/año)} \cdot 11 \text{ (h/piezas)} = 38500 \text{ h/año}$$

$$B = 1800 \text{ (piezas/año)} \cdot 8 \text{ (h/piezas)} = 14400 \text{ h/año}$$

$$C = 2550 \text{ (piezas/año)} \cdot 6 \text{ (h/piezas)} = 15300 \text{ h/año}$$

$$D = 3020 \text{ (piezas/año)} \cdot 7 \text{ (h/piezas)} = 21140 \text{ h/año}$$

$$Te(\text{total}) = 89340 \text{ h/año}$$

$$NeA = 38500 / 4091.36 = 9,41 \approx 10$$

$$NeB = 14400 / 4091.36 = 3,52 \approx 4$$

$$NeC = 15300 / 4091.36 = 3,74 \approx 4$$

$$NeD = 21140 / 4091.36 = 5,17 \approx 6$$

$$Ne \text{ total} = 24 \text{ máq}$$

f) El índice de carga correspondiente, así como posibles medidas para su mejoramiento.

$$n_{c_{ik}} = \frac{te_{(total)i}}{Ne_{ki} \cdot Ft_{(real)k}} \cdot 100$$

$\eta_{cA} =$	$38500/(10 * 4091.36) =$	0,9410	= 94.1 %
$\eta_{cB} =$	$14400/(4 * 4091.36) =$	0,8799	= 87.99 %
$\eta_{cC} =$	$15300/(4 * 4091.36) =$	0,9349	= 93.49 %
$\eta_{cD} =$	$21140/(6 * 4091.36) =$	0,8612	= 86.12 %

g) El número de obreros directos de producción necesarios para cumplir el plan de producción que se proyecta.

$$F_{t_{(anua)ODi}} = [D_A - (D_S/2 + D_D + D_F)] \cdot h_t - (t_v + t_{enf} + t_{aus} + t_{des} + t_{otros})$$

$$F_{tnom} = [365 - (52/2 + 52 + 6)] * 8$$

$$F_{tnom} = \mathbf{2248 \text{ h/año}}$$

$$F_{treal} = [2248 - (192 + 112.4)]$$

$$F_{treal} = \mathbf{1943.6 \text{ h/año}}$$

$$t_v = 24 \text{ días/año} * 8 \text{ h/días} = \mathbf{192 \text{ h/año}}$$

$$t_{enf} + t_{aus} = 0.05 * 2248 \text{ h/año} = \mathbf{112,40 \text{ h/año}}$$

$$O_{DPi} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{N_i}}{F_{(anua)ODi} \cdot k_{cni} \cdot (1 + k_{pt})^n}$$

$$ODPi = 89340 \text{ h/año} / (1943.6) * (1.08) * (1 + 0.04)^1$$

$$ODPi = 89340 / 2183$$

$$ODPi = \mathbf{41 \text{ ODP}}$$

Ejercicio Propuesto #8: Para la proyección de una fábrica productora de equipos agrícolas de varios tipos, se conoce que esta deberá producir equipos por valor de 10 millones de pesos. De una empresa productora de equipos similares, se conoce que la misma concluyó en el año anterior con una producción de 7,5 millones de pesos y que empleó un área para realizarla de 5 500 m². En la proyección de dicha fábrica se prevé obtener una utilización del área de producción que supere en un 20% al área de la empresa tomada como referencia. Para la

empresa que se proyecta deberán preverse además las siguientes áreas suplementarias:

- Área para el almacenamiento en edificios: 25% del área de producción.
- Área para el desarrollo de productos: 1,5% del área de producción.
- Área para el edificio administrativo y técnico: 1,5% del área de producción.
- Otras áreas techadas: % del área de producción.

Determine:

- Las necesidades de área principal en edificaciones para la fábrica que se proyecta.
- Las necesidades de área de producción principal, auxiliar y marginal, conociendo de antemano que estas se estructuran de la forma siguiente:

App = 77,5 %

Apa = 17,5 %

Apal = 5,0 %

Datos:

B =	10	*	10	^	6	=	10000000	Utilización de área =	-
B' =	7,5	*	10	^	6	=	7500000		
A' =	5500	m ²							
Kf =	20	%	=				0,2		
As =	0								

Área para el almacenamiento en edificios:

25	%	=	1466	m ²
----	---	---	------	----------------

Área para el desarrollo de productos:

1,5	%	=	87,96	m ²
-----	---	---	-------	----------------

Área para el edificio administrativo y técnico:

1,5	%	=	87,96	m ²
-----	---	---	-------	----------------

Otras áreas techadas:

	%	=	0	m ²
--	---	---	---	----------------

a) Cálculo de las necesidades de área principal en edificaciones para la fábrica que se proyecta.

$$A = B * K'A * (1 \pm kf) + AS$$

$$A = 10000000 \$ * 0.000733 \text{ m}^2 * (1 - 0.2) + 0$$

$$A = 5864 \text{ m}^2$$

$$K'A = 5500 \text{ m}^2 / 7500000 \$ = 0,000733 \text{ m}^2$$

b) Cálculo de las necesidades de área de producción principal, auxiliar y marginal.

$$\text{App} = 77,5 \% = 4545 \text{ m}^2$$

$$\text{Apa} = 17,5 \% = 1026 \text{ m}^2$$

$$\text{Apal} = 5 \% = 293 \text{ m}^2$$

$$A(\text{total}) = 5864 \text{ m}^2$$

Conclusiones de la clase

A modo de cerrar la clase práctica el profesor brinda conclusiones haciendo una valoración general de las dificultades presentadas por los estudiantes en el trabajo desarrollado y hace referencia a las medidas para erradicar éstas. Estimula a los estudiantes que realizaron un mejor trabajo y señala a los estudiantes con mayores dificultades, orientando la forma adecuada para erradicar las mismas.

Motivación para la próxima clase

En la próxima actividad se realizará una conferencia donde se estudiarán Aspectos teóricos conceptuales básicos sobre la distribución espacial de plantas. Apoyo computacional a la distribución en planta.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Clase Práctica No. 5

Título: Métodos para la distribución en planta

Sumario:

1. Método Húngaro.
2. Método Triangular.

Objetivos:

1. Determinar la distribución espacial de una instalación aplicando métodos de tipo heurísticos o de soluciones aproximadas (Método Triangular) y de tipo óptimo (Método Húngaro).

Bibliografía:

1. Whoite, G. & Hernández Pérez, G. (1986). Fundamentos de la Proyección de Fábricas de Producción de Maquinarias (parte I). Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. Cuba.
2. Fichero: Métodos de distribución espacial de la planta.ppt
3. Compilación de actividades prácticas de Distribución Espacial de la Planta. Negrín E. (2007).
4. Multimedia "Aprendiendo Distribución en Planta"
5. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.

Desarrollo:

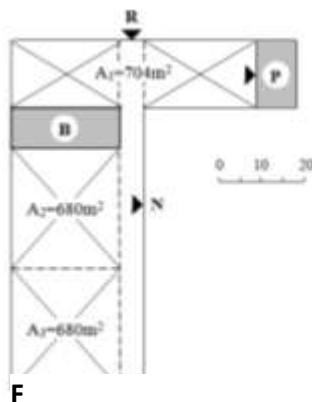
Introducción a la clase, realizar preguntas de comprobación a los estudiantes y determinar su nivel de conocimiento acerca de los métodos de distribución espacial. En la clase práctica se solucionarán dos tipos de problemas de distribución espacial: el primero aplicando el método húngaro (solución óptima) y en el segundo se aplicará el método triangular (solución aproximada).

El docente distribuirá a los estudiantes del grupo por colectivos para que trabajen en resolver cada problema. Deberá enviarse estudiantes a la pizarra a resolver los ejercicios, se aclararán las dudas y puntualizarán los contenidos más relevantes.

1. Método Húngaro

Ejercicio Resuelto #1: En una fábrica productora de válvulas de diferentes tipos se decide crear un taller de válvulas automáticas para la producción de las piezas individuales que conforman los diferentes productos. Debido a que prácticamente todas las piezas se elaboran totalmente en cada autómatas, no existen relaciones productivas entre dichas máquinas. Sin embargo todas poseen relación con el almacén de materias primas (R), con un almacén intermedio previo al proceso de montaje de las válvulas (F) y con una instalación para el procesamiento de los desperdicios metálicos del maquinado (P), así como un taller de acabado (N) para algunas piezas. El total de máquinas (116 autómatas) fueron agrupadas según su tipo en tres grupos. Los grupos de máquinas formados poseen aproximadamente la misma intensidad de transporte respecto a los k objetos o lugares externos al sistema considerado (considere $k = 4$).

Para ubicar los tres grupos de máquinas antes señaladas, se dispone de un edificio, en el cual se delimitan tres áreas (A1, A2 y A3) de 704, 680 y 680m² respectivamente, que satisfacen los requerimientos de espacio de cada grupo de equipos, y cuya posición respecto a los objetos o lugares externos al sistema considerado y a un área destinada a oficinas de taller (B), se muestra en la figura siguiente:



Se desea determinar el ordenamiento óptimo de los grupos de maquinarias en los lugares disponibles para ello, de forma tal que el gasto de transporte total del sistema sea el mínimo.

Solución:

De las relaciones que poseen cada grupo de máquinas con los k objetos o lugares externos al sistema considerado y de acuerdo con las distancias que separan a cada uno de estos de las diferentes áreas disponibles para el ordenamiento, se obtiene la matriz del gasto del transporte del sistema resultado del producto matricial:

$$Q_{ij} = I_{ik} \cdot S_{kj} \quad (t \cdot m / día)$$

$$I_{ik} \text{ (t/día)} =$$

		S			
I		Q			

$$S_{kj}(m) =$$

i \ j	A ₁	A ₂	A ₃
R	21	52	87
P	28	70	105
N	45	14	49

i \ k	R	P	N	F
Z ₁	1.1	0.3	0	0.8
Z ₂	1.5	0.4	0.5	0.6
Z ₃	2.3	0.6	0.5	1.2

	A ₁	A ₂	A ₃
	109.1	128.6	150.4
	123.4	150.8	214.4
	204.0	244.2	322.4

$$= Q_{ij} \text{ (t·m/día)}$$

$$Q =$$

109.1	128.6	150.4
123.4	150.8	214.4
204.0	244.2	322.4

$$-$$

109.1		
123.4		
204		

$$=$$

0	19.5	41.3
0	27.4	91
0	40.2	118.4

$$= Q'(SNO)$$

Leyenda:
 SO: Solución óptima
 SNO: Solución no óptima
 Asignado:

$$-$$

0	19.5	41.3
---	------	------

$$=$$

0	0	0
0	7.9	49.7
0	20.7	77.1

$$= Q''(SNO)$$

	A1	A2	A3
Z1	0	0	0
Z2	0	7,9	49,7
Z3	0	20,7	77,1

↓

	A1	A2	A3
Z1	7,9	0	0
Z2	0	0	41,8
Z3	0	12,8	69,2

$$= Q''(SO)$$

El gasto de transporte inherente a la solución obtenida se determina en base a los valores de Q_{ij} correspondientes en la matriz inicial, o sea:

L1	L2	L3
P3	P2	P1
204,0	150,8	150,4
Qtotal = 505.2 t.m/día		

Por ser esta la solución más factible al problema planteado, se cumple que:

$$Q_{total} = Q_{min} = 505.2 \text{ t·m/día}$$

2. Método Triangular

Ejercicio Resuelto #2: En la proyección de un taller mecánico ha sido seleccionada una estructura espacial de taller para un grupo de seis máquinas que laboran vinculadas a la producción de un determinado grupo de cuatro piezas. Las relaciones entre las máquinas, así como su cuantía, se muestran en la tabla que sigue:

Relaciones entre las unidades		Intensidad de las relaciones (t/mes)
desde (i)	hasta (j)	
1	4	5
	5	7
	6	2
2	3	2
	5	6
3	1	4
	4	8
4	3	3
	5	2
5	2	3
6	1	3
	4	5

Determine:

- El orden de asignación de las máquinas a los vértices de la red triangular.
- La variante de esquema de ordenamiento que minimice el gasto de transporte del grupo.
- El gasto de transporte mínimo, en t-u.g.d./mes

Solución: Método Triangular

Se omite el *Paso 1* ya que son conocidas por datos las relaciones entre las unidades y su cuantía.

Paso 2: Matriz cuadrada orientada de las relaciones entre las unidades estructurales:

i\j	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	5	7	2
2	0	0	2	0	6	0
3	4	0	0	8	0	0
4	0	0	3	0	2	0
5	0	3	0	0	0	0
6	3	0	0	5	0	0

Paso 3: Matriz triangular no orientada de las relaciones entre las unidades estructurales:

1	0			
2	0	0		
3	4	2	0	
4	5	0	11	0

Esta matriz triangular (no orientada) de las relaciones totales se obtiene a partir de la matriz cuadrada anterior,

5	7	9	0	2	0	
6	5	0	0	5	0	0
	1	2	3	4	5	6

haciendo:

$$I = I_{ij} + I_{ji}$$

Paso 4: Matriz cuadrada no orientada de las relaciones totales entre las unidades estructurales.

i\j	1	2	3	4	5	6
1	0	0	4	5	7	5
2	0	0	2	0	9	0
3	4	2	0	11	0	0
4	5	0	11	0	2	5
5	7	9	0	2	0	0
6	5	0	0	5	0	0

Este paso se realiza partiendo de la matriz triangular obtenida en el paso anterior, por un proceso de transposición de los elementos para lograr una matriz cuadrada simétrica donde los elementos de la diagonal principal son ceros.

Paso 5:

i\j	1	2	3	4	5	6
1	X	0	4	5	7	5
2	0	X	2	0	9	0
3	4	2	X	11	0	0
4	5	0	11	X	2	5
5	7	9	0	2	X	0
6	5	0	0	5	0	X
Ne	0	0	0	0	0	0
F4	5	0	11	X	2	5
S1	5	0	11	X	2	5
F3	4	2	X	11	0	0
S2	9	2	X	X	2	5
F5	7	9	0	2	X	0
S3	16	11	X	X	X	5
F2	0	X	2	0	9	0
S4	16	X	X	X	X	5
F1	X	0	4	5	7	5
S5	X	X	X	X	X	10
F6	5	0	0	5	0	X
S6	X	X	X	X	X	X

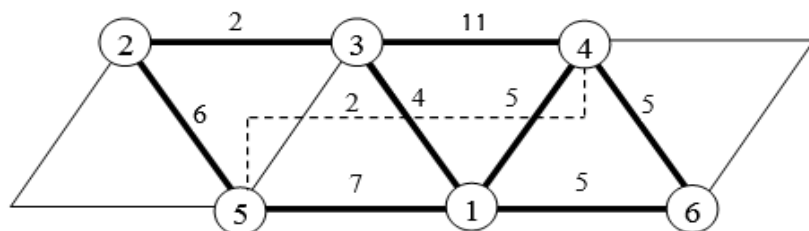
Nota Aclaratoria:

A partir del **Paso 5** el ejercicio debe hacerse manualmente

El orden de asignación obtenido es el siguiente:

F4	F3	F5	F2	F1	F6
----	----	----	----	----	----

Paso 6: Esquema de ordenamiento triangular para las seis unidades estructurales del ejemplo



Paso 7: Cálculo de la intensidad de transporte del sistema.

$$Q'_{\text{total}} = (4 * 1)(5 * 1)(7 * 1)(5 * 1)(2 * 1)(9 * 1)(11 * 1)(2 * 2)(5 * 1)$$

$$Q'_{\text{total}} = \mathbf{52 \quad t-u.g.d./mes}$$

Conclusiones de la clase

A modo de cerrar la clase práctica el profesor brinda conclusiones haciendo una valoración general de las dificultades presentadas por los estudiantes en el trabajo desarrollado y hace referencia a las medidas para erradicar éstas. Estimula a los estudiantes que realizaron un mejor trabajo y señala a los estudiantes con mayores dificultades, orientando la forma adecuada para erradicar las mismas.

Estudio Independiente

Ejercicio propuesto 1 – 4 pág. 92 – 94

Motivación para la próxima clase

En la próxima clase se realizara un laboratorio con el objetivo de que empleen programas informáticos en la determinación de la distribución espacial.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Clase Práctica No. 6

Título: Gastos Totales de la distribución espacial de la planta.

Sumario:

- Cálculo de los Gastos Totales de la distribución espacial de la planta.

Objetivos:

2. Determinar la distribución espacial de una instalación aplicando métodos de tipo heurísticos o de soluciones aproximadas (Método Triangular) y de tipo óptimo (Método Húngaro).
3. Determinar los Gastos Totales de una distribución espacial de la planta.

Bibliografía:

6. Woithe, G. & Hernández Pérez, G. (1986). Fundamentos de la Proyección de Fábricas de Producción de Maquinarias (parte I). Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. Cuba.

7. Compilación de actividades prácticas de Distribución Espacial de la Planta. Negrín E. (2007).
8. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”
9. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.

Desarrollo:

Introducción a la clase, realizar preguntas de comprobación a los estudiantes y determinar su nivel de conocimiento acerca del tema de la determinación de los gastos totales asociados a una distribución espacial determinada. En la clase práctica se realizarán los cálculos de los gastos de transporte de diferentes distribuciones espaciales.

El docente distribuirá a los estudiantes del grupo por colectivos para que trabajen en resolver cada problema. Deberá enviarse estudiantes a la pizarra a resolver los ejercicios, se aclararán las dudas y puntualizarán los contenidos más relevantes.

Ejercicio Propuesto #3: Para la producción de un taller mecánico que cuenta con dos secciones; maquinado ligero y maquinado pesado, se ha destinado un edificio de dos luces, una para cada sección. Para la sección de maquinado ligero ha sido seleccionada una estructura espacial de taller para 9 grupos de equipos que abarcan 42 máquinas.

Las intensidades de transporte entre los 9 grupos antes señalados son los que se muestran en la tabla siguiente:

Relaciones entre las unidades		Intensidad de las relaciones (t/mes)
desde (i)	hasta (j)	
1	2	25
	5	10
2	3	14
	5	18
	8	28
3	1	15
	6	20
4	7	22
	1	8
5	9	15
6	3	21
	2	12
	7	6
	9	5
7	5	13

Se conoce que cada luz del edificio del taller posee un pasillo central y dos áreas para disponer máquinas que admiten en total 4 líneas de ordenamiento como máximo.

Determine:

- a) El orden de asignación de los grupos de máquinas a los vértices de una red triangular.
- b) Una variante de esquema de ordenamiento de los grupos en una red triangular para las condiciones dadas.
- c) El gasto de transporte (ficticio) que provoca la variante adoptada en t- u.g.d./mes.

	2	10
8	1	9
	9	7
9	2	8

Solución: Método Triangular

Se omite el *Paso 1* ya que son conocidas por datos las relaciones entre las unidades y su cuantía.

Paso 2: Matriz cuadrada orientada de las relaciones entre las unidades estructurales:

i\j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	25	0	0	10	0	0	0	0
2	0	0	14	0	18	0	0	28	0
3	15	0	0	0	0	20	0	0	0
4	8	0	0	0	0	0	22	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	15
6	0	12	21	0	0	0	6	0	5
7	0	10	0	0	13	0	0	0	0
8	9	0	0	0	0	0	0	0	7
9	0	8	0	0	0	0	0	0	0

Paso 3: Matriz triangular no orientada de las relaciones entre las unidades estructurales:

1	0								
2	25	0							
3	15	14	0						
4	8	0	0	0					
5	10	18	0	0	0				
6	0	12	41	0	0	0			
7	0	10	0	22	13	6	0		
8	9	28	0	0	0	0	0	0	
9	0	8	0	0	15	5	0	7	0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Paso 4: Matriz cuadrada no orientada de las relaciones totales entre las unidades estructurales.

i\j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	25	15	8	10	0	0	9	0
2	25	0	14	0	18	12	10	28	8
3	15	14	0	0	0	41	0	0	0
4	8	0	0	0	0	0	22	0	0
5	10	18	0	0	0	0	13	0	15
6	0	12	41	0	0	0	6	0	5

7	0	10	0	22	13	6	0	0
8	9	28	0	0	0	0	0	7
9	0	8	0	0	15	5	0	7

Paso 5:

ij	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	X	25	15	8	10	0	0	9	0
2	25	X	14	0	18	12	10	28	8
3	15	14	X	0	0	41	0	0	0
4	8	0	0	X	0	0	22	0	0
5	10	18	0	0	X	0	13	0	15
6	0	12	41	0	0	X	6	0	5
7	0	10	0	22	13	6	X	0	0
8	9	28	0	0	0	0	0	X	7
9	0	8	0	0	15	5	0	7	X
Ne	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F6	0	12	41	0	0	X	6	0	5
S1	0	12	41	0	0	X	6	0	5
F3	15	14	X	0	0	41	0	0	0
S2	15	26	X	0	0	X	6	0	5
F2	25	X	14	0	18	12	10	28	8
S3	40	X	X	0	18	X	16	28	13
F8	9	28	0	0	0	0	0	X	7
S4	49	X	X	0	18	X	16	X	20
F1	X	25	15	8	10	0	0	9	0
S5	X	X	X	8	28	X	16	X	20
F7	0	10	0	22	13	6	X	0	0
S6	X	X	X	30	41	X	X	X	20
F4	8	0	0	X	0	0	22	0	0
S7	X	X	X	X	41	X	X	X	20
F5	10	18	0	0	X	0	13	0	15
S8	X	X	X	X	X	X	X	X	35
F9	0	8	0	0	15	5	0	7	X
S9	X	X	X	X	X	X	X	X	X

El orden de asignación obtenido es el siguiente:

F6	F3	F2	F8	F1	F7	F4	F5	F9
----	----	----	----	----	----	----	----	----

Ejercicio Propuesto #4: En la proyección de un taller mecánico ha sido seleccionada una estructura espacial de grupo o red para un grupo de 6 máquinas que laboran vinculadas a la

producción de un determinado grupo de 4 piezas. Las relaciones entre las máquinas, así como su cuantía se muestra en la tabla siguiente:

Relaciones entre las unidades		Tipos de Piezas				Intensidad de las relaciones (t/mes)
desde (i)	hasta (j)	A	B	C	D	
1	2	5				5
	3			3		3
2	1	2		1.8	3.6	7.4
	4	1.3	6.4		2.1	9.8
	5		3.8			3.8
3	4	1.2		0.8		2
	2		2.5	1.6		4.1
	6	1.3	0.7		1.1	3.1
4	5	0.6	2.3			2.9
5	6	4.1		2.8	0.6	7.5
	3		1.6	2.1		3.7
6	5			3.8	2.3	6.1

Para la ubicación del grupo de máquinas en el taller se dispone de un área rectangular atravesada por un pasillo central que permite en su totalidad tres líneas de ordenamiento de acuerdo a la configuración y tamaño de las máquinas.

Determine:

- d) El orden de asignación de las máquinas a los vértices de la red triangular.
- e) La variante de esquema de ordenamiento que minimice el gasto de transporte del grupo.
- f) El gasto de transporte mínimo, en t-u.g.d./mes

Solución: Método Triangular

Se omite el *Paso 1* ya que son conocidas por datos las relaciones entre las unidades y su cuantía.

Paso 2: Matriz cuadrada orientada de las relaciones entre las unidades estructurales:

i\j	1	2	3	4	5	6
1	0	5	3	0	0	0
2	7.4	0	0	10	3.8	0
3	0	4.1	0	2	0	3
4	0	0	0	0	2.9	0
5	0	0	3.7	0	0	8
6	0	0	0	0	6.1	0

Paso 3: Matriz triangular no orientada de las relaciones entre las unidades estructurales:

1	0					
2	12	0				
3	3	4	0			
4	0	10	2	0		
5	0	4	4	3	0	
6	0	0	3	0	14	0
	1	2	3	4	5	6

Paso 4: Matriz cuadrada no orientada de las relaciones totales entre las unidades estructurales.

i\j	1	2	3	4	5	6
1	0	12	3	0	0	0
2	12	0	4	10	4	0
3	3	4	0	2	4	3
4	0	10	2	0	3	0
5	0	4	4	3	0	14
6	0	0	3	0	14	0

Paso 5:

i\j	1	2	3	4	5	6
1	X	12	3	0	0	0
2	12	X	4	10	4	0
3	3	4	X	2	4	3
4	0	10	2	X	3	0
5	0	4	4	3	X	14
6	0	0	3	0	14	X
Ne	0	0	0	0	0	0
F5	0	4	4	3	X	14
S1	0	4	4	3	X	14
F6	0	0	3	0	14	X
S2	0	4	7	3	X	X
F2	12	X	4	10	4	0
S3	12	X	11	13	X	X
F1	X	12	3	0	0	0
S4	X	X	14	13	X	X
F4	0	10	2	X	3	0
S5	X	X	16	X	X	X
F3	3	4	X	2	4	3
S6	X	X	X	X	X	X

El orden de asignación obtenido es el siguiente:

F5	F6	F2	F1	F4	F3
----	----	----	----	----	----

Conclusiones de la clase

A modo de cerrar la clase práctica el profesor brinda conclusiones haciendo una valoración general de las dificultades presentadas por los estudiantes en el trabajo desarrollado y hace referencia a las medidas para erradicar éstas. Estimula a los estudiantes que realizaron un mejor trabajo y señala a los estudiantes con mayores dificultades, orientando la forma adecuada para erradicar las mismas.

Estudio Independiente

Traer para la próxima clase los ejercicios resueltos en clase por los diferentes métodos de distribución en planta.

Motivación para la próxima clase

En la próxima clase se realizara un laboratorio con el objetivo de que empleen programas informáticos en la distribución espacial de la planta a través de los diferentes métodos ya estudiados.

Anexo #3: Seminarios.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Seminario No. 1

Título: Procedimientos y factores asociados a la localización de instalaciones

Sumario:

1. Factores que afectan las decisiones de localización. Clasificación.
2. Diferencias entre manufactura y servicios.

Bibliografía:

1. Fichero: Las decisiones de localización.ppt
2. Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O., Negrín Sosa, E., (2006) Las decisiones de localización en la Administración de Operaciones. Monografía. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
3. Material complementario Tema II: Localización de instalaciones DSP.L. (PDF)
4. Material complementario Tema II: Las decisiones de ubicación Machuca (PDF)
5. Material complementario Tema II: Cap. 9 Ubicación de las instalaciones (PDF)
6. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”
7. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.

Objetivos:

- Caracterizar el procedimiento general para la toma de las decisiones de localización a partir de lo expuesto por diferentes fuentes bibliográficas.
- Caracterizar y clasificar los factores que intervienen en las diferentes fases de la toma de decisiones de localización.
- Identificar las principales diferencias en la toma de decisiones de localización para empresas manufactureras y de servicio.

Introducción al Seminario

A modo de introducir el seminario, el profesor hace un breve recuento de los aspectos fundamentales que fueron tratados en la conferencia anterior y orienta a los alumnos que los equipos disponen de 15 minutos cada uno para exponer el seminario. Enfatiza que al concluir la exposición le realizará preguntas evaluativas a los estudiantes que no participaron en el seminario con el objetivo que sean evaluados. El profesor explica que la puntuación de los alumnos que pertenecen a los equipos y la de los estudiantes que se evaluarán oralmente serán de dos (2) - cinco (5) puntos.

Desarrollo:

Exposición de los estudiantes basada en la bibliografía consultada, analizando principalmente los aspectos:

- Factores que afectan las decisiones de localización, exponiendo las características generales de cada factor y la importancia de tenerlos en cuenta en este proceso.
- Clasificación de los factores de localización desde diferentes perspectivas y su implicación en los procedimientos propuestos.
- Diferencias en la toma de decisiones de localización para empresas de manufactura y servicios, teniendo en cuenta los objetivos que persiguen en este tipo de decisiones y su implicación en los métodos a emplear para determinarlas.

Realizar conclusiones destacando los aspectos fundamentales debatidos.

Motivación para la clase siguiente

En la siguiente clase se verá que es el Plan general de una instalación compleja y el procedimiento general para su diseño, además se caracterizaran y clasificaran los métodos para la toma de decisiones de localización de instalaciones, así como las ventajas e inconvenientes en la utilización de cada uno de ellos.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Seminario No. 2

Título: Distribución espacial de la planta

Sumario:

1. La distribución en planta. Aspectos conceptuales y enfoques.
2. La planeación de la distribución en planta.
3. Experiencias de la concepción y desarrollo de la distribución en planta en el entorno nacional.

Objetivos:

4. Caracterizar los aspectos teóricos-conceptuales básicos de la distribución en planta.
5. Conocer las fases o etapas del proceso de planeación de la distribución espacial en planta.
6. Identificar las experiencias nacionales en la concepción y desarrollo de la distribución en planta.

Bibliografía:

1. Material Complementario en soporte digital “Distribución Espacial de la Planta”, compilado por Dr. Ernesto Negrín Sosa, MSc. Evis Diéguez Matellán, Dra. Olga Gómez Figueroa (2007).
2. Administración de Operaciones. R. Schroeder (1992). (Capítulo relacionado con el tema)
3. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”

Introducción al Seminario

A modo de introducir el seminario, el profesor hace un breve recuento de los aspectos fundamentales que fueron tratados en la conferencia anterior y orienta a los alumnos que los equipos disponen de 15 minutos cada uno para exponer el seminario. Enfatiza que al concluir la exposición le realizará preguntas evaluativas a los estudiantes que no participaron en el seminario con el objetivo que sean evaluados. El profesor explica que la puntuación de los alumnos que pertenecen a los equipos y la de los estudiantes que se evaluarán oralmente serán de dos (2) - cinco (5) puntos.

Desarrollo:

Los estudiantes realizarán una exposición basada en la bibliografía consultada, analizando principalmente los aspectos:

4. Aspectos básicos de la distribución en planta. Principales conceptos según la bibliografía consultada.
5. Planeación de la distribución en planta. Fases o Etapas para su implementación.
6. Experiencias positivas y negativas del desarrollo de la distribución en planta en el contexto nacional.

Realizar conclusiones destacando los aspectos fundamentales valorados.

Motivación para la próxima clase

En la próxima clase estudiaremos los métodos para la distribución espacial de la planta. Método SLP. Método Húngaro. Método triangular. Evaluación y factibilidad de la distribución espacial de la planta.

Anexo #4: Laboratorios.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Laboratorio No. 1

Título: Localización de una instalación

Sumario:

1. Método de los factores Ponderados.
2. Método del Centro de Gravedad.
3. Método de Transporte.

Objetivos:

Determinar la mejor alternativa de localización de una instalación utilizando apoyo computacional.

Bibliografía:

1. Gómez Figueroa, Diéguez Matellán (2007), Ingeniería de proyecto
2. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”
3. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.

Desarrollo:

AB-POM es una aplicación versátil que permite la solución de una gran cantidad de problemas en el campo de la investigación operativa. Incluye 18 módulos útiles para analizar una gran variedad de problemas asociados a la programación lineal, la planeación agregada, la teoría de colas, la planeación del requerimiento de materiales, la localización y distribución en planta, entre otros.

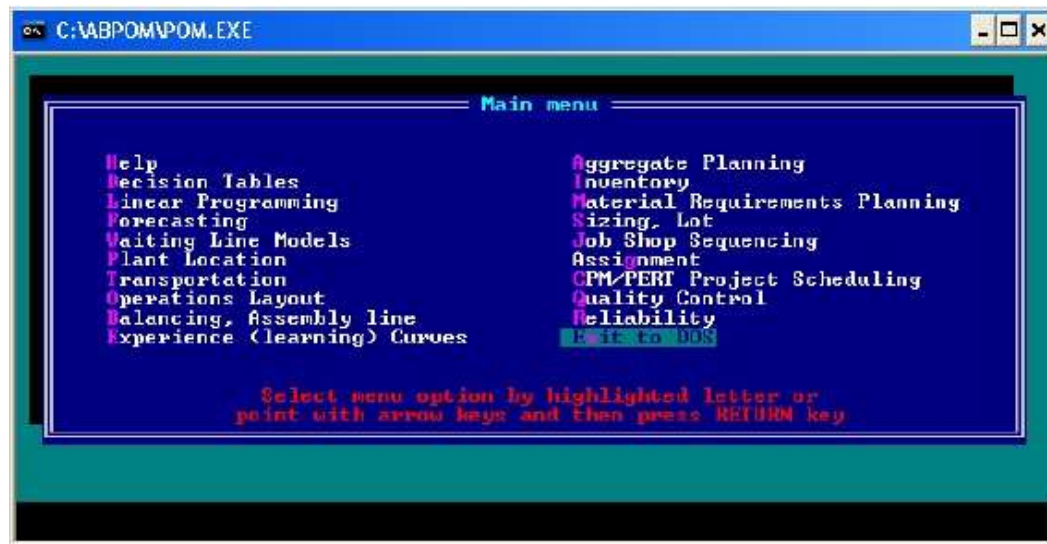
Este es un programa que corre sobre el MS-DOS por tanto no requiere de instalación. Para ejecutarlo solamente es necesario hacer doble clic en la aplicación POM.exe contenida dentro de la carpeta AB-POM. Al ejecutar el programa se visualizará la pantalla principal del software tal y como se muestra a continuación:



Después de abierta la ventana de inicio del programa es necesario seguir las instrucciones que brinda el programa en idioma inglés.

1. Presionar cualquier tecla para comenzar
2. Luego presionar la tecla “M” o “1” o “2” para entrar en la ventana del Menú Principal.

En dicha ventana se muestran los módulos disponibles. Estos se ejecutan presionando la tecla que corresponda a la letra inicial de la opción deseada o utilizando las teclas “↓”, “↑”, “→”, “←” para destacar la opción deseada y luego presionar “Enter”. Para una mayor comprensión se muestra dicha ventana a continuación:



Una vez ejecutado el módulo deseado, aparece una nueva pantalla que muestra en su borde inferior los siguientes comandos:

- Help** – Muestra el menú Ayuda
- New** - Comenzar un nuevo problema
- Load** – Para abrir un archivo desde una unidad de disco
- Main** – Para volver al módulo de Menú Principal
- Util** – Personalizar el color, sonidos, impresión.
- Quit** – Salir del programa y retornar al sistema Windows
- Save** – Guardar archivo en una unidad de disco
- Titl** – Cambiar el título del problema
- Prnt** – Imprimir los datos o la solución del problema
- Run** - Comenzar el procesamiento de los datos introducidos

Todos los comandos relacionados anteriormente son válidos en cada uno de los módulos y para ejecutarlos basta con presionar la tecla correspondiente a la primera letra de cada opción.

1.1 Instrucciones para la utilización del módulo “Plant Location” (Localización de la planta).

Este módulo permite solucionar problemas de localización de una planta utilizando el método de los factores ponderados y el método del centro de gravedad. Luego de seleccionar dicho módulo desde la ventana del Menú Principal presionamos la tecla “N” para comenzar un problema nuevo. Luego aparecen los métodos que incluye el programa en la resolución de un problema de localización.

- Weighting Method (Método de los Factores Ponderados)
- Center of Gravity Method (Método del Centro de Gravedad)

Para seleccionar uno de estos métodos utilizamos el mismo procedimiento que se usó para entrar al módulo.

1.1.1 Entrada de la base de datos para el Método de los Factores Ponderados

El software solicita al usuario la introducción de los grupos de datos de uno en uno, por tanto una vez introducido el grupo de datos solicitado es necesario presionar la tecla “Enter” para dar paso a la entrada del siguiente grupo.

La base de datos de entrada que caracteriza este método consiste en:

- Título del problema (Enter title)
- Número de factores a tener en cuenta para la localización (Number of factors)
- Número de localizaciones posibles (Number of locations)
- Peso o importancia relativa de cada factor (Weight)
- Calificación para cada localidad según el factor.

1.1.2 Entrada de la base de datos para el Método del Centro de Gravedad

Por su parte, en el Método del Centro de Gravedad, los datos de entrada al módulo consistirán en:

- Título del problema (Enter title)
- Número de instalaciones existentes (Number of sites)
- Volumen de unidades a transportar entre las instalaciones o bien las relaciones de transporte entre ellos (Weight/trips)
- Abscisas (x coord) y ordenadas (y coord) de cada punto.

1.1.3 Indicaciones para correr el módulo

Al terminar con el proceso de entrada de datos ya estamos en condiciones de correr el problema, para ello presionamos la tecla “Esc” para validar la entrada de datos y visualizar la línea de comandos en el borde inferior de la ventana. Luego, presionamos la tecla “R” para ejecutar el comando Run.

Después de ejecutar dicho comando aparecen instantáneamente sobre la ventana los resultados del problema. Luego imprimimos el resultado presionando F9 si contamos con una impresora acoplada a la computadora o guardamos siguiendo las siguientes instrucciones:

1. Presionamos dos veces la tecla “Esc” para acceder a la línea de comandos.
2. Luego presionamos la tecla “S” correspondiente al comando Save.

Esta última acción ejecutará una nueva ventana donde se presionará la tecla F1 para seleccionar la unidad de disco donde se desea guardar la base de datos y luego “Enter” para validar dicha selección, una vez escogida la unidad se introducirá un nombre al archivo y se presionará “Enter” nuevamente.

Para salir del programa, simplemente presionamos la tecla “Esc” nuevamente, luego la tecla “Q” para ejecutar el comando Quit y a continuación la tecla “Y”.

1.1.4 Ejemplo de un problema resuelto mediante el Método de los Factores Ponderados.

Supongamos el problema siguiente:

Un fabricante de aparatos electrónicos desea expandirse construyendo una segunda instalación. Su búsqueda se ha reducido a cuatro localizaciones, todas aceptables para la gerencia en lo que se refiere a factores dominantes o críticos. La evaluación de esos sitios, realizada en función de siete factores de localización, aparece en la siguiente tabla:

Factor de localización	Ponderación del factor (%)	Alternativas			
		A	B	C	D
Disponibilidad de mano de obra.	20	5	4	4	5
Calidad de vida	16	2	3	4	1
Sistema de transporte	16	3	4	3	2
Proximidad a los mercados	14	5	3	4	4
Proximidad a los materiales	12	2	3	3	4
Impuestos	12	2	5	5	4
Servicios públicos	10	5	4	3	3

Calcule el puntaje ponderado para cada alternativa. ¿Qué localización es la más recomendable?

Solución:

La matriz de datos de entrada al módulo sería de la siguiente forma:

Plant Location					
Number of factors(1-99) 7		Number of locations (1-6) 4			
Ejemplo					
FACTORS	Weight	A	B	C	D
Factor 1	20.00	5.00	4.00	4.00	5.00
Factor 2	16.00	2.00	3.00	4.00	1.00
Factor 3	16.00	3.00	4.00	3.00	2.00
Factor 4	14.00	5.00	3.00	4.00	4.00
Factor 5	12.00	2.00	3.00	3.00	4.00
Factor 6	12.00	2.00	5.00	5.00	4.00
Factor 7	10.00	5.00	4.00	3.00	3.00

Después de seguir las indicaciones de la sección 1.1.3 el programa arroja los siguientes resultados:

Plant Location					
Number of factors(1-99) 7			Number of locations (1-6) 4		
Ejemplo					
FACTORS	Weight	A	B	C	D
Factor 1	20.00	5.00	4.00	4.00	5.00
Factor 2	16.00	2.00	3.00	4.00	1.00
Factor 3	16.00	3.00	4.00	3.00	2.00
Factor 4	14.00	5.00	3.00	4.00	4.00
Factor 5	12.00	2.00	3.00	3.00	4.00
Factor 6	12.00	2.00	5.00	5.00	4.00
Factor 7	10.00	5.00	4.00	3.00	3.00
Weighted Score		348.00	370.00	374.00	330.00
The location with the best (highest score) is			C		

Como se puede observar la localización C representa el sitio con la mayor puntuación (Weighted Score), por tanto es allí donde se debe localizar la nueva instalación.

1.1.5 Ejemplo de un problema resuelto mediante el Método del Centro de Gravedad.

Supongamos el problema siguiente:

Cool Air, fabricante de aire acondicionado para automóviles, actualmente produce su línea XB-300 en tres plantas diferentes: la Planta A, la Planta B y la Planta C. Recientemente la gerencia decidió construir todos los compresores (que son un componente importante del

producto) en una instalación independiente, dedicada exclusivamente a eso: la Planta D. Determine la ubicación óptima de dicha planta. Suponga una relación lineal entre volúmenes despachados y costos de despacho.

Planta	Coordenadas		Compresores requeridos por año
	X	Y	
A	150	75	6000
B	100	300	8200
C	275	380	7000

Solución:

La matriz de datos de entrada al módulo sería de la siguiente forma:

Plant Location			
Number of sites(1-99) 3			
Ejemplo			
SITES	Weight/trips	x coord	y coord
Planta A	6000.00	150.00	75.00
Planta B	8200.00	100.00	300.00
Planta C	7000.00	275.00	380.00

Luego de correr el programa utilizando el procedimiento descrito en la sección 1.1.3, se obtiene el siguiente resultado:

Number of sites(1-99) 3		Plant Location		Solution	
Ejemplo					
SITES	Weight/trips	x coord	y coord	Weighted Coordinates	
				<i>X-coord</i>	<i>Y-coord</i>
Planta A	6000.00	150.00	75.00	900000	450000
Planta B	8200.00	100.00	300.00	820000	2460000
Planta C	7000.00	275.00	380.00	1925000	5570000
Total	21200	525.00	755.00	3645000	5570000
Average		175.00	251.667	171.934	262.736
The unweighted center of gravity is		$x = 175$	$y = 251.6667$		
The weighted center of gravity is		$x = 171.934$	$y = 262.7358$		

Como se puede observar el centro de gravedad (the weighted center of gravity) para este problema está localizado en el punto (172; 262.7), por tanto es allí donde debe ser ubicada la planta D.

1.2 Instrucciones para la utilización del módulo “Transportation” (Transporte)

Este módulo permite solucionar problemas de localización de una planta utilizando el método del transporte. Luego de seleccionar dicho módulo desde la ventana del Menú Principal presionamos la tecla “N” para comenzar un problema nuevo. A continuación se mostrará una ventana para la entrada de datos.

1.2.1 Entrada de la base de datos para el Método del Transporte

Para preparar una base de datos para este módulo se necesitan definir los elementos siguientes:

- Título del problema (Enter title)
- Número de fuentes o proveedores de producto (Number of sources)
- Número de clientes (Number of destinations)
- Oferta disponible asociada a cada proveedor (Supply)
- Demanda por cada cliente (Demand)
- Los costos de cada celda por proveedor y cliente.

Durante la entrada de datos el programa solicitará el criterio de la función objetivo, el cual puede ser de maximización o minimización, en dependencia de los datos del problema a resolver. Si la unidad de contribución utilizada es el costo que representa mover una unidad de flujo por una unidad de distancia, entonces debe indicarse el criterio de minimización. En caso de que se trate de unidades de ganancia o ingresos, será maximización.

No se requiere introducir filas o columnas ficticias. El problema añadirá una u otra automáticamente cuando detecte que los valores de demanda y oferta no son iguales.

1.2.2 Indicaciones para correr el módulo

Deben seguirse las mismas indicaciones descritas en la sección 1.1.3.

1.2.3 Ejemplo de un problema de localización resuelto mediante el Método del Transporte

Supongamos el problema siguiente:

Una empresa de alimentos dispone para la elaboración de sus productos de 3 fábricas cuyas capacidades de producción son 45 000, 93 000, 60 000 unidades respectivamente. También dispone de 3 centros de distribución con capacidades de:

A	B	C
28 000 uds.	65 000 uds.	35 000 uds.

Debido al aumento que han experimentado sus ventas (unas 70 000 unidades), la Dirección de la Empresa está evaluando la posibilidades de abrir un nuevo centro de distribución para lo cual tiene dos ubicaciones posibles (D, E). De estudios anteriores se conoce que si se escogiera

la ubicación D, se incurriría en un costo de 842 000 unidades monetarias. Determine la ubicación más económica para localizar el nuevo centro de distribución, si se conoce que los costos de transporte entre las diferentes ubicaciones son:

C. Unitarios	A	B	C	D	E
1	8	12	2	6	15
2	12	4	3	10	4
3	0	7	11	8	7

Solución:

En este caso específico se hace necesario determinar el costo de ubicación del nuevo centro de distribución en E, y luego compararlo con el que se incurriría si se localizara en D. La ubicación que genere el menor costo constituirá entonces la solución más económica a este problema. Después de introducir los datos y correr el programa se mostrarán los siguientes resultados:

Number of sources (2-99) 3 minimize		Transportation		Number of destinations (2-99) 4	
Ejemplo					
	A	B	C	E	Supply
Fábrica 1	8	12	2	15	45000
Fábrica 2	13	4	3	4	93000
Fábrica 3	0	7	11	7	60000
Demand	28000	65000	35000	70000	

Como se observa, la estructura del problema se corresponde con el formato estándar del método de transporte de programación lineal.

Luego de correr el programa utilizando el procedimiento descrito en la sección 1.1.3., se obtiene el siguiente resultado:

Number of sources (2-99) 3		Transportation		Number of destinations (2-99) 4	
Minimize		Solution			
Ejemplo					
	A	B	C	E	Supply
Fábrica 1		10000	35000		45000
Fábrica 2		55000		38000	93000
Fábrica 3	28000			32000	60000
Demand	28000	65000	35000	70000	
The minimum total cost =	\$ 786000				

El programa computó un costo de 786000 u para la ubicación en E, de tal forma al comparar con el costo en D (842000u.) se aprecia que el primero es inferior en 56000 u. Luego, la solución más económica es ubicar el centro en E con un costo asociado de transporte de 786 000 unidades monetarias.

1.3 Instrucciones para la utilización del módulo “Operations Layout” (determinación de la distribución en planta)

Este módulo permite obtener la mejor redistribución de una planta existente, o sea, permite distribuir o situar departamentos o unidades estructurales en áreas específicas, de forma tal que el número total de movimientos sea mínimo.

NOTA: El número de departamentos (Dept) a ubicar debe ser igual a la cantidad de áreas (Room) disponibles para ello.

1.3.1 Entrada de la base de datos

Los datos de entrada al módulo consistirán en:

- Título del problema (Enter title)
- Número de departamentos a ubicar (Number of departments)
- La matriz de las intensidades de tráfico entre departamentos (Flow matrix)
- La matriz de distancia entre departamentos (Distance matrix)

1.3.2 Indicaciones para correr el módulo

Deben seguirse las mismas indicaciones descritas en la sección 1.1.3.

1.3.3 Ejemplo de un problema de distribución en planta

Supongamos el problema siguiente:

Para la ubicación de 4 nuevos grupos de máquinas automáticas en un taller mecánico que incorpora nuevas producciones a su nomenclatura se han seleccionado 4 áreas desocupadas dentro del taller (A1, A2, A3 y A4). La matriz de las intensidades de tráfico (Flow Matrix)

entre los grupos de máquinas vinculadas al sistema así como la matriz de distancias (Distance Matrix) se muestran a continuación:

	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
M ₁	0	125	86	98
M ₂	95	0	140	115
M ₃	120	115	0	122
M ₄	40	80	70	0

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
A ₁	0	11	10	3
A ₂	12	0	5	11
A ₃	8	9	0	9
A ₄	14	7	12	0

Determine la mejor distribución para los grupos de máquinas en las áreas del taller.

Solución:

La base de datos de entrada al módulo sería de la siguiente forma:

Number of sites(1-99) 3 Operations Layout				
Ejemplo				
<i>Flow Matrix</i>				
	Dept 1	Dept 2	Dept 3	Dept 4
Dept 1	0	125	86	98
Dept 2	95	0	140	115
Dept 3	120	115	0	122
Dept 4	40	80	70	0
<i>Distance Matrix</i>				
	Room 1	Room 2	Room 3	Room 4
Room 1	0	11	10	3
Room 2	12	0	5	11
Room 3	8	9	0	9
Room 4	14	7	12	0

Si desea puede asignar nombres específicos a las áreas (Room) y departamentos (Dept) en correspondencia con las características del problema. Como podemos apreciar en el ejemplo, no siempre el objetivo a seguir es la ubicación de departamentos como tal, sino que pueden ser también puestos de trabajo o grupos de máquinas como en este caso.

NOTA: Si durante este proceso, le asigna el mismo nombre de un departamento a un área específica, entonces el departamento será ubicado allí automáticamente. Use esta opción en caso de ser necesario mantener algún departamento en una posición fija debido a las características propias del proceso productivo.

Luego de correr el programa utilizando el procedimiento descrito en la sección 1.1.3, se obtiene el siguiente resultado:

Operations Layout					Solution
Number of sites(1-99) 3					
Ejemplo					
<i>Flow Matrix</i>					
	Maq.1	Maq.2	Maq.3	Maq.4	<i>Department in Room</i>
Maq. 1	0	125	86	98	<i>Dept 1 in Room 3</i>
Maq. 2	95	0	140	115	<i>Dept 2 in Room 2</i>
Maq. 3	120	115	0	122	<i>Dept 3 in Room 1</i>
Maq. 4	40	80	70	0	<i>Dept 4 in Room 4</i>
<i>Distance Matrix</i>					
	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	
Area 1	0	11	10	3	
Area 2	12	0	5	11	
Area 3	8	9	0	9	
Area 4	14	7	12	0	
<i>The total movement is 9 454</i>					

El programa determinó ubicar: el primer grupo de máquinas en el área 3, el segundo en la 2, el tercero en la 1 y por último, el cuarto en la 4. De tal forma el número total de movimientos sería igual a 9 454.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Laboratorio No. 2

Título: Distribución espacial de la planta.

Sumario: Métodos de distribución espacial. Uso de soporte computacional

Objetivos:

- Determinar la mejor alternativa de distribución espacial de una planta utilizando apoyo computacional.

Bibliografía:

- Guía para el uso de programas computacionales en la determinación de la distribución espacial. Negrin E. (2007).
- Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.
- Multimedia "Aprendiendo Distribución en Planta"

Desarrollo:

2. Utilización de WINQSB

WinQSB es un sistema interactivo de ayuda a la toma de decisiones que contiene herramientas muy útiles para resolver distintos tipos de problemas en el campo de la investigación operativa.

Este programa utiliza los mecanismos típicos de la interface de Windows, es decir, ventanas, menús desplegables, barras de herramientas, etc.; por lo tanto su manejo es similar a cualquier otro que utilice el entorno Windows.

Todos los módulos del programa tienen en común los siguientes menús desplegables:

- **File:** incluye las opciones típicas de este tipo de menús en Windows, es decir, permite crear y salvar ficheros con nuevos problemas, leer otros ya existentes o imprimirlos.
- **Edit:** incluye las utilidades típicas para editar problemas, copiar, pegar, cortar o deshacer cambios. También permite cambiar los nombres de los problemas, las variables, y las restricciones. Facilita la eliminación o adición de variables y/o restricciones, y permite cambiar el sentido de la optimización.
- **Format:** incluye las opciones necesarias para cambiar la apariencia de las ventanas, colores, fuentes, alineación, anchura de celdas, etc.
- **Solve and Analyze:** esta opción incluye al menos dos comandos, uno para resolver el problema y otro para resolverlo siguiendo los pasos del algoritmo.
- **Results:** incluye las opciones para ver las soluciones del problema y realizar si procede distintos análisis de la misma.
- **Utilities:** este menú permite acceder a una calculadora, a un reloj y a un editor de gráficas sencillas.
- **Window:** permite navegar por las distintas ventanas que van apareciendo al operar con el programa.
- **WinQSB:** incluye las opciones necesarias para acceder a otro módulo del programa.
- **Help:** permite acceder a la ayuda on-line sobre la utilización del programa o las técnicas utilizadas para resolver los distintos modelos. Proporciona información sobre cada una de las ventanas en la que nos encontremos.

Teniendo en cuenta que el objeto de estudio de este manual es la resolución de problemas de localización y distribución en planta, ejecutamos el módulo *Facility Location and Layout*, el cual se representa por el icono: 

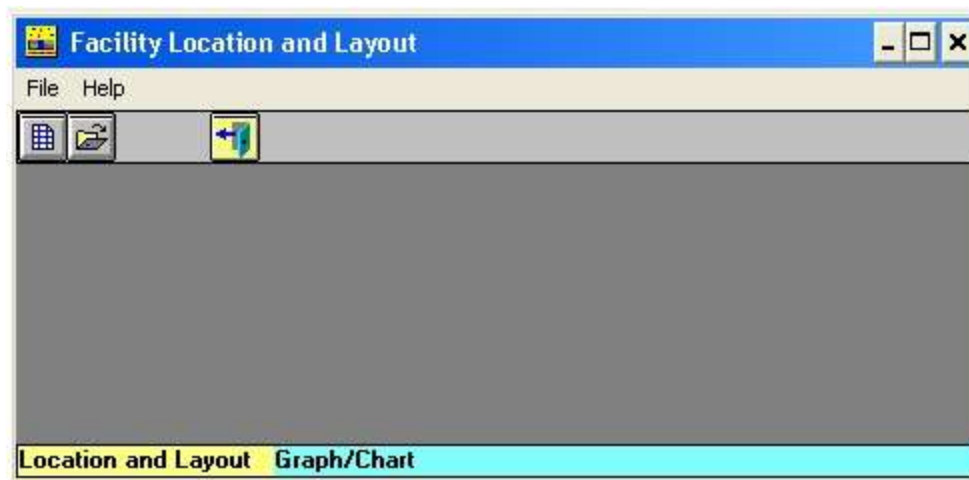
2.1 Instrucciones para la utilización del módulo FLL (*Facility Location and Layout*)

En la asignatura “Distribución en Planta” este módulo se utilizará solamente para resolver problemas de distribución en planta, aunque también permite solucionar problemas de localización (a partir de métodos no contemplados en la asignatura) y de balance de líneas de montaje.

Para la resolución de problemas de distribución en planta el software utiliza un método heurístico basado en el algoritmo CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), el cual permite obtener la mejor redistribución de una planta existente a través de transposiciones

sucesivas de sus departamentos o unidades estructurales, hasta alcanzar el costo mínimo de las interrelaciones entre operaciones o departamentos.

A continuación se listan los iconos contenidos en la barra de herramientas del programa con sus funciones específicas.



Al ejecutar el módulo se visualizará la pantalla principal del software tal y como se muestra a continuación:

2.1.1 Introducción del problema de Distribución en Planta.

Primeramente se seleccionará el comando New Problem en el menú File o simplemente hará clic en el icono correspondiente a Problema nuevo. El programa mostrará la siguiente ventana:

A continuación se describirán cada una de las casillas de esta ventana:

- Problem Type (Tipo de problema): Como el caso que nos ocupa son los problemas de distribución en planta, entonces hacemos clic en la opción Functional Layout.
- Objective Criterion (Criterio de la función objetivo): En función de las características del problema puede ser de minimización o maximización.
- Problem Title (Título del problema): Se escribe el título con que identificamos el problema.
- Number of Functional Department (Número de departamentos funcionales).
- Number Rows in Layout Area (Número de filas en el área de distribución).
- Number Columns in Layout Área (Número de columnas en el área de distribución).

La definición del criterio de la función objetivo estará muy relacionada con las características de cada problema en particular. Si la unidad de contribución utilizada es el costo que representa mover una unidad de flujo por una unidad de distancia entre un departamento y otro, entonces debe indicarse el criterio de minimización. En caso de que se trate de unidades de ganancia o ingresos, será maximización. Mediante un ejemplo demostraremos como se introducen los datos para la resolución de un problema de Distribución en Planta.

Ejemplo:

Como parte del proceso de perfeccionamiento empresarial que se viene llevando a cabo en el país, una empresa sideromecánica desea cambiar la distribución espacial existente en su Área de Producción (Ver figura 2.1) con el objetivo de disminuir los costos de las interrelaciones entre sus operaciones. En dicha área funcionan 7 talleres. La dirección de la empresa ha sugerido mantener el taller de acabado (B) en la posición actual para permitir el fácil acceso desde el resto de los talleres.

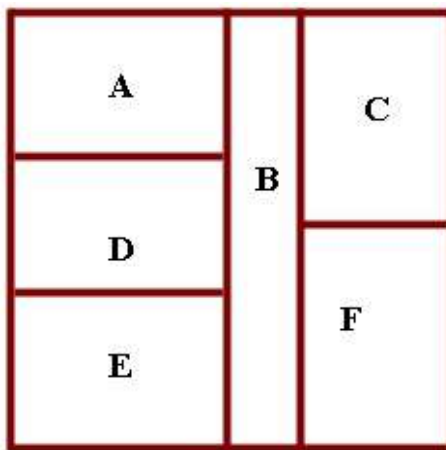


Figura 2.1: Representación de la distribución actual en el Área de Producción

La matriz de flujo entre las áreas se muestra a continuación:

	A	B	C	D	E	F
A	0	25	86	98	79	0
B	77	0	40	0	0	92
C	28	15	0	35	69	31
D	40	80	70	0	84	14
E	0	68	72	85	0	91
F	65	42	14	69	76	0

Por su parte el costo (en miles de pesos) de las interrelaciones entre las áreas es el siguiente:

	A	B	C	D	E	F
A	0	7.2	1.6	5	3	0
B	2	0	2	0	0	2
C	4	1.6	0	0.12	3.1	1.1
D	3.2	3	1.3	0	2.5	0.6
E	0	4.2	5.2	3.5	0	1
F	3.5	4.1	0.1	3.2	2.9	0

Determine la mejor distribución para los grupos de máquinas en el Área de Producción.

Solución:

Podemos ver claramente que estamos ante un problema de minimización, pues la unidad de contribución relacionada en el problema son unidades de costo.

Para definir el número de filas y columnas del área de distribución representamos la distribución actual de la planta utilizando cualquier escala en una hoja de papel, luego trazamos cuadrículas sobre el plano de forma tal que coincidan con las líneas que limitan un departamento con otro. De tal forma, para el caso objeto de estudio el área de distribución queda definida por seis filas e igual número de columnas, tal y como se muestra en la figura 2.2.

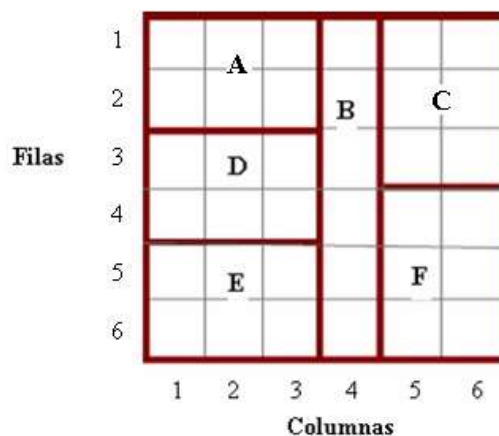


Figura 2.2: Representación de la distribución inicial de la planta en un plano cuadriculado.

Al definir las filas y columnas debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Use la unidad más grande posible, esto reducirá los números totales de filas y columnas y por consiguiente reducirá el tiempo de cómputo para los intercambios.
- Generalmente, la unidad apropiada para definir una fila y una columna corresponderá al común denominador entre las dimensiones horizontales y verticales para cada departamento.
- La fila y columna deben tener la misma escala, de otra manera los valores de distancia procesados pueden ser incorrectos.

Teniendo claro todo esto, ya estamos en condiciones de introducir el problema desde la ventana *Nuevo Problema (New Problem)*:

Una vez llenados todos los campos presionamos el botón OK para visualizar la hoja de entrada de datos. Presione el botón Cancel si desea cancelar o el botón Help si desea visualizar los temas de ayuda del software.

2.1.2 Entrada de la base de datos

En la hoja de entrada de datos debemos introducir:

- El nombre de cada departamento (opcional)
- El flujo entre departamentos
- El costo por unidad de distancia entre departamentos
- La ubicación de cada departamento en la distribución inicial

2.1.2.1 Consideraciones para la entrada de la base de datos

- Use las teclas de flecha o la tecla Tab para desplazarse por la hoja de entrada de datos. Puede también seleccionar las celdas haciendo clic.

- En caso de ser necesario mantener algún departamento en una posición fija debido a las características propias del proceso productivo que tiene lugar en la planta (por ejemplo: el cuerpo de guardia de un hospital, etc.), debe escribir “yes” en la celda correspondiente a la columna con la etiqueta Location Fixed, el programa pondrá “no” por defecto en el resto de los departamentos.
- Introduzca el flujo y el costo por unidad de distancia en el formato “flujo/costo unitario”. Si el costo unitario no se introduce entonces se asume el dato como unidades de flujo. Por ejemplo, “120/3.2” representa que el flujo entre dos departamentos es 120 y el costo por unidad de distancia es 3.2; por tanto “37.5” representa que el flujo entre dos instalaciones es 37.5 y que el costo por unidad de distancia es 1. Tenga en cuenta que el flujo entre departamentos puede ser de materiales, de clientes, de dinero o de información.
- Introduzca la ubicación de cada departamento en la distribución actual en el siguiente formato: (2,4) representa la celda: fila 2, columna 4, (3,4) - (5,7) representa el área rectangular comprendida entre las filas 3 y 5 y las columnas 4 y 7.
- En caso necesario use los comandos del menú **Edit** para cambiar el nombre del problema, el criterio de la función objetivo, el número de filas y columnas o para agregar o quitar departamentos.
- Use los comandos del menú **Format** para cambiar el formato de los números, el estilo de fuente, el color, la alineación, ancho y largo de las celdas.
- Después de introducidos todos los datos del problema se recomienda guardarlo, para ello usar el comando Save Problem As en el menú **File**.

Una vez introducida la base de datos al programa, la ventana se visualizaría como sigue:

Functional Layout Information for Ejemplo									
1 : Location Fixed			no						
Department Number	Department Name	Location Fixed	To Dep. 1 Flow/Unit	To Dep. 2 Flow/Unit	To Dep. 3 Flow/Unit	To Dep. 4 Flow/Unit	To Dep. 5 Flow/Unit	To Dep. 6 Flow/Unit	Initial Layout in Cell Locations
1	A	no	0	25/7.2	86/1.6	98/5	79/3	0	(1,1)-(2,3)
2	B	yes	77/2	0	40/2	0	0	92/2	(1,4)-(6,4)
3	C	no	28/4	15/1.6	0	35/0.12	69/3.1	31/1.1	(1,5)-(3,6)
4	D	no	40/3.2	80/3	70/1.3	0	84/2.5	14/0.6	(3,1)-(4,3)
5	E	no	0	68/4.2	72/5.2	85/3.5	0	91/1	(5,1)-(6,3)
6	F	no	65/3.5	42/4.1	14/0.1	69/3.2	76/2.9	0	(4,5)-(6,6)

Se recomienda definir departamentos con forma rectangular en la distribución inicial. En el caso de plantas cuya distribución inicial no tenga forma rectangular se deben agregar departamentos ficticios de forma tal que se garantice tal condición. Estos departamentos ficticios deben asignarse a una posición fija, con valores de flujo igual a cero.

2.1.3 Indicaciones para correr el programa

Para correr el programa luego de la entrada de la base de datos, debemos ejecutar el comando Solve the problem en el menú **Solve and Analyze**. Seguidamente el programa mostrará

una ventana en donde se seleccionará un método apropiado para resolver el problema de distribución. Los métodos disponibles son:

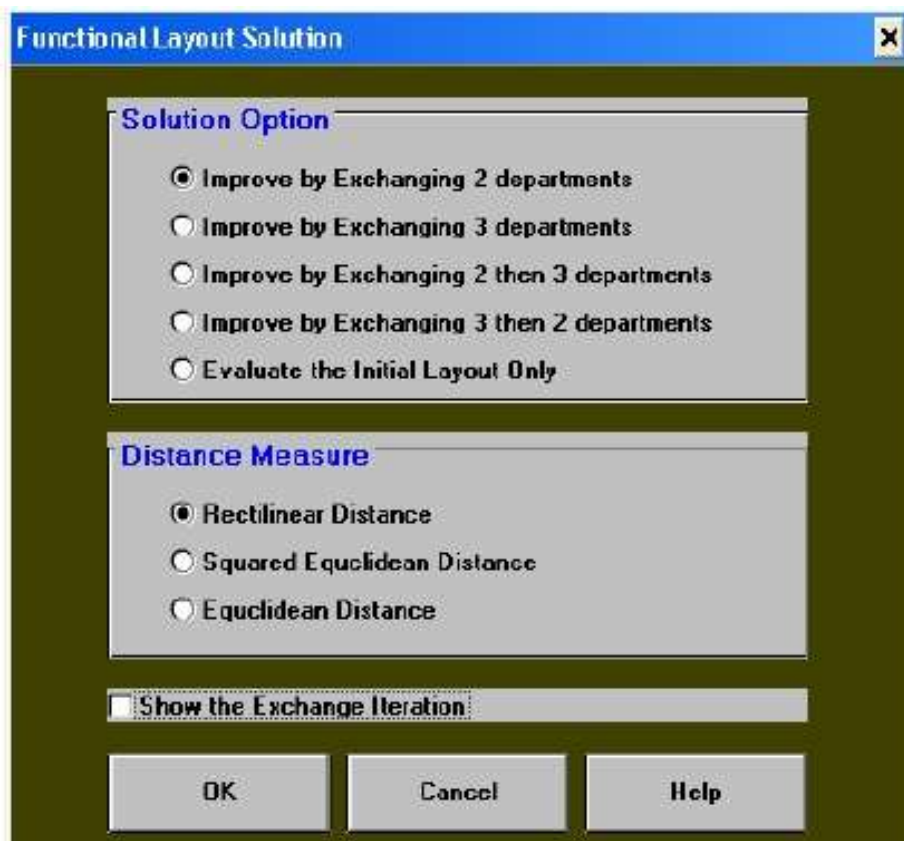
- Two-way Exchange (Transposición de dos departamentos): intercambia dos departamentos a la misma vez.
- Three-way Exchange (Transposición de tres departamentos):
- Two-way then three-way Exchange (Transposición de dos departamentos y luego tres)
- Three-way then two-way Exchange (Transposición de tres departamentos y luego dos)

Si solamente desea evaluar la distribución existente entonces seleccione la opción Evaluate the Initial Layout Only.

En esta ventana debe especificar el tipo de medida a utilizar, o sea, distancia rectangular, euclídea o euclídea al cuadrado.

En el ejemplo utilizaremos el método de transposición de dos departamentos a la vez (Improve by Exchanging 2 departments), y distancia rectangular (Rectilinear Distance).

De tal forma, al ejecutar el comando Solve the problem se mostrará una ventana en la que se harán tales especificaciones:



Si desea visualizar el procedimiento paso a paso, o sea, iteración por iteración, entonces active la casilla Show the Exchange Iteration y luego ejecute el icono correspondiente a Próxima iteración para acceder a iteraciones sucesivas hasta encontrar la solución final. En caso contrario el programa automáticamente mostrará la solución final.

En la figura 2.3, se muestra la solución final (final layout) para el ejemplo.

	1	2	3	4	5	6
1	C	C	C	B	E	E
2	C	C	C	B	E	E
3	D	D	D	B	E	E
4	D	D	D	B	F	F
5	A	A	A	B	F	F
6	A	A	A	B	F	F
Total Cost = 18674,60 (Rectilinear Distance)						

Figura 2.3: Distribución final para el ejemplo.

De tal forma, la solución al problema indica ubicar el taller A en el área que ocupa el taller E , ubicar este último en C, y permutar C hacia A.

Después de correr el problema, puede seleccionar las opciones contenidas en el menú Results para visualizar los reportes de resultados y análisis que brinda el software.

Estas opciones incluyen:

- Mostrar distribución final (Ver figura 2.3)
- Mostrar distribución inicial (Ver figura 2.4)
- Mostrar el análisis de la distribución
- Mostrar distancia de la distribución

Comparando los resultados de la disposición inicial de los talleres en el área de producción y la final, se concluye que al aplicar la distribución determinada, la empresa se ahorraría un costo de 850,50 miles de unidades monetarias.

	1	2	3	4	5	6
1	A	A	A	B	C	C
2	A	A	A	B	C	C
3	D	D	D	B	C	C
4	D	D	D	B	F	F
5	E	E	E	B	F	F
6	E	E	E	B	F	F
7						
Total Cost = 19525,10 (Rectilinear Distance)						

Figura 2.4: Distribución inicial del ejemplo

Anexo #5: Talleres.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Taller No. 1

Tema 1: Introducción a la distribución en planta.

Título: El proceso inversionista.

Sumario:

1. El proceso inversionista. Características fundamentales.
2. El Proyecto en el marco del proceso inversionista.
3. Regulaciones y normas que rigen el proceso inversionista en Cuba.

Objetivos:

1. Identificar las características fundamentales del proceso inversionista.
2. Caracterizar al proyecto en el proceso inversionista.
3. Identificar conceptos, regulaciones y normas que rigen el proceso inversionista en Cuba.

Bibliografía:

1. Ley 91 2006. Indicaciones para el proceso inversionista. Ministerio de Economía y Planificación.
2. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”.

Desarrollo:

Introducción a la clase, realizar preguntas de comprobación a los estudiantes.

Los estudiantes realizarán una exposición basada en la bibliografía consultada, analizando principalmente los aspectos:

1. Características generales del proceso inversionista. Principales conceptos según la bibliografía consultada.
2. Concepto, etapas, tipos y objetivos de proyecto. La Distribución en planta como una de las principales decisiones a tomar en el proceso de proyección
3. El proceso inversionista en Cuba, explicando las principales entidades que intervienen en el mismo y las regulaciones y normas que lo rigen.

Realizar conclusiones destacando los aspectos fundamentales debatidos.

Motivación para la próxima clase

En la siguiente clase se estudiarán las decisiones de localización de instalaciones, importancia y objetivos. Causas y alternativas de los problemas de localización. Procedimiento para la toma de decisiones de localización. Tendencias y estrategias futuras de localización. Factores que afectan las decisiones de localización, clasificación, diferencias entre manufactura y servicio.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Taller No. 2

Tema I: Localización de la planta

Título: Métodos para la localización de instalaciones

Sumario: Localización de instalaciones mediante la utilización de los métodos factores ponderados, de la media geométrica y global de localización.

Objetivos:

1. Determinar la localización de una instalación aplicando métodos de localización (Método de los factores ponderados, de la media geométrica y global de localización).

Bibliografía:

1. Diéguez Matellán, E., et al. (2006) Métodos de localización de instalaciones. Monografía. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
1. Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”
2. Folleto de Ejercicios Resueltos en Excel.

Desarrollo:

Introducción a la clase, realizar preguntas de comprobación a los estudiantes.

Los estudiantes realizarán una exposición basada en la bibliografía consultada, se trabajará por equipos y se utilizarán los métodos de los factores ponderados, de la media geométrica y global de localización para obtener la mejor alternativa.

Conclusiones:

Realizar conclusiones destacando los aspectos fundamentales debatidos.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Taller No. 3

Tema 4: Distribución espacial de la planta

Título: Métodos para la distribución espacial de la planta.

Sumario: Métodos para distribución espacial de la planta. Gastos Totales de Transportación en la distribución espacial.

Objetivos:

1. Determinar la distribución espacial de la planta objeto de estudio.
2. Calcular los gastos totales de transportación de la distribución espacial obtenida.

Bibliografía:

- Whoite, G. & Hernández Pérez, G. (1986). Fundamentos de la Proyección de Fábricas de Producción de Maquinarias (parte I). Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. Cuba.
- Compilación de actividades prácticas de Distribución Espacial de la Planta. Negrín E. (2007).
- Multimedia “Aprendiendo Distribución en Planta”

Desarrollo:

Introducción a la clase, realizar preguntas de comprobación a los estudiantes.

Los estudiantes realizarán como continuidad lógica del taller de determinación de los dimensionamientos básicos de una planta previamente seleccionada por ellos, la selección de la distribución espacial apropiada y el cálculo de los gastos totales de transporte de esta.

Se presentara informe final que integre y detalle, los aspectos fundamentales de la actividad práctica del curso con las valoraciones pertinentes.

Conclusiones:

Realizar conclusiones destacando los aspectos fundamentales debatidos.

Anexo #8: Encuesta #1.

Determinación del grado de competencia de los expertos

Compañero profesor:

Como parte de la validación de la investigación: “**Diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta para el modelo pedagógico presencial del Plan de estudios D**”, estamos seleccionando un panel de especialistas. Conociendo su experiencia en el trabajo docente en la Educación Superior y su habitual disposición a colaborar con el trabajo científico de otros colegas, consideramos que su ayuda nos sería de gran utilidad. Para lo cual le envío resumen del mismo, en el que se fundamenta y se expone la propuesta para dar solución al problema de la investigación. No obstante dejo a su discreción cualquier otro elemento que desee transmitir. Puede responderme por escrito o vía correo electrónico. Gracias por adelantado.

Saludos, MSc. Danny Daniel Hernández Capote

E-mail: dhcapote@ucf.edu.cu

DATOS GENERALES

Título Universitario: _____

Especialidad: _____

Cargo o responsabilidad: _____

Años de experiencia: Menos de 5 ____ De 5 a 10 ____ De 10 a 20 ____ Más de 20 ____

Grado Científico: MSc.: ____ Dr.: ____

Categoría Docente: Instructor: ____ Asistente: ____ PA: ____ PT: ____

Cuestionario:

1. Marque con una cruz (x), en una escala creciente de 1 a 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento e información que tiene sobre el diseño curricular.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Realice una autovaloración, según la tabla siguiente, de sus niveles de argumentación o fundamentación sobre el tema objeto de investigación.

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.			
Su experiencia práctica.			
Consulta de autores nacionales sobre el tema.			
Consulta de autores extranjeros sobre el tema.			
Su propio conocimiento del estado del tema o el problema.			
Su intuición.			

Anexo #9: Encuesta #2.

Encuesta para evaluar el impacto y la pertinencia de los resultados de la investigación Estimado Especialista:

Conociendo su experiencia en el trabajo docente en la Educación Superior y su habitual disposición a colaborar con el trabajo científico de otros colegas, le ruego acepte participar en la valoración del **“Diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta para el modelo pedagógico presencial del Plan de estudios D”** con el objetivo de evaluar el diseño curricular propuesto para dicha asignatura en la carrera de Ingeniería Industrial, partiendo del Problema de investigación identificado: ¿Cómo organizar el proceso de enseñanza – aprendizaje en la asignatura Distribución en Planta de la disciplina Gestión de procesos y cadenas de suministro en el modelo pedagógico de la modalidad presencial a través del diseño y preparación metodológica de dicha asignatura?, para lo cual le envío un resumen del mismo, en el que se fundamenta y se expone la propuesta para dar solución al problema científico. No obstante dejo a su discreción cualquier otro elemento que desee transmitir. Puede responder por escrito o vía correo electrónico. Gracias por adelantado.

Saludos, MSc. Danny Daniel Hernández Capote

E-mail: dhcapote@ucf.edu.cu

CUESTIONARIO

1. ¿Considera Ud. necesario la realización del **“diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta”** para el modelo pedagógico de la modalidad presencial?
Sí ____ No ____
2. ¿Considera que el **“diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta”** responde a las necesidades reales de los estudiantes y profesores?
Sí ____ No ____
3. ¿Considera Ud. que el **“diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta”** propuesto facilitará el trabajo de los profesores que imparten dicha asignatura?
Sí ____ No ____
4. ¿Según su opinión el **“diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta”** provocará un salto de calidad en la formación de los estudiantes?
Sí ____ No ____
5. ¿Considera Ud. que el **“diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta”** contribuirá a elevar el nivel de conocimientos de estudiantes y profesores?
Sí ____ No ____
6. ¿Considera Ud. que el **“diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta”** contribuirá a adquirir las habilidades básicas a dominar por los estudiantes?
Sí ____ No ____
7. A su criterio, ¿el **“diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta”** puede ser aplicado en las condiciones actuales?

Sí ____ No ____

Anexo #10. Encuesta #3.

Encuesta de evaluación del impacto y la pertinencia de los resultados de la investigación a través de los criterios de los especialistas

Estimado Especialista:

El proceso de formación y desarrollo del Ingeniero Industrial ha sido un largo y sostenido trabajo de perfeccionamiento, transitando por varios planes de estudio. El perfeccionamiento constante de los planes de estudio, ha sido siempre y será el propósito de las continuas acciones de mejora realizadas durante años. Se le pide que como especialista, relacionado directamente con los procesos involucrados en el estudio, responda emitiendo su nivel de satisfacción con los siguientes planteamientos formulados.

La escala de evaluación está compuesta de la siguiente forma:

- 1.- Clara Satisfacción.
- 2.- Más satisfecho que insatisfecho.
- 3.- No definido.
- 4.- Más insatisfecho que satisfecho.
- 5.- Clara Insatisfacción.

Le pedimos además que agregue cualquier opinión personal y sugerencia que usted estime pertinente, independientemente de que ello esté planteado o no de forma explícita.

CUESTIONARIO

Aspectos	Grado de satisfacción				
	1	2	3	4	5
Necesidad de la propuesta de realizar el Diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta					
El diseño curricular propuesto tiene una relación estrecha con lo planteado en el plan de estudio vigente					
Correspondencia entre el sistema de conocimientos y el contenido propuesto para la asignatura					
Utilidad del diseño curricular propuesto para el aprendizaje de la asignatura por los estudiantes					
Los medios propuestos constituyen un instrumento eficaz para el desarrollo profesional					
El diseño curricular propuesto está realmente orientado a la satisfacción de las necesidades académicas					
Considera que el diseño propuesto favorece a una adecuada formación tanto del estudiante como del profesor					