

UNIVERSIDAD
C I E N F U E G O S
Carlos Rafael Rodríguez

FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Diseño de la estructura de una Grúa Puente Tipo Pórtico de 5 toneladas para los Grupos Electrógenos de la Gerencia de ETECSA. Cienfuegos

Autor: Luis Felipe Alfonso Castro.

Tutores: Ms.C Juan G. Noa Aguila.

Ing. Raúl Alfonso Rodríguez.

Curso 2013-2014

“Año 56 de la Revolución”

Hago constar

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos: "Carlos Rafael Rodríguez" como parte de la culminación de los estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación del autor.

Firma del Autor

Los abajo firmantes, certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdos de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Firma Información Científico Técnica

Firma Vice Decano

Firma Tutor

Firma Sistema de Documentación de Proyecto

Pensamiento

“ La preocupación por el hombre y su destino siempre debe ser el interés primordial de todo esfuerzo técnico. Nunca olvides esto entre tus diagramas y ecuaciones.”

Albert Einstein

Dedicatoria

A toda mi familia, pero en especial a mis hijos para que vean en mí un ejemplo a seguir y se sientan orgullosos de tenerme como su padre.

Agradecimientos

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de una tesis, es inevitable que te asalte un muy humano egocentrismo que te lleva a concentrar la mayor parte del mérito en el aporte que has hecho.

Sin embargo, el análisis objetivo te muestra inmediatamente que la magnitud de ese aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas e instituciones que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz término. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellas, expresándoles mis agradecimientos.

Gracias a Raúl Alfonso Rodríguez y a Juan Gabriel Noa Aguila, que como tutores, me ha orientado, ayudado y corregido en mi labor científica con gran interés y una entrega que ha sobrepasado, con mucho, todas mis expectativas.

Gracias también a mis queridos compañeros, que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida durante estos casi 6 años de convivir dentro y fuera del salón de clase.

A todos mis compañeros de trabajo, Vladimir, Eduardo y todos los que me apoyaron para que pudiera crecer como persona y lograr convertirme en ingeniero.

RESUMEN

En el trabajo se proponen y analizan alternativas para calcular los diferentes elementos estructurales que conforman la grúa para garantizar una capacidad de izaje de hasta 5 toneladas. Se elaboraron los esquemas de análisis necesarios para evaluar la resistencia de los diferentes elementos estructurales que conforman la grúa lo que permitió seleccionar adecuadamente los perfiles estructurales necesarios y finalmente se realizó una valoración del costo de fabricación de la estructura de la grúa para fundamentar la decisión de fabricar o comprar.

ABSTRACT

In this work they propose and they analyze alternatives to calculate the different structural elements to conform the crane to guarantee an elevation capacity of up to 5 tons. The outlines of necessary analysis were elaborated to evaluate the resistance of the different structural elements that that conform the crane what allowed selecting the necessary structural profiles appropriately and finally it was carried out a valuation of the cost of production of the structure of the crane to base the decision of to manufacture or to buy.

Índice

INTRODUCCIÓN	I
CAPÍTULO I GENERALIDADES CONSTRUCTIVAS Y DE OPERACIÓN DE LAS GRÚAS PUENTES.....	1
1.1 Generalidades sobre los Equipos de Elevación.....	1
1.2 Tipos de Grúas.....	2
1.3 Generalidades de las Grúas Puente.....	5
1.3.1 Componentes de Grúas Puente	5
1.3.2 Medidas de prevención. Equipamiento de las grúas	9
1.3.3 Accesorios de elevación y eslingado	11
1.4 Especificaciones de los grupos electrógenos empleados en ETECSA	13
CAPÍTULO II. DESARROLLO DE LOS ESQUEMAS DE ANÁLISIS, EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA Y SELECCIÓN DE LOS DIFERENTES COMPONENTES ESTRUCTURALES QUE CONFORMAN LA GRÚA.....	18
2.1 Solución de Sistemas Hiperestáticos por el Método de las Fuerzas.....	18
2.1.1 Ligaduras impuestas al sistema. Grado de hiperestaticidad.....	18
2.1.2 Ligaduras impuestas al Sistema. Grado de Hiperestaticidad.....	19
2.1.3 Sistema base y sistema equivalente.....	20
2.1.4 Ecuaciones canónicas del método de las fuerzas.....	20
2.1.5 Aprovechamiento de las propiedades de simetría en la solución de sistemas hiperestáticos..	24
2.2 Diseño de la estructura que soporta el monorraíl	25
2.3 Cálculo de la estructura.....	28
2.3.1 Selección de las vigas de la estructura	34
2.4 Selección de la viga que soportará el monorraíl	35
CAPÍTULO III: COSTO DE FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA GRÚA.....	48
3.1 El costo de fabricación.....	48
3.2 Gastos en materiales y materias primas durante la fabricación.....	48
3.3 Gastos en salarios.....	50

3.4 Costos generados por la amortización de equipos.	51
3.5. Costos generados por el consumo de energía eléctrica.	52
3.6 Totales de gastos.....	52
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA:.....	56

INTRODUCCIÓN

La Empresa de Telecomunicaciones ETECSA de Cienfuegos es la encargada de las comunicaciones en el territorio. Para mantener dicho sistema, la empresa cuenta con un subsistema energético que garantice la alimentación eléctrica ininterrumpida del equipamiento técnico. Dentro de este subsistema se encuentran los Grupos Electrógenos, encargados de sustituir, en caso de fallas, la alimentación eléctrica proveniente del sistema eléctrico nacional.

La Central Telefónica principal de Cienfuegos, ubicada en las instalaciones de la Gerencia Territorial, cuenta con dos Grupos Electrógenos con una capacidad de generación 300 kW. Esta capacidad es suficiente para asumir la demanda de la central en condiciones de emergencia con un solo grupo electrógeno funcionando. De esta forma se mantiene el otro grupo como reserva para ser utilizado en caso de rotura del primero. Los grupos Volvo-Penta con que cuenta la gerencia tienen un peso superior a las 3.5 toneladas, por lo que para su izaje, en los casos de reparación o mantenimiento se requiere de grandes esfuerzos que prácticamente son irrealizables de forma manual. El presente trabajo propone la realización de un diseño de un sistema de izaje, con capacidad de 5 toneladas, que permita realizar todas las tareas de reparación de una forma más asequible.

PROBLEMA CIENTÍFICO

La carencia de un equipo de izaje para los grupos electrógenos de la gerencia de ETECSA Cienfuegos afecta las actividades de mantenimiento y reparación para dichos motores.

HIPOTESIS:

Partiendo de un Esquema Típico de una Grúa Puente es posible calcular y seleccionar los diferentes elementos estructurales que conforman la misma para garantizar una capacidad de izaje de hasta 5 toneladas.

OBJETIVO GENERAL:

Realizar la evaluación de la resistencia y la selección de los diferentes elementos estructurales que conforman una Grúa Puente tipificada para valorar técnico-económicamente su posible fabricación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar una búsqueda bibliográfica para conocer las particularidades de las grúas puente.
- Elaborar los esquemas de análisis necesarios para evaluar la resistencia de los diferentes elementos estructurales que conforman la grúa.
- Realizar los cálculos de resistencia para seleccionar los perfiles estructurales necesarios.
- Realizar una valoración del costo de fabricación de la estructura de la grúa para poder decidir su fabricación o su compra.

ESTRUCTURA DE LA TESIS:

La tesis está estructurada en tres capítulos. Un primer capítulo donde se realiza una búsqueda bibliográfica del empleo de diversos tipos de grúas, un segundo capítulo donde se realizan los cálculos y selección de los elementos que conforman la estructura, así como la selección de los tornillos de la base y un tercer capítulo en el que se analizan los costos de fabricación.

CAPÍTULO I GENERALIDADES CONSTRUCTIVAS Y DE OPERACIÓN DE LAS GRÚAS PUENTES.

1.1 Generalidades sobre los Equipos de Elevación.

La industria moderna sería prácticamente inconcebible sin la existencia y aplicación de un amplio conjunto de aparatos y equipos de elevación y transporte existentes en la actualidad. Estos han permitido introducir la mecanización y automatización compleja en las operaciones de carga y descarga y además, algo muy importante, la supresión del pesado trabajo manual en estas operaciones. Los modernos aparatos y máquinas de elevación que se caracterizan por tener una amplia gama de velocidades de trabajo y de capacidades de izaje, son la resultante de un constante perfeccionamiento ocurrido en el transcurso de los siglos. Ya en la más remota antigüedad se llevaban a cabo importantes trabajos con la elevación y desplazamientos de grandes cargas. Son bien conocidas, por ejemplo, las grandes pirámides de Egipto, entre las que se destaca la de Keops que con sus 147 metros de altura y sus pesadas piedras de 90 y 92 ton de peso debió haber constituido un enorme reto a los constructores de la época, demuestran lo remoto de los orígenes de los aparatos de elevación.

En el presente siglo, con enormes avances alcanzados por la técnica y la ciencia, han ido surgiendo nuevos y muy diversos tipos de aparatos de elevación, aplicables a las diversas ramas de la producción. La producción moderna de aparatos y máquinas de elevación se basa en la creación de conjuntos unificados y en bloques, lo que permite tener el más alto efecto técnico económico en la fabricación y explotación de estos medios. Particular importancia tiene el empleo de estos medios en las operaciones de carga y descarga en los puertos marítimos y en múltiples industrias, obras de construcción y unidades de servicio, debido a la gran variedad y forma de trabajo los equipos de elevación, se pueden clasificar por varios aspectos:

Por la posibilidad de traslación de todo el conjunto pueden ser:

- Fijos
- Portátiles
- Móviles

Fijos: son aquellos que se instalan en un lugar en el que desarrollan su trabajo, sin desplazarse.

Portátiles: son aquellos equipos que pueden ser rápidamente desensamblados y trasladados hacia otro lugar.

Móviles: son los que tienen posibilidad de realizar movimientos de desplazamientos, ya sea sobre rieles, ruedas neumáticas, oruga, u otros medios.

La utilización de grúas puente y similares (pórtico, semi-pórtico, ménsula y de pluma) presenta riesgos específicos para las personas (operadores y personal situado en sus proximidades), para los bienes (manipulados por las grúas o situados en su área de influencia) e incluso para las instalaciones donde están ubicadas.

La presente nota técnica de prevención, tiene por objeto describir brevemente: los tipos, características, parámetros, operaciones y partes interesadas, relativas a estas grúas, explicitar los riesgos principales, exponer los dispositivos de seguridad exigibles y las medidas de prevención en diseño, montaje, utilización y mantenimiento. Estas últimas medidas se expondrán con mayor detalle en la norma NTP 738.

Definiciones

A fin de facilitar la comprensión del texto se considera necesario establecer previamente con precisión los tipos, componentes, parámetros, operaciones y partes interesadas en la construcción, instalación y operación de las grúas puente.

1.2 Tipos de Grúas.

Grúa: máquina de funcionamiento discontinuo destinada a elevar y distribuir las cargas suspendidas de un gancho o de cualquier otro accesorio de prensión.

Grúa puente: grúa que consta de un elemento portador formado por una o dos vigas móviles, apoyadas o suspendidas, sobre las que se desplaza el carro con los mecanismos elevadores. (Figura 1.1)

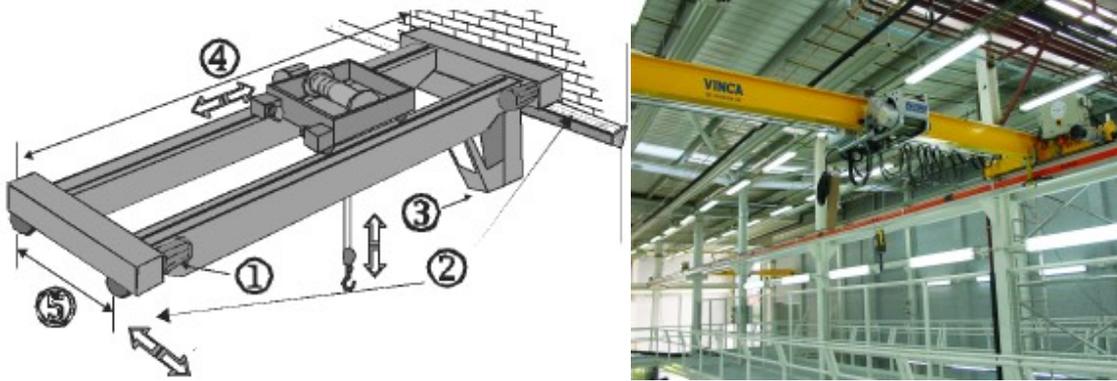


Figura 1.1 Grúa Puentes

Grúa pórtico: grúa cuyo elemento portador se apoya sobre un camino de rodadura por medio de patas de apoyo. Se diferencia de la grúa puente en que los raíles de desplazamiento están en un plano horizontal muy inferior al del carro (normalmente apoyados en el suelo). (Figura.1.2)

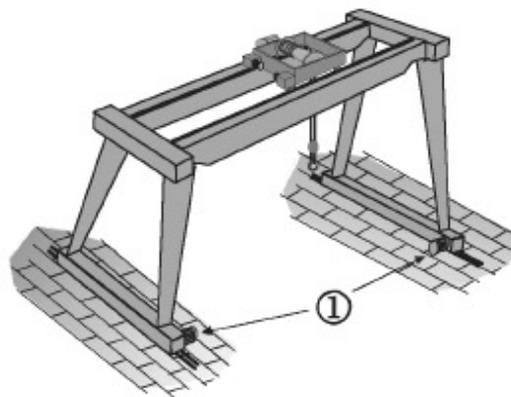


Figura 1.2 Grúa pórtico

Grúa semipórtico: grúa cuyo elemento portador se apoya sobre un camino de rodadura, directamente en un lado y por medio de patas de apoyo en el otro (Figura. 1.3). Se diferencia de la grúa puente y de la grúa pórtico en que uno de los raíles de desplazamiento está aproximadamente en el mismo plano horizontal que el carro, y el otro raíl de desplazamiento está en otro plano horizontal muy inferior al del carro (normalmente apoyado en el suelo)

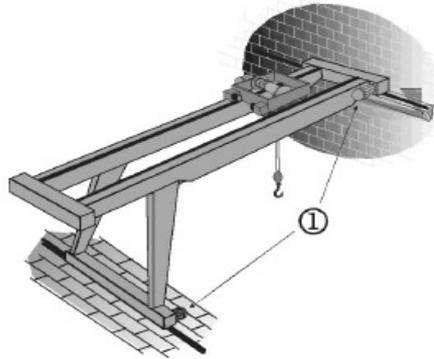


Figura 1.3 Grúa semi-pórtico

Grúa ménsula: grúa fijada a un muro, o susceptible de desplazarse a lo largo de un camino de rodadura aéreo fijado a un muro o a una estructura de obra. (Figura 1.4) Se diferencia de la grúa puente en que los raíles de desplazamiento están en un mismo plano vertical.

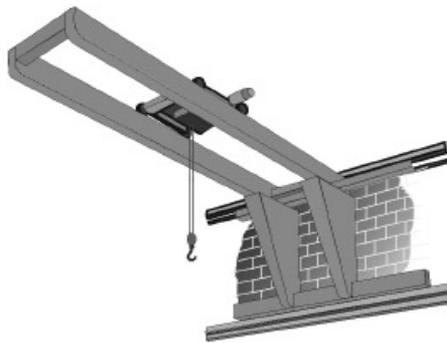


Figura 1.4 Grúa ménsula

Grúa de brazo giratorio (o de palomilla): grúa capaz de girar sobre una columna fijada por su base a la fundación, o fijada a una columna giratoria sobre un soporte empotrado. (Figura 1.5)

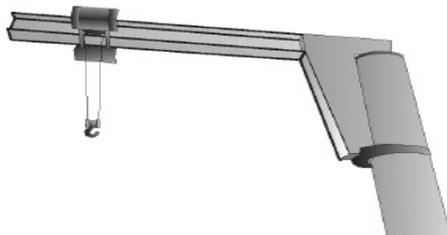


Figura 1.5 Grúa de brazo giratorio

1.3 Generalidades de las Grúas Puente.

1.3.1 Componentes de Grúas Puente

Mecanismo de elevación: conjunto de motores y aparejos (sistema de poleas y cables destinados a variar fuerzas y velocidades) que se aplican en el movimiento vertical de la carga. Figura. 1.6 (1)

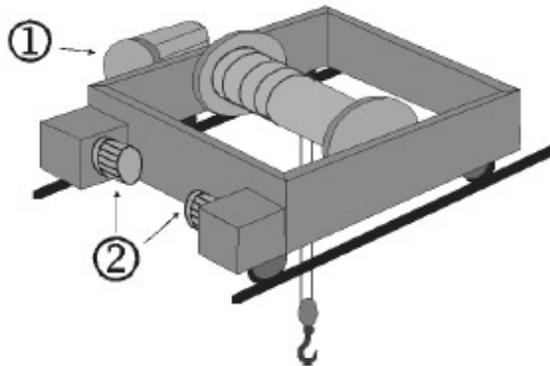


Figura 1.6 Carro

Mecanismo de translación del carro: conjunto de motores que se aplican en el movimiento longitudinal del carro (sistema mecánico con los mecanismos de elevación). Figura.1.6 (2)

Mecanismo de translación del puente: conjunto de motores que incluye los testeros como estructuras portantes que incorporan este mecanismo para el movimiento longitudinal de la grúa.

Camino de rodadura: elemento estructural por el que se desplaza longitudinalmente la grúa.

Mecanismo de giro: conjunto mecánico que realiza el desplazamiento angular del brazo o bien de la posición de los ganchos de un carro.

Botonera: dispositivo eléctrico o electrónico unido físicamente mediante una manguera de cables eléctricos a la grúa, para el manejo de la misma desde el exterior de la cabina.

Telemando: dispositivo electrónico inalámbrico (sin unión física a la grúa), para el manejo de la grúa.

Cabina: habitáculo destinado, si existe, a la conducción de la grúa y que alberga los dispositivos fijos de mando y al operador o gruiste.

Accesorios o útiles de prensión: elementos auxiliares cuya función es la de sujetar la carga, tales como: pinzas, pulpos, electroimanes, ventosas, cucharas, etc.

Parámetros

Altura máxima de recorrido del gancho: distancia vertical entre el nivel más bajo del suelo (incluido el foso, si existe) y el gancho de carga, cuando éste se encuentra en la posición más elevada de trabajo. Figura 1.7 (1)

Luz: es la distancia horizontal entre los ejes de los carriles de la vía de rodadura. Figura 1.7 (2)

Distancia entre ejes de las ruedas de los testeros: es la distancia medida paralelamente al eje longitudinal de desplazamiento.

Voladizo total: distancia máxima horizontal entre el eje del camino de rodadura más próximo al voladizo y el extremo de la estructura emplazada sobre el voladizo. Figura 1.7 (3)

Voladizo útil: distancia máxima horizontal entre el eje del camino de rodadura más próximo al voladizo y el eje del elemento de prensión emplazado sobre el voladizo. Figura 1.7 (4)

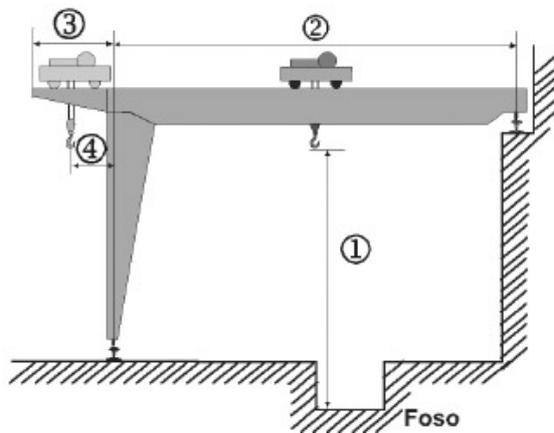


Figura 1.7 Esquema general de una grúa puente

Brazo útil: distancia horizontal entre el eje vertical de la parte giratoria o eje de rodadura y el eje vertical del elemento de prensión.

Brazo total: distancia horizontal entre el eje vertical de la parte giratoria o eje de rodadura y el eje vertical del extremo de la estructura.

Carga nominal o máxima: valor de la carga fijado por el fabricante e indicado en la placa de características (incluye los accesorios de elevación y aprehensión originales).

Carga útil: carga bajo el aparejo o accesorios si los hay.

Placa de características: fija en cada grúa indica: el fabricante, año de fabricación, número, carga nominal y útil en función de los alcances, si le es aplicable. Si la grúa dispone de varios mecanismos de elevación, se indicarán las características de cada uno.

Operaciones

Montaje de la grúa: es el proceso de izar y posicionar la grúa sobre su emplazamiento y fundaciones para que pueda prestar su cometido.

Puesta en servicio: es el conjunto de comprobaciones y maniobras que deben ejecutarse en una grúa instalada por completo en su emplazamiento, sometida a las solicitudes establecidas para que pueda pasar inmediatamente a la condición de servicio, si las circunstancias lo permiten.

Ensayo estático: ensayo de la grúa por aplicación al dispositivo de aprehensión de una carga estática que exceda en un porcentaje fijado a su carga nominal,

Ensayo dinámico: ensayo de los movimientos de trabajo de la grúa, realizados con una carga que sobrepase un porcentaje fijado su carga nominal,

Verificaciones: Consisten en la realización, por personal autorizado, del conjunto de comprobaciones básicas que se detallan en la UNE EN 12644-1(2001)-2(2000). Estas

pueden ser previas a la puesta en marcha de la grúa o de carácter periódico para garantizar el mantenimiento de las condiciones de trabajo y seguridad fijadas por el fabricante.

Partes interesadas

Fabricante: persona física o jurídica responsable de su diseño y construcción.

Propietario: persona física o jurídica titular del puente-grúa. Es el responsable de que se realice el adecuado mantenimiento e inspección. Coincide con el usuario, salvo que arriende la grúa a un tercero.

Usuario: persona física o jurídica que utiliza el puente-grúa. Si es arrendatario legal, es responsable de su utilización y de la comunicación de defectos u averías al propietario

Instalador: empresa cualificada, que está autorizada para realizar el montaje y desmontaje del puente-grúa. Conservador. Persona física o jurídica cualificada y competente para realizar operaciones de mantenimiento periódico y reparaciones en la grúa.

Gruista u operador de la grúa: persona física formada y autorizada por la empresa, para manejar y operar con la grúa.

Jefe de Maniobra: persona física formada y autorizada por la empresa, responsable del equipo de preparación, estrobo, apilado, y manipulación de cargas. Encargado de señales: persona física formada y autorizada por la empresa, responsable de guiar las maniobras del gruista

Personal del área: conjunto de personas de la empresa que trabajan o transitan habitualmente por la zona de operación de la grúa.

Riesgos y factores de riesgo

El riesgo laboral es la posibilidad de que un trabajador sufra daños por la exposición a los peligros asociados al trabajo que realiza. Las técnicas preventivas son las actuaciones o medidas que se toman en todas las actividades de la empresa para eliminar o reducir los riesgos y, en su defecto, minimizar sus consecuencias, si estos se materializan.

Los factores de riesgo específicos de las grúas, lo constituyen el desplazamiento del equipo (sea en carga o en vacío) y su posible interacción con el personal o con otras máquinas u objetos que se encuentren dentro de la zona de desplazamiento de la grúa.

Los riesgos y factores de riesgo más importantes son los mecánicos, eléctricos, ergonómicos, por fallo de energía y por falta o inadecuación de medidas de seguridad.

1.3.2 Medidas de prevención. Equipamiento de las grúas

Dispositivos de seguridad

No todos los dispositivos relacionados a continuación deben equipar una grúa. Cada grúa debe equiparse con los dispositivos de seguridad que se requieran, en función del resultado de su evaluación específica de riesgos realizada según su uso específico.

Dispositivo Antichoque: dispositivo que impide la colisión entre grúas con zonas de acción coincidentes. *Enclavamiento de la grúa:* dispositivo de anclaje que evita su desplazamiento una vez situada en una posición de paro o reposo.

-Limitador de aflojamiento del cable: dispositivo que evita los posibles riesgos generados por el aflojamiento del cable.

-Limitador de altura de elevación superior e inferior: dispositivo para impedir que el accesorio de prensión de la carga se eleve/descienda de forma que, pueda golpear la estructura de la grúa o sobrepasar el límite superior o inferior establecido.

-Limitador de altura de elevación de seguridad: dispositivo redundante, como elemento de seguridad, que impide que la carga golpee la estructura de la grúa, si fallan el dispositivo anterior

-Limitador de la carga: dispositivo automático que impide el manejo de cargas que excedan de la capacidad nominal establecida.

-Limitador de traslación o de giro: dispositivos que impiden todo movimiento, a lo largo de los caminos de rodadura o de giro respecto a su eje, que superen los límites establecidos.

-Pestillo de seguridad: dispositivo mecánico que impide el desenganche involuntario de los elementos de sujeción de la carga.

Señal acústica: elemento de señalización sonora que indica el funcionamiento de la grúa.

-Señales ópticas luminosas: elementos de señalización luminosos que indican el funcionamiento de la grúa.

-Paro de emergencia: dispositivo de accionamiento manual, que al ser pulsado, asegura la inmediata desconexión de todos los elementos motores de la grúa e impide su puesta en marcha intempestiva al ser desenclavado.

Disposiciones e instalaciones básicas de seguridad en las grúas

Con independencia de que la grúa posea o no marcado CE, el usuario deberá realizar la evaluación de riesgos en función de las operaciones y de la ubicación real de la grúa, indicando los elementos de seguridad adicionales precisos para asegurar su funcionamiento seguro. En la tabla 1 se relacionan las normas y las medidas de seguridad básicas para las grúas tipo puente que se indican en las mismas.

Elementos de seguridad básicos para una grúa puente.

- Botonera de control, con clara señalización diferenciada de los mandos.
- Dispositivo de paro de emergencia, claramente identificado, que corta el circuito eléctrico de todos los elementos de la grúa excepto los dispositivos de sujeción de la carga, está dotado de un dispositivo que impide su rearme involuntario.
- Las botoneras de control móviles, serán de mando sensitivo, deteniéndose automáticamente la maniobra si se dejan de pulsar.
- Dispositivo de bloqueo de seguridad, con llave, para evitar la utilización de los controles por personal no autorizado.
- Dispositivos de final de carrera superior e inferior en el mecanismo de elevación.
- Finales de carrera de traslación del carro.
- Finales de carrera de traslación del puente y pórtico.
- Limitadores de carga y de par.

- Dispositivo de seguridad que evite la caída de la carga durante su manipulación.
- Ganchos de elevación provistos de pestillo de seguridad.
- Indicación, claramente visible, de la carga nominal.
- Barandillas adecuadas de protección en todos los pasos elevados.
- Carteles de señalización de los riesgos residuales.

Método de evaluación del riesgo

Para la evaluación de los riesgos propios de las grúas reseñadas en esta NTP, se aconseja seguir las indicaciones que se establecen en la norma UNE EN 1050:1997; mientras que para la evaluación de las condiciones de trabajo asociadas a las mismas se recomiendan las indicaciones contenidas en el manual "Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas" y en la NTP 330 "Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente", ambas publicadas por el INHST

Normas constructivas relacionadas con la seguridad.

Las medidas de prevención deben contemplar todas las etapas de la vida de la grúa: diseño, emplazamiento, instalación, utilización, mantenimiento, revisión, etc. Para el diseño de la grúa deben aplicarse un conjunto de normas que se exponen en la tabla 2.

La evaluación de los riesgos derivados del emplazamiento de la grúa, debe realizarse previamente a su instalación y para su realización, los analistas deberán aplicar su experiencia en procesos de utilización de grúas en ámbitos similares.

En la NTP 738 se tratará de la instalación - montaje, utilización, mantenimiento e inspección de las grúas.

1.3.3 Accesorios de elevación y eslingado

Los accesorios (eslingas, cadenas, cucharas, cables, etc.), deben poseer la misma seguridad y fiabilidad que el resto de los componentes de la grúa, y sus características,

sistemas de verificación, control y revisiones deben formar parte de la información a facilitar a los operadores de la grúa y figurar en la documentación de la misma.

Para ello todos los accesorios dispondrán del correspondiente marcado "CE" y en sus placas de identificación figurarán, entre otras marcas, el nombre del fabricante y la carga máxima permitida. La reposición de accesorios se realizará solo con elementos certificados y de características idénticas a las originales.

Cuando se utilicen estos, dispondrán de su correspondiente marcado "CE", su manual de instrucciones y su placa de características, debiendo figurar en el manual de utilización de la grúa, cabina de la misma y/o en las instrucciones del gruista las limitaciones de carga y/o actividad que impone la utilización de uno u otro accesorio.

Instalación y montaje

En la instalación y montaje de las grúas, como en cualquier otra actividad similar, deben aplicarse las reglas de prevención de riesgos que emanan de la correcta evaluación de los mismos en cada operación y que debe contemplar ineludiblemente la correcta formación de las personas que las realizan, la utilización correcta de los equipos de protección individual (EPI), el uso de herramientas y medios de acceso adecuados.

La instalación y montaje deben basarse estrictamente en las instrucciones del fabricante.

Por su importancia para la prevención de riesgos durante la vida de la grúa, este tema se trata en la NTP 738.

Mantenimiento

El mantenimiento consiste en aplicar técnicas de detección, sustitución de partes, corrección de anomalías de funcionamiento y reparación de averías, para que las condiciones de funcionamiento de las grúas se mantengan como en su inicio, en el que se certificó su conformidad con la Directiva 98/37/CE.

A este respecto deben seguirse escrupulosamente las pautas y criterios de mantenimiento básico que el fabricante de la grúa incluye en el Manual de

Instrucciones, que obligatoriamente debe entregar con cada máquina y que debe estar redactado en el idioma del país donde se utilice el equipo.

El mantenimiento lo realiza el fabricante, empresas conservadoras autorizadas o el usuario si dispone de personal especializado, formado en el tipo concreto de grúa. Todo el personal encargado del mantenimiento, deberá estar formado adecuadamente y utilizar los EPI necesarios para realizar su trabajo de forma segura

Las consideraciones sobre el mantenimiento en su vertiente de prevención de riesgos se tratan también en la NTP 738.

1.4 Especificaciones de los grupos electrógenos empleados en ETECSA .

Los grupos electrógenos empleados en la gerencia de ETECSA, encargados de abastecer de electricidad a toda la instalación son de la marca española Volvo Penta de 300 kva de potencia. El grupo electrógeno está conformado por 1 motor volvo, 1 alternador stamford y el sistema automatizado de arranque y paradas global 20 kva como se puede ver en la figura 1.1

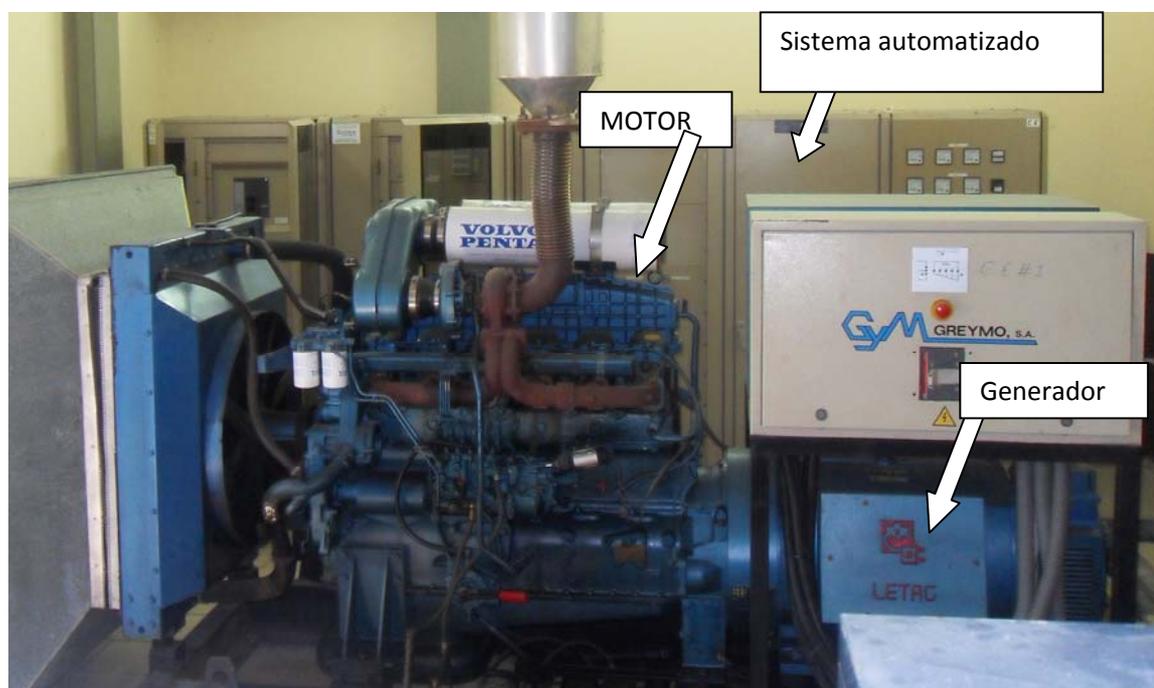


Figura 1.1 Grupos electrógenos marca Volvo Penta 300 kva

El local cuenta con 2 grupos electrógenos del tipo abierto, dispuestos simétricamente, con un peso total de 2630 kg. Las características principales de los mismos se muestran en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Principales datos técnicos de los grupos electrógenos Volvo Penta.

modelo	Fks-v330
De energía de reserva(50hz)	330 kva
El primer poder(50hz)	300 kva
Datos del motor	
Fabricante:	Volvo
Modelo:	volvo tad941ge
De admisión de aire del sistema:	Turbo, de aire de refrigeración de aire
Sistema de combustible:	Elec. De la inyección, elec. Sistema de combustible
Arreglo del cilindro:	6 en línea
El desplazamiento:	9.36l
Diámetro y carrera:	120*138(mm)
Relación de compresión:	17.4:1
Nominal rpm:	1500 rpm
Max. De energía de reserva a nominal rpm:	280kW (con ventilador)
Gobernador de tipo:	ems2
sistema de escape	

De escape de flujo de gas:	52.2 m ³ /min
La temperatura de escape:	519 °C
Max la presión trasera:	10 kPa
de admisión de aire del sistema	
Máximo de restricción de admisión:	5 kPa
La capacidad de quemar:	19.6 m ³ /min
Sistema de combustible	
100%(el primer poder) consumo de carga:	G 202/kwh
75%(el primer poder) consumo de carga:	G 200/kwh
50%(el primer poder) consumo de carga:	G 208/kwh
Sistema de aceite	
Total capacidad de aceite:	35l
El consumo de petróleo:	0.04 l/h
De presión de aceite a nominal rpm:	350-600 kPa
Sistema de refrigeración	
Total capacidad de refrigeración:	41 l
Termostato:	82- 92 °C
Max temperatura del agua:	103 °C
Alternador de datos	
Fabricante:	generador de cummins tecnologías de china

	(wuxi alternadores newage ltd)
Modelo:	stamford hci444d
El primer poder:	240kw/300 kva
Número de rodamiento:	de un solo
Tipo de conexión:	Fase 3 y 4 cables,& y ldquo; de y& y rdquo; tipo de conexión
Factor de potencia:	0.8
El tipo de excitación:	Sin escobillas, auto-emocionante, con avr
Clase de aislamiento, aumento de la temperatura:	/h h
Telefónica factor de influencia(tif):	< 50
Thf:	< 2%
proteger la clase	ip23
Generación de conjunto de datos	
Regulación de voltaje:	& ge;& plusmn; 5%
Voltios repentina de la urdimbre:	& le;- 15%--- +20%
Estable de voltaje tiempo:	& le; 4s
Regulación de la frecuencia, stead estado:	& le; 5%
Repentina de la urdimbre de frecuencia:	& le;- 7% +10%
Frecuencia agitando:	& le; 0.5%
Frecuencia de tiempo de recuperación:	& le; 3s

De tipo abierto tamaño:	2920(mm)·1100(mm)·1600(mm)
De tipo abierto de peso:	2630 kg
Tipo silencioso tamaño:	3800(mm)·1400(mm)·2000(mm)
Tipo silencioso de peso:	3700 kg
Las normas:	Europea ce, iso9001
El panel de control:	el reino unido dse7220 de aguas profundas y panel de control automático

CAPÍTULO II. DESARROLLO DE LOS ESQUEMAS DE ANÁLISIS, EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA Y SELECCIÓN DE LOS DIFERENTES COMPONENTES ESTRUCTURALES QUE CONFORMAN LA GRÚA.

2.1 Solución de Sistemas Hiperestáticos por el Método de las Fuerzas..

2.1.1 Ligaduras impuestas al sistema. Grado de hiperestaticidad.

Ligadura: Una ligadura no es más que la limitación al movimiento. Se dividen en exteriores e interiores.

Ligadura exterior: Es una limitación al movimiento absoluto de algún punto del sistema.

Ligadura interior: Es una limitación impuesta a los desplazamientos relativos de los elementos del sistema.

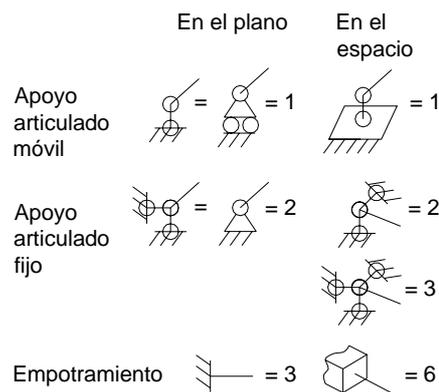


Figura 2.1 Tipos de ligaduras exteriores

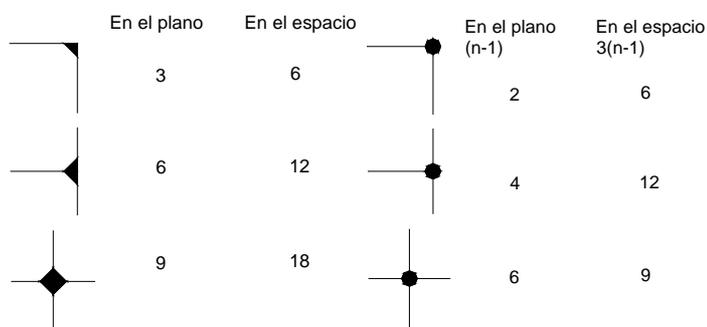


Figura 2.2 Tipos de ligaduras interiores

Una articulación en el plano elimina tantas ligaduras interiores como barras llegan a la articulación menos una $(n-1)$ y en el espacio elimina $3(n-1)$ ligaduras interiores.

2.1.2 Ligaduras impuestas al Sistema. Grado de Hiperestaticidad.

Sistema isostático es aquel sistema reticulado que posee las ligaduras exteriores e interiores necesarias para garantizar el equilibrio y la invariabilidad cinemática del sistema. (Figura 2.3)

En el plano el número de ligaduras exteriores que garantiza el equilibrio y la invariabilidad cinemática del sistema es de tres sin embargo tienen que estar dispuestas adecuadamente (Figura. 2.4).

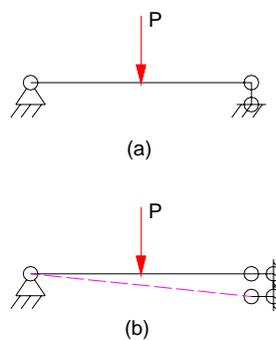


Figura 2.3 representación de un sistema isostático

- a) Invariable cinemáticamente
- b) No es invariable cinemáticamente

En el espacio este número de ligaduras es de seis. El sistema que posee un número de ligaduras superior a las necesarias es un sistema hiperestático y el número de ligaduras suplementarias es igual al grado de hiperestaticidad. La hiperestaticidad puede ser exterior o interior en dependencia de que las ligaduras suplementarias sean exteriores o interiores. En los sistemas hiperestáticos con ligaduras exteriores suplementarias no es posible la determinación de las reacciones de apoyo mediante las ecuaciones de equilibrio y si la hiperestaticidad es interior no es posible determinar las fuerzas internas en las barras por el método de las secciones.

En la figura 2.4 se muestran algunos ejemplos de identificación de ligaduras exteriores e interiores suplementarias, o sea, de determinación del grado de hiperestaticidad

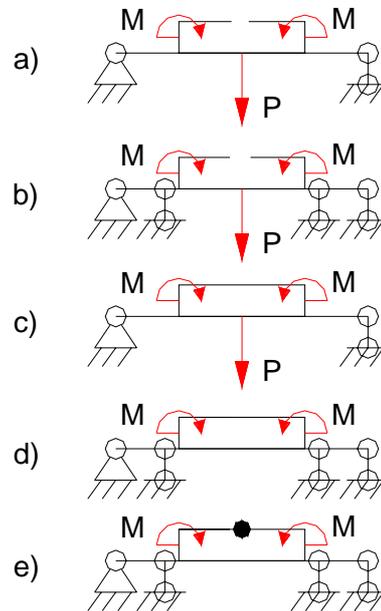


Figura 2.4 ejemplos de identificación de ligaduras exteriores e interiores suplementarias

2.1.3 Sistema base y sistema equivalente.

Durante la solución de los sistemas hiperestáticos por el método de las fuerzas es necesario elegir un **sistema base** y conformar lo que se conoce como **sistema equivalente**.

Sistema base: Es el sistema hiperestático dado en el cual se han eliminado todas las ligaduras suplementarias tanto exteriores como interiores. Pueden existir diferentes posibles sistemas bases.

Sistema equivalente: Es el sistema base en el cual las ligaduras suplementarias eliminadas han sido sustituidas por las fuerzas que las representan. En un sistema equivalente dado, las fuerzas se designan por $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$.

2.1.4 Ecuaciones canónicas del método de las fuerzas.

Para un sistema de carga cualquiera, los desplazamientos originados por el sistema de fuerzas aplicado al sistema equivalente, en la dirección de cada una de las ligaduras eliminadas, tienen que ser cero. (Figura 2.5).

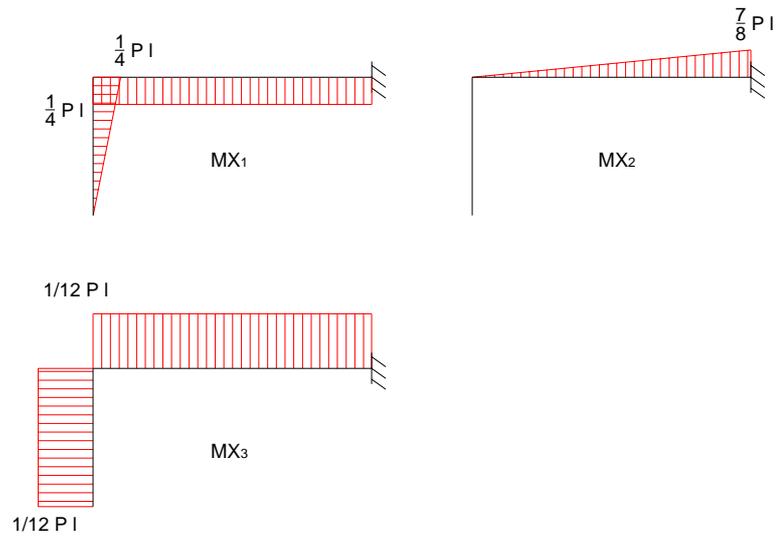


Figura 2.6 Diagramas de momentos de las cuatro fuerzas que intervienen en el sistema equivalente

Sumando estos diagramas entre si con el de la carga externa P , se obtiene el diagrama de momentos flectores resultante como se muestra en la figura 2.7

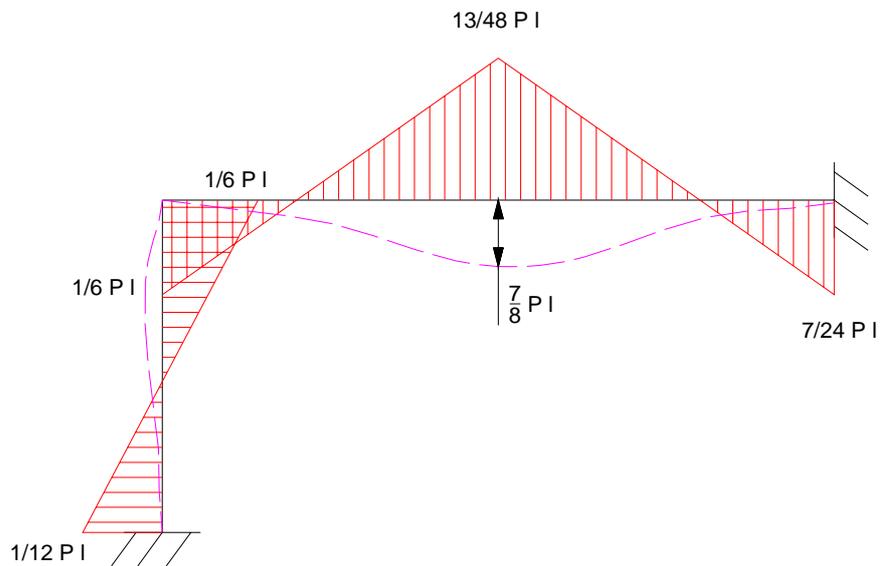


Figura 2.7 Diagrama de momento resultante

El punto más crítico del sistema es la sección correspondiente al empotramiento de la derecha donde el momento flector es máximo. Como en cada barra o en cada porción de una barra el diagrama aparecerá representado del lado de la fibra de compresión es fácil imaginarse la curva elástica del pórtico. En la Figura aparece la línea elástica del pórtico representada con línea discontinua.

2.1.5 Aprovechamiento de las propiedades de simetría en la solución de sistemas hiperestáticos.

Un pórtico es geoméricamente simétrico cuando su parte derecha puede ser interpretada como la imagen al espejo de su parte izquierda con relación al eje o al plano de simetría,

Las cargas aplicadas a los pórticos se clasifican además en simétricas y antisimétricas. Por cargas simétricas se entienden aquellas en las cuales las cargas situadas a la izquierda del plano de simetría constituyen la imagen al espejo de las de la derecha. En el caso de cargas antisimétricas las cargas a la izquierda constituyen la imagen al espejo invertida de las de la derecha (figura 2.8).

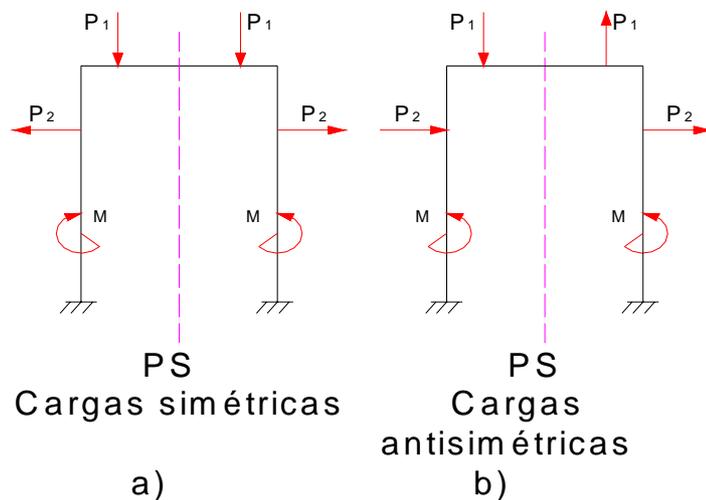


Figura 2.8 Sistema de cargas en un pórtico

De la misma forma podemos clasificar las acciones interiores en simétricas y antisimétricas. Los momentos flectores y la fuerza axial son cargas simétricas. Mientras

que el momento torsor y las fuerzas de cortante son antisimétricas. En otras palabras, las acciones interiores que provocan tensiones normales son simétricas y las que provocan tensiones tangenciales son antisimétricas (figura 2.9).

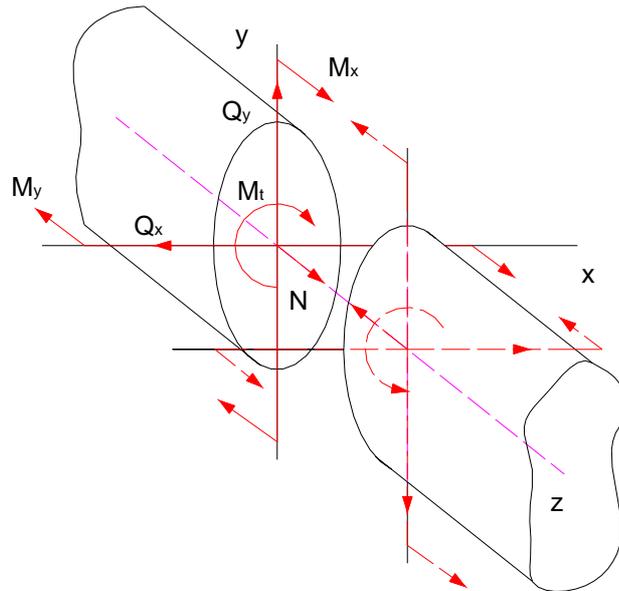


Figura 2.9 Sistema de fuerzas internas

Las propiedades de simetría se enuncian como:

1. En un pórtico simétrico con carga simétrica son cero las acciones interiores antisimétricas en el plano de simetría.
2. En un pórtico simétrico con carga antisimétrica son cero las acciones interiores simétricas en el plano de simetría.

Para aplicar las propiedades de simetría es necesario eliminar las ligaduras suplementarias cortando el pórtico por el plano de simetría sin alterar su estabilidad cinemática.

2.2 Diseño de la estructura que soporta el monorraíl

La construcción civil donde se encuentran ubicados simétricamente los dos grupos electrógenos es una edificación antigua conocida como el antiguo hospital materno de

Cienfuegos, hoy gerencia territorial de ETECSA ubicado en la calle Cuartel entre Santa Cruz y Santa Elena. Sus paredes y columnas tiene más de 50 años de construidas, por lo que no resistirían la carga de una estructura alojada sobre ella. Para evitar que las cargas del monorail descansaran en dichas paredes de ladrillos, se diseñó la estructura tipo mesa de tal manera que toda la carga se transmitiera por las columnas de acero diseñadas hasta el suelo, liberando la construcción civil de cargas adicionales que pudieran dañarlas. En las figura 2.10 y 2.11 a), b) y c) se muestra el espacio interior del local y las vistas superior, lateral y frontal de la ubicación espacial de la estructura proyectada.



Figura 2.10 Ubicación del grupo electrógeno en el local.

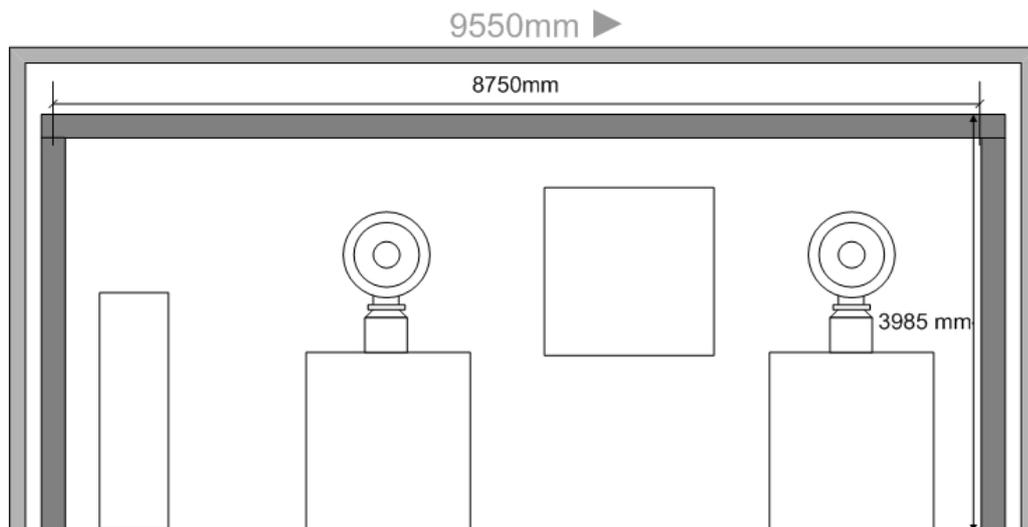


Figura 2.11 c) Vista frontal de la instalación

2.3 Cálculo de la estructura

La estructura a diseñar será rectangular con 4 columnas soporte ancladas al piso como se puede apreciar en la figura 2.12

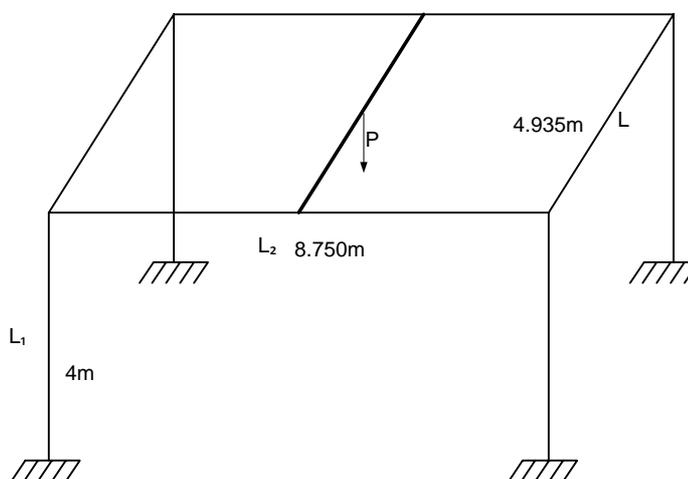


Figura 2.12 Esquema general de la estructura a diseñar

Para el análisis se considerará que la carga esta desplazada hacia la parte frontal por lo que se simplifica el esquema de análisis como se puede apreciare en la figura 2.13,

además de considerar la carga en el centro. $Z = \frac{L_2}{2} = 4.375m$

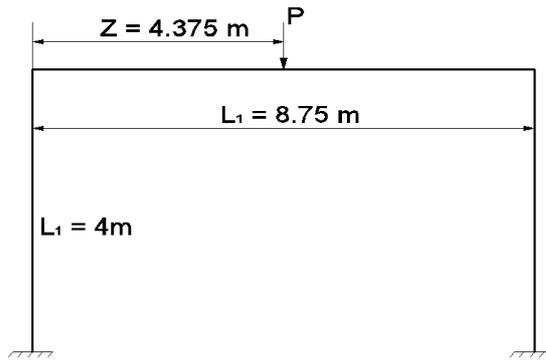


Figura 2.13 Simplificación del esquema espacial

Al considerar la carga en el centro se puede analizar la estructura como un pórtico simétrico con cargas simétricas cuyo esquema de análisis se muestran en la figura 2.14



Figura 2.14 Sistema base y sistema equivalente.

Se construyen los diagramas de momentos unitarios y el de la fuerza exterior como se muestran en la figura 2.15

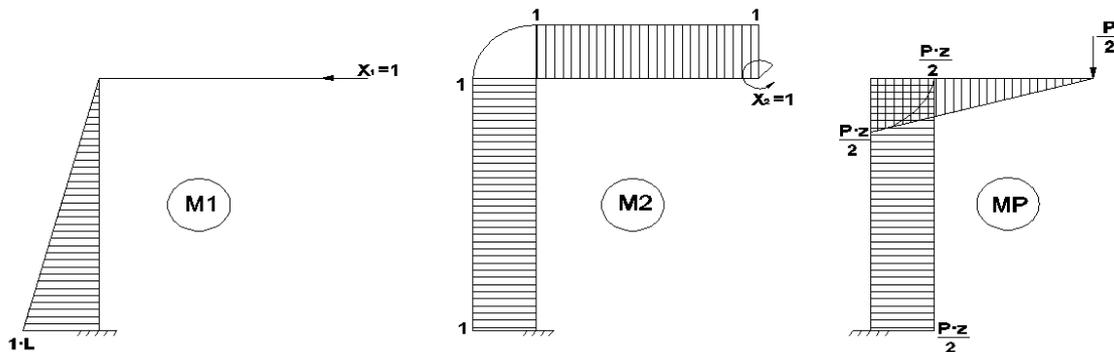


Figura 2.15 Diagramas de momentos provocados por las cargas unitarias y la carga p

Planteando las ecuaciones canónicas

$$\delta_{11} \cdot x_1 + \delta_{12} \cdot x_2 + \delta_{1p} = 0 \quad (2.5)$$

$$\delta_{21} \cdot x_1 + \delta_{22} \cdot x_2 + \delta_{2p} = 0 \quad (2.6)$$

$$\delta_{11} = \frac{1}{E \cdot I} (\text{Triángulo x Triángulo}) \quad (\text{Triángulo x Triángulo}) = h \cdot l_1 \cdot s$$

$$\delta_{11} = \frac{h \cdot l \cdot s}{3E \cdot I} = \frac{l^3}{3E \cdot I}$$

Donde $h = l \cdot l_1$, $s = 1 \cdot l$ y $l = l_1$

$$\delta_{12} = \frac{1}{E \cdot I} (\text{Triángulo x Rectángulo}) \quad (\text{Triángulo x Rectángulo}) = \frac{1}{2} \cdot h \cdot h_2 \cdot l$$

$$\delta_{12} = \frac{l^2}{2E \cdot I}$$

Donde $h = l \cdot l_1$, $h_2 = 2$ y $l = l_1$

$$\delta_{1p} = -\frac{1}{E \cdot I} \cdot (\text{Triángulo x Rectángulo}) \quad (\text{Triángulo x Rectángulo}) = \frac{1}{2} \cdot h \cdot h_2 \cdot l$$

$$\delta_{1p} = -\frac{l_1 \cdot l_1 \cdot p \cdot z}{2 \cdot E \cdot I \cdot 2} = -\frac{l^2 \cdot p \cdot z}{4E \cdot I}$$

Donde $h = l \cdot l_1$, $l = l_1$ y $h_2 = p \cdot z / 2$

$$\delta_{22} = \frac{1}{E \cdot I} (\text{Rectángulo x Rectángulo} + \text{Rectángulo x Rectángulo})$$

$$\delta_{22} = \frac{(1 \cdot l \cdot 1) + (1 \cdot z \cdot 1)}{E \cdot I} = \frac{l + z}{E \cdot I}$$

Donde para el caso 1: $h = 1$, $l = l_1$, $h_2 = 1$ y para el Caso 2 : $h = 1$, $l = z$, $h_2 = l$

$$\delta_{2p} = \frac{I}{E \cdot I} (-(\text{Rectángulo x Rectángulo}) + (-(\text{Rectángulo x Triángulo})))$$

$$(\text{Rectángulo x Rectángulo}) = h \cdot h_2 \cdot l \quad (\text{Rectángulo x Triángulo}) = \frac{1}{2} h_2 \cdot l$$

$$\text{Donde } h_1=1, h_2 = p \cdot z/2 \text{ y } l = l_1$$

$$\text{Donde } h_1 = 1, h_2 = p \cdot z/2 \text{ y } l = z$$

$$\delta_{2p} = -\frac{1}{E \cdot I} (\text{Rectángulo x Rectángulo} + \text{Rectángulo x Triángulo})$$

$$\delta_{2p} = -\frac{1}{E \cdot I} \left[\left(\frac{1 \cdot P \cdot Z \cdot l_1}{2} \right) + \left(\frac{1 \cdot P \cdot Z \cdot Z}{2 \cdot 2} \right) \right]$$

$$\delta_{2p} = -\left(\frac{P \cdot Z \cdot l_1}{2E \cdot I} + \frac{P \cdot Z^2}{4E \cdot I} \right)$$

Determinando $\frac{P \cdot Z}{2E \cdot I}$ como factor común:

$$\delta_{2p} = -\frac{P \cdot Z}{2E \cdot I} \left(l_1 + \frac{Z}{2} \right)$$

Luego de encontrar todos los desplazamientos se sustituye $\delta_{11}, \delta_{12}, \delta_{1p}$ en la ecuación

(2.5) y $\delta_{21}, \delta_{22}, \delta_{2p}$ en la ecuación (2.6)

$$\frac{l_1^3}{3E \cdot I} x_1 + \frac{l_1^2}{2E \cdot I} x_2 = \frac{l^2 \cdot P \cdot Z}{4E \cdot I} \quad (2.7)$$

$$\frac{l_1^2}{2E \cdot I} x_1 + \frac{l_1 + Z}{E \cdot I} x_2 = \frac{P \cdot Z}{2E \cdot I} \left(l_1 + \frac{Z}{2} \right) \quad (2.8)$$

Multiplicando (2.7) por: $\frac{12E \cdot I}{l^2}$

Se obtiene

$$4l_1 \cdot x_1 + 6x_2 = 3p \cdot z \quad (2.9)$$

Multiplicando la ecuación (2.8) por: $2E \cdot I$

$$\text{Se obtiene: } l_1^2 \cdot x_1 + 2(l_1 + z) \cdot x_2 = p \cdot z \left(l_1 + \frac{z}{2} \right) \quad (2.10)$$

Sustituyendo los valores de p, z, l₁ en las ecuaciones 2.9 y 2.10:

$$p = 5 \text{ ton} = 5\,000 \text{ kgf} = 49 \text{ kN},$$

$$z = 4,375 \text{ m},$$

$$2z = l_2 = 8,75 \text{ m y}$$

$$l_1 = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} 4 \cdot 4 \cdot x_1 + 6x_2 &= 3 \cdot 5 \cdot 4.335 \\ 16x_1 + 6x_2 &= 65.625 \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$(4)^2 \cdot x_1 + 2(4 + 4.375)x_2 = 5 \cdot 4.375 \left(4 + \frac{4.375}{2} \right) \quad (2.12)$$

$$16x_1 + 16.75x_2 = 135.35$$

Formando sistemas de ecuaciones con (2.11) y (2.12) y despejando x₂, se obtiene

$$16x_1 + 6x_2 = 65.63$$

$$16x_1 + 16.75x_2 = 135.35 \quad / \cdot -1$$

$$16x_1 + 6x_2 = 65.63$$

$$-16x_1 - 16.75x_2 = -135.35$$

$$-10.75x_2 = -69.72$$

$$x_2 = \frac{69.72}{10.75} = 6.486 \text{ ton} \cdot \text{m} = 6\,486 \text{ kgf} \cdot \text{m} = 63,6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Sustituyendo x₂ en la ecuación (2.12) y despejando x₁, se obtiene

$$16x_1 + 16.75 \cdot x_2 = 135.35$$

$$16x_1 + 16.75 \cdot 6.486 = 135.35$$

$$16x_1 + 108.64 = 135.35$$

$$16x_1 = 135.35 - 108.64$$

$$16x_1 = \frac{26.71}{16}$$

$$x_1 = 1,67 \text{ ton} = 1\,670 \text{ kgf}\cdot\text{m} = 16,37 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Después de sustituido los valores se construyen los diagramas de momentos flectores para cada una de las incógnitas y sumándolas todos obtenemos el diagrama de momento flector resultante mostrados en las figuras 2.16 y 2.17

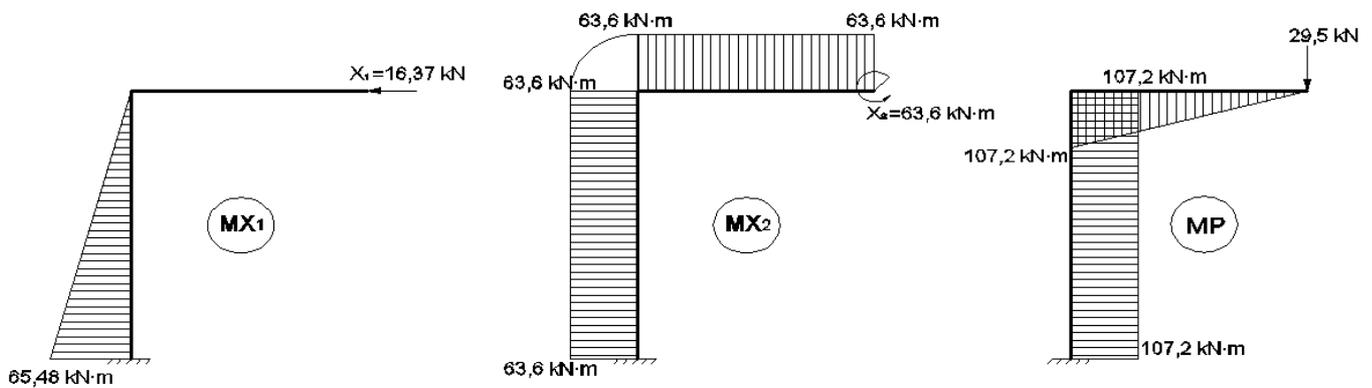


Figura 2.16 Diagramas de momentos productos de las cargas calculadas

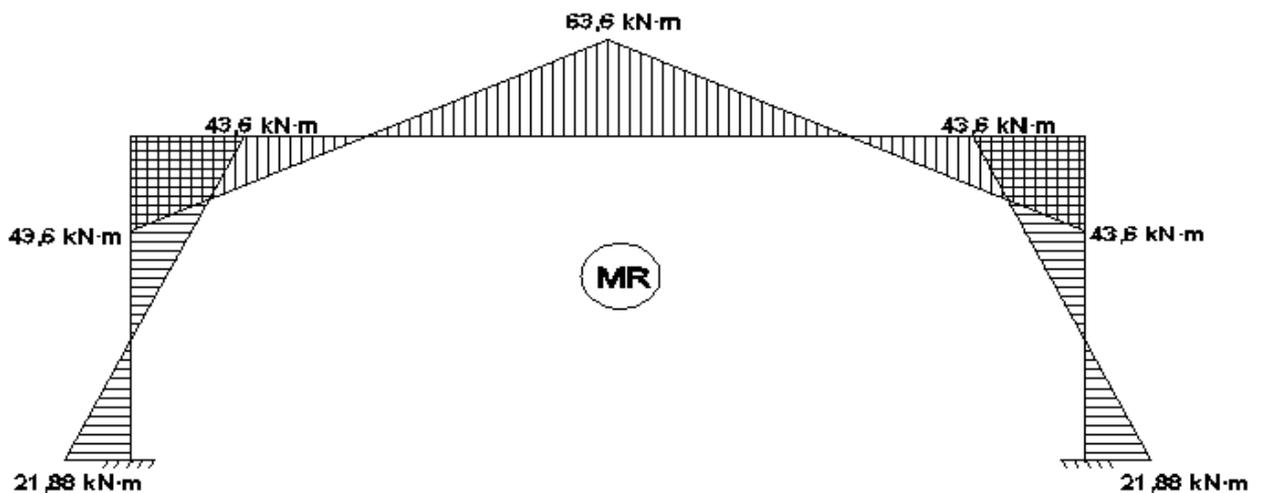


Figura 2.17 Diagramas de Momentos Resultante en la estructura

Los resultados fueron comparados con los obtenidos gracias al software Inventor 2012 dando valores similares como se observa en la figura 2.18

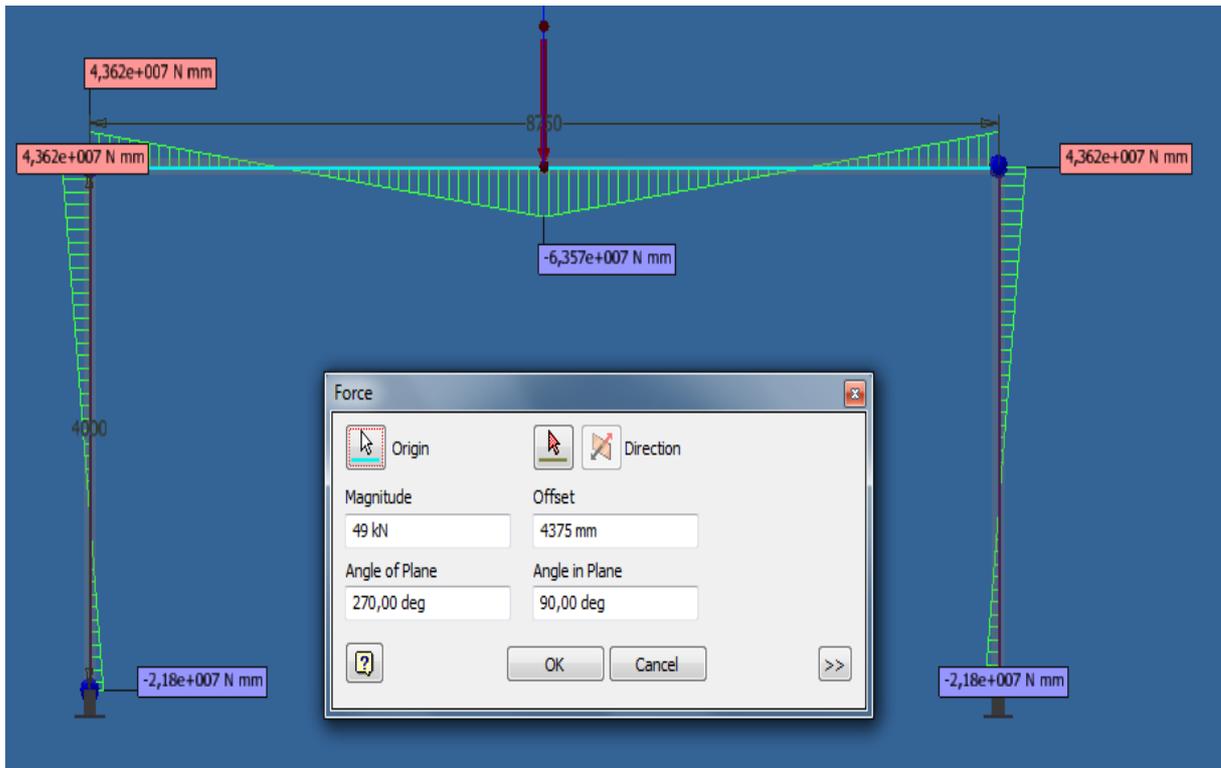


Figura 2.18 Representación de los diagramas de momentos obtenidos en Inventos 2012

2.3.1 Selección de las vigas de la estructura

Para la selección del perfil adecuado para la estructura se partirá del momento flector máximo que esta soporta partiendo de la condición de resistencia de las tensiones máximas que genera el momento flector.

$$\sigma_{\max} = \frac{Mf_{\max}}{W_X} \leq [\sigma] \quad (2.13)$$

Donde:

Mf_{\max} : Momento flector máximo producido en la viga superior de la estructura

$$Mf_{\max} = 63,6 \text{ kN}\cdot\text{m} = 6360 \text{ kN}\cdot\text{cm}$$

W_x : módulo de la sección transversal de la viga

$$[\sigma] = 1500 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 14,7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Despejando el valor del módulo a la flexión de la viga se obtiene la ecuación:

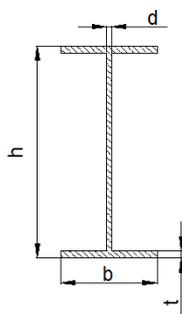
$$W_x \geq \frac{Mf_{\max}}{[\sigma]} \quad (2.14)$$

$$W_x \geq \frac{6360}{14,7}$$

$$W_x \geq 432,4 \text{cm}^3$$

Comparando este valor con los del perfil I se puede tomar la decisión de escoger un perfil 30 con las características que se muestra en la tabla 2.1

Tabla 2.1 Valores de perfiles laminados tipo I



No. del Perfil	Peso por metro lineal (Kg)	Tamaño (mm)				Área de la Sección cm^2	Datos Respecto a los Ejes						
		h	b	d	t		x-x				y-y		
							$I_{x'}$ cm^4	$W_{x'}$ cm^3	$i_{x'}$ cm	$S_{x'}$ cm^3	$I_{y'}$ cm^4	$W_{y'}$ cm^3	$i_{y'}$ cm
27	31,5	270	125	6	9,8	40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
27a	33,9	270	135	6	10,2	43,2	5500	407	11,3	229	337	50	2,8
30	36,5	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
30a	39,2	300	145	60,5	10,7	49,9	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
33	42,2	330	140	7	11,2	53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79

2.4 Selección de la viga que soportará el monorraíl

En la viga transversal estará colocado un monorraíl de fabricación mexicana con capacidad de carga 5 toneladas como se muestra en la figura 2.19



Figura 2.19 Polipasto eléctrico de 5 toneladas

Para el esquema de análisis se considera un sistema isostático con apoyos en ambos extremos y la carga en el centro de la viga, como se muestra en la figura 2.20

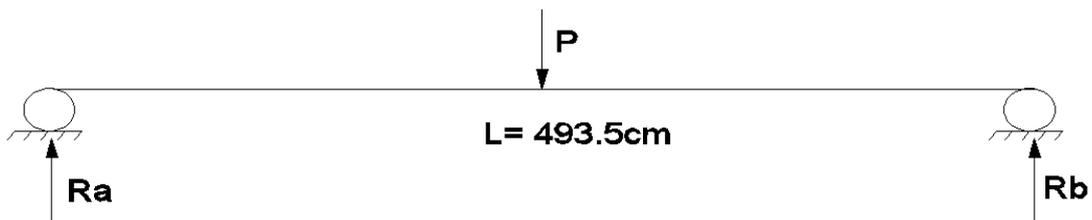


Figura 2.20 Esquema de análisis de la viga transversal

Realizando la sumatoria de fuerzas

$$\sum F_y = 0$$

$$Ra + Rb - P = 0 \quad (2.15)$$

Realizando la sumatoria de momentos en el punto A

$$\sum M_A = 0$$

$$\sum M_A = P \cdot \frac{l}{2} - Rb \cdot l \quad (2.16)$$

Despejado Rb en (2.16)

$$Rb = \frac{P \cdot l}{2 \cdot l} = \frac{P}{2} = 24,5 \text{ kN}$$

Sustituyendo Rb en la (2.15) se obtiene Ra

$$Ra = P - Rb$$

$$Ra = 49 - 24,5 = 24,5 \text{ kN}$$

Los gráficos de cortante y momento flector se pueden apreciar en la figura 2.21

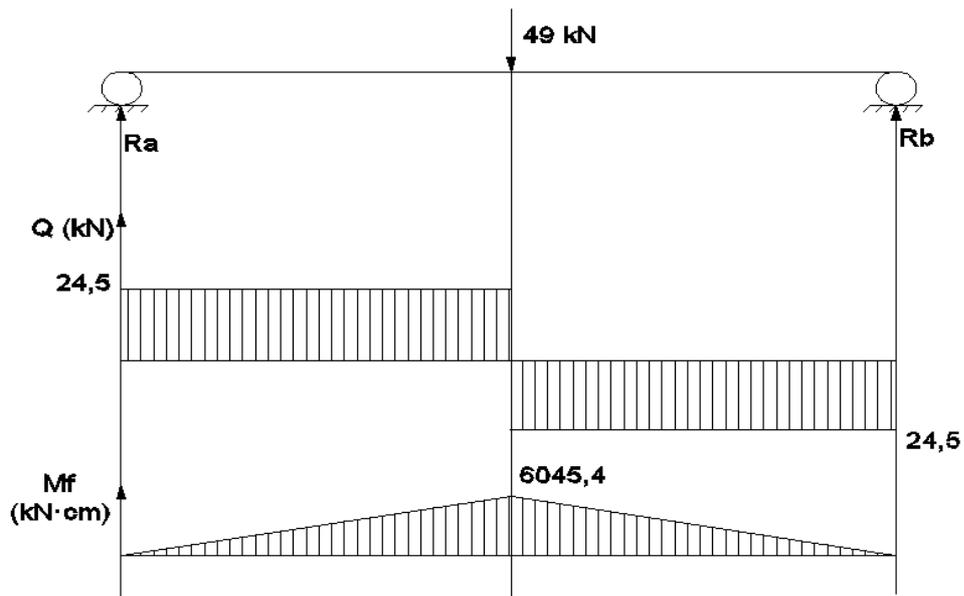


Figura 2.21 Diagrama de cortante y momento flector de la viga transversal

Para la selección del perfil adecuado para la viga transversal se realizó el mismo procedimiento que para viga superior de la estructura

Mf_{\max} : Momento flector máximo producido en la viga transversal.

$$Mf_{\max} = 6045,4 \text{ kN}\cdot\text{cm}$$

Sustituyendo en la ecuación (2.14)

$$W_x \geq \frac{6045,4}{14,7}$$

$$W_x \geq 411.25 \text{ cm}^3$$

Comparando este valor con los del perfil I se puede tomar la decisión de escoger el mismo perfil I N° 30 con las características que se mostraron en la tabla 2.1

2.5 Cálculo de la unión viga superior columna soldadas a solape.

En la figura 2.22 se muestran distintos tipos de uniones soldadas a solape.

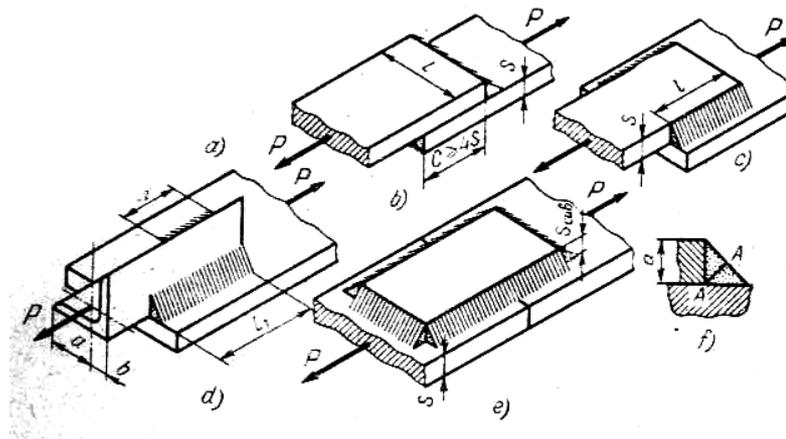


Figura 2.22 Uniones a solape.

La explicación sobre el cálculo de estas uniones se realizará a partir del análisis de las tensiones que se producen en un cordón a solape, entre plancha, sometido a la acción de un sistema general de cargas como se muestra en la figura 2.23.

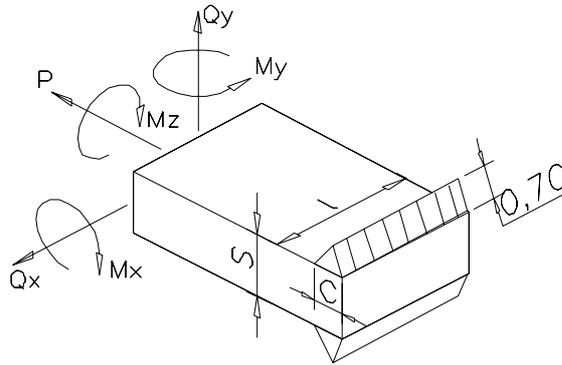


Figura 2.23 Cordón a solape sometido a un sistema general de cargas.

En el caso de la unión entre la viga superior y las columnas se analizará un cordón de costuras de filetes con la distribución paralela de los mismos como se puede apreciar en la figura 2.24

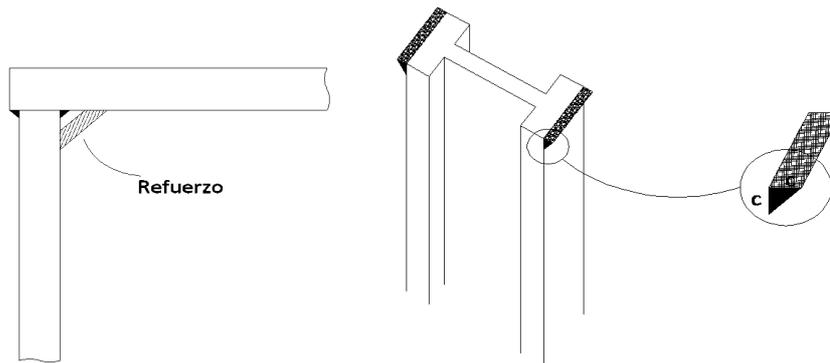


Figura 2.24 Representación de la unión soldada de la estructura superior con las columnas.

El efecto del momento flector generará entonces fuerzas internas en la garganta del cordón como se muestra en la figura 2.25

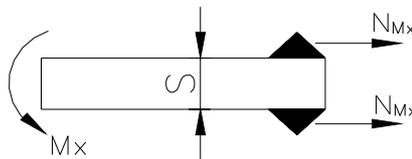


Figura 2.25 Efecto del momento flector en el eje X.

$$N_{Mx} = \frac{2 \cdot Mx}{s} \quad (2.17)$$

$$\tau_{Mx} = \sigma_{Mx} = \frac{N_{Mx}}{2 \cdot Aq} = \frac{Mx}{0,7 \cdot c \cdot l \cdot s} \quad (2.18)$$

Generalmente la selección de los materiales para la construcción de piezas soldadas se seleccionan en función de su soldabilidad para garantizar la rapidez y calidad en la ejecución de la unión, para la determinación de la tensión admisible del cordón de soldadura hay que tener en cuenta las características del electrodo, en la tabla 2.2 se muestran los valores de tensiones admisibles para algunos electrodos.

Los coeficientes de seguridad para distintas estructuras como puentes y edificios ocupacionales están dados en normas de obligatorio cumplimiento elaboradas particularmente para estos y en otras construcciones se fijan a partir del criterio y la experiencia del diseñador.

Tabla 2.2 Límites de resistencia de distintos electrodos.

Electrodo (AWS)	Límite de rotura, MPa	Límite de fluencia, MPa
E60xx	427.18	444.5
E70xx	482.4	492,74
E80xx	551,2	461,64
E90xx	620,1	540,54
E100xx	689	599,44
E120xx	826,8	747,24

Es usual que en la literatura especializada se sugiera escoger los valores de la tensión admisible para las uniones soldadas en función de la resistencia del metal base, en la tabla 2.3 se muestran dos recomendaciones.

Tabla 2.3 Determinación de la tensión admisible en uniones soldadas.

Método de soldadura	$[\sigma]_t'$	$[\sigma]_c'$	$[\tau]'$
Manual con electrodos ordinarios	$0,9 \cdot [\sigma]_t$	$[\sigma]_t$	$0,6 \cdot [\sigma]_t$
Soldadura automática y bajo fundente	$[\sigma]_t$	$[\sigma]_t$	$0,6 \cdot [\sigma]_t$

Para el esquema de análisis empleado se determinará el cateto de soldadura necesario para que resista las tensiones generadas por el momento flector en ambas vigas mostradas en la figura 2.26.

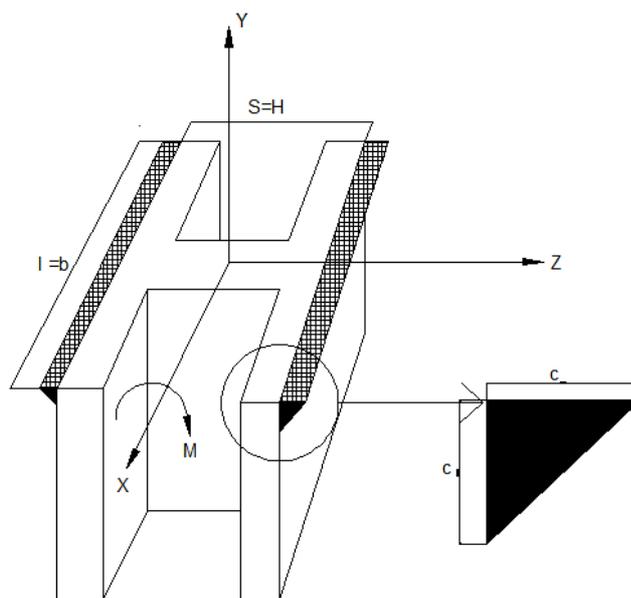


Figura 2.26 Esquema de análisis empleado

$$\tau_{M_x} = \sigma_{M_x} = \frac{M_x}{0,7 * C * l * S} \leq [\tau] \quad (2.19)$$

Tomando como material de aportación el electrodo E 6013 se obtiene que el valor del límite de rotura será:

$$[\sigma_{(t)}] = 427.18 \text{ Mpa}$$

Partiendo de la soldadura manual por arco eléctrico

$$[\tau] = 0,6 * [\sigma_{(s)}] \quad (2.20)$$

$$[\tau] = 0,6 * 427.18 \text{ Mpa}$$

$$[\tau] = 256.3 \text{ N/mm}^2$$

Despejando el valor del cateto c en la ecuación 2.18 se obtiene

$$C \geq \frac{M_x}{0,7 * l * S * [\tau]} \quad (2.21)$$

Donde:

C= cateto de la soldadura

$l = b = 135 \text{ mm}$ ancho de la viga

$S = H = 300 \text{ mm}$ altura de la viga

$M_x = 43\,600\,000 \text{ N-mm}$: valor del momento flector en la zona de cálculo

Sustituyendo en (2.21)

$$C \geq \frac{43,6 \text{ kN} * m}{0,7 * l * S * \tau_{MX}}$$

$$C \geq \frac{43\,600\,000 \text{ N} * mm}{0,7 * 300 \text{ mm} * 135 \text{ mm} * 256.3 \text{ N/mm}^2}$$

C= 6.01 mm

Se considerará el valor del cateto de la soldadura de 6 mm y se utilizará un electrodo de 4 mm, teniéndose que hacer cuatro cordones en cada unión, consumiéndose aproximadamente una caja de electrodos de 1 kg como se muestra en la figura 2.27.

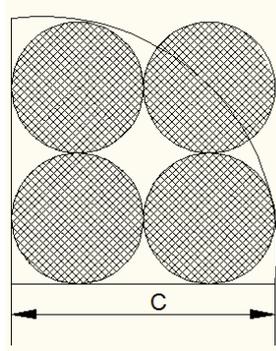


Figura 2.27 Representación del cordón de soldadura

2.6 Cálculo de la unión atornillada en la base de la estructura

La estructura será fijada al suelo mediante placas cuadradas con cuatro agujeros cada una y atornilladas al suelo como se muestra en la figura 2.28.

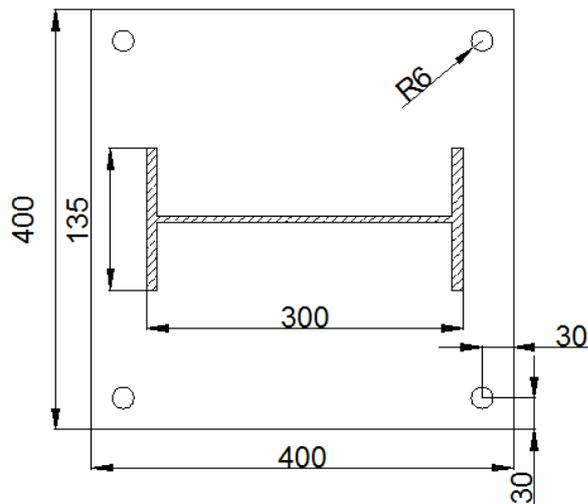


Figura 2.28 Esquema de la placa base

En la unión de la base con el suelo, al generarse un momento producto del empotramiento que se genera se constituirá un sistema hiperestático como se muestra en la figura 2.29

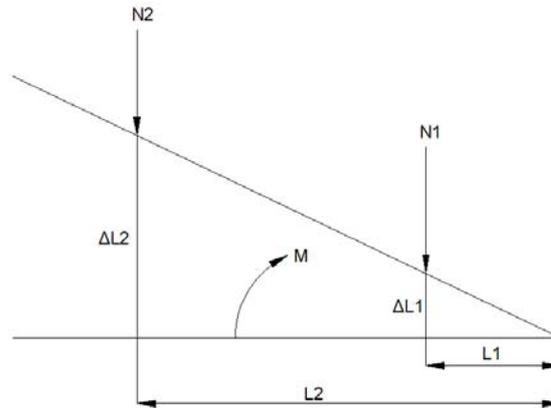


Figura 2.29 esquema de análisis de la unión base-suelo

Realizando la sumatoria de momentos respecto al punto de apoyo.

$$\sum M_0 = 0 = M - N_1 \cdot l_1 - N_2 \cdot l_2 \quad (2.22)$$

$$M = 21,89 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M = 21890000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$l_1 = 30 \text{ mm}$$

$$l_2 = 370 \text{ mm}$$

Planteando la razón de semejanzas de triángulo

$$\frac{\Delta l_1}{l_1} = \frac{\Delta l_2}{l_2} \quad (2.23)$$

$$\text{Conociendo que } \Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot A} \quad (2.24)$$

Donde:

L: longitud del tornillo

E: Módulo de elasticidad del material del tornillo.

A: Área de la sección transversal del tornillo.

Tomando la consideración que todos los tornillos son del mismo material y de las mismas dimensiones entonces se puede plantear que:

$$\frac{N_1}{l_1} = \frac{N_2}{l_2} \quad (2.25)$$

Despejando N_1

$$N_1 = N_2 \left(\frac{l_1}{l_2} \right) \quad (2.26)$$

Despejando N_2 en la ecuación (2.22)

$$N_2 \cdot l_2 = M - N_1 \cdot l_1 \quad (2.27)$$

Sustituyendo (2.26) en (2.27)

$$N_2 = \frac{M - N_2 \cdot l_1 \left(\frac{l_1}{l_2} \right)}{l_2}$$

$$N_2 = \frac{M}{l_2} - l_1 \left(\frac{N_2}{l_2} \right) \left(\frac{l_1}{l_2} \right)$$

$$N_2 = \frac{M}{l_2} - \frac{N_2 \cdot l_1^2}{l_2^2}$$

$$N_2 + N_2 \left(\frac{l_1^2}{l_2^2} \right) = \frac{M}{l_2}$$

$$N_2 \left(1 + \frac{l_1^2}{l_2^2} \right) = \frac{M}{l_2}$$

$$N_2 \left(\frac{l_2^2 + l_1^2}{l_2^2} \right) = \frac{M}{l_2}$$

Simplificando l_2

$$N_2 \left(\frac{l_2^2 + l_1^2}{l_2} \right) = M$$

$$N_2 = \frac{M \cdot l_2}{l_2^2 + l_1^2} \quad (2.28)$$

Sustituyendo los valores

$$M = 21890000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$l_1 = 30 \text{ mm}$$

$$l_2 = 370 \text{ mm}$$

$$N_2 = \frac{21890000 \text{ N}\cdot\text{mm} \cdot 370 \text{ mm}}{(370 \text{ mm})^2 + (30 \text{ mm})^2}$$

$$N_2 = 58809.14 \text{ N}$$

Sustituyendo N_2 en (2.26)

$$N_1 = N_2 \left(\frac{l_1}{l_2} \right) = 4768.3 \text{ N}$$

Como los tornillos son iguales y se emplearán cuatro se toma el mayor valor de la fuerza interna. Se divide entre dos tornillos de esa zona.

$$P = \frac{N_2}{2} \quad (2.29)$$

$$P = \frac{58809.14 \text{ N}}{2} = 29404.5 \text{ N}$$

Como el tornillo está sometido a tracción se emplea la condición de resistencia

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq [\sigma]_f \quad (2.30)$$

$[\sigma]_f = 420 \text{ MPa}$ - Para el tornillo

Donde :

P carga que actúa sobre el tornillo más cargado

A: Área de la sección transversal del tornillo

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2.31)$$

$$\frac{4P}{\pi \cdot D^2} \leq [\sigma]_T \quad (2.32)$$

Despejando el diámetro.

$$D^2 \geq \frac{4P}{\pi \cdot [\sigma]_T}$$
$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot [\sigma]_T}} \quad (2.33)$$

Sustituyendo los valores

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 29404.5}{\pi \cdot 420}}$$

$$D \geq \sqrt{89,14}$$

$$D \geq 9,44 \text{ mm}$$

Se tomarán tornillos M12 para tener un factor de seguridad de 1.27, siendo recomendado por la literatura. .

CAPÍTULO III: COSTO DE FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA GRÚA.

3.1 El costo de fabricación.

El costo de fabricación es la expresión monetaria de los gastos de producción, es decir los gastos en que la Empresa incurre durante la fabricación de un artículo cualquiera. La determinación y evaluación de este costo facilita las posibles soluciones a un diseño determinado permitiendo la selección de aquel diseño que brinde mayor beneficio productivo con el mínimo de gastos, por ello dentro de la mentalidad de un diseñador debe estar el costo como un elemento de vital importancia.

Dentro de los costos de producción se incluyen: los gastos de materias primas y materiales auxiliares empleados en la fabricación, los gastos en salarios, el costo de la energía consumida, los gastos generales producto de la amortización de los equipos empleados en la fabricación y los gastos indirectos.

Por medio del costo se expresa la eficiencia en el trabajo, además de ser un indicador generalizador de la calidad, que sirve como índice principal para medir el buen funcionamiento de una empresa en la utilización de los recursos disponibles, al valor de la producción obtenida y la magnitud de los gastos incurridos en la misma.

Los principales elementos del costo de fabricación expresados en forma monetaria son:

1. El valor de las materias primas utilizadas.
2. Materiales auxiliares empleados en la fabricación de la máquina o equipo.
3. Los gastos en salario de los trabajadores.
4. Los gastos producto de la amortización de los equipos y máquinas empleadas en la fabricación.
5. El valor de la energía consumida en aquellas máquinas o equipos participantes en el proceso de fabricación.
6. Los costos indirectos del proceso.

3.2 Gastos en materiales y materias primas durante la fabricación.

Este elemento del costo es el más importante y sobre el cual recae el mayor peso desde el punto de vista monetario. El mismo resume el valor de todas las materias primas y materiales empleados en la producción El costo total de los materiales se determina teniendo en cuenta el

precio de adquisición, su peso específico y el consumo de unidades. En la tabla 3.1 se dan estos gastos para el caso de la grúa analizada.

Tabla 3.1 Gasto en materiales

COMPONENTES	CANT	MAT.	LONG (m)	AREA (m²)	PRECIO/t	PESO BRUTO (t)	COSTO CUC
VIGA I N° 30	1	Ac. 20	50	0,46	377,38	1.83	688.71
PLANCHA S= 40 MM. 40X400X1600	1	Ac. 20	1,2	0,72	286,12	0,113	32,33
TOTAL							721.05

Dentro de estos costos serán incluidos también aquellos que serán generados por la soldadura y el corte del material

Tabla 3.2 Gastos en materiales de soldadura

MATERIALES	UNIDADES	COSTO / UNIDAD USD	COSTO CUC
ELECTRODO 6013	1 kg	2,31 USD/kg	2.31
DISCO ABRASIVO	3	5.53	16,59
CEPILLO DE ALAMBRE	3	2.25	6,75
BALON OXIGENO	20 (m ³)	0.71	14,20
BALON ACETILENO	5 (m ³)	4.07	20,35
TOTAL			60.2

Además se tomara en cuenta los gastos de adquisición de l polipasto y la tornillería mostrada en la tabla 3.3

TABLA 3.3 GASTO EN EQUIPOS Y MISELANEA

COMPONENTES	CANT	MAT.	LONG (m)	AREA (m ²)	PRECIO/unidad	COSTO CUC
POLIPASTO	1	-	-	-	2 500	2 500
TORNILLO M12 X 90mm	16	Ac. 20	1,2	0,66	0.184	19,2
TOTAL						2 519,72

3.3 Gastos en salarios.

El gasto en salarios depende de la categoría y el número de horas de trabajo de cada uno de los técnicos y obreros que participan en la producción. El salario horario incluye el 9,0909 % correspondiente a vacaciones y el 14 % correspondiente a seguridad social. En la Tabla 3.4 se muestran estos gastos.

Tabla 3.4 gastos en salarios

TIPO DE OBRERO	CANTIDAD DE OBREROS	HORAS DE TRABAJO	SALARIO HORARIO PESOS	SAL. HOR. X 1,0909 X 1.14	GASTOS EN PESOS
SOLDADOR A	1	24	4,59	5,71	137.04
PAILERO A	1	24	5,57	6,93	166.32

MECANICO DE MONTAJE	1	24	5,31	6,60	158.00
MECÁNICO DE TALLER	1	16	5,31	6,60	105,60
TOTAL					567.36

3.4 Costos generados por la amortización de equipos.

El traspaso gradual del valor de los medios de trabajo a medida que estos se desgastan a los productos que se elaboran y la utilización de ese valor para la reproducción posterior de los fondos fijos de producción es lo que conocemos por amortización de un equipo.

En el proceso de producción las máquinas sufren un desgaste físico que lleva a la pérdida de propiedades técnicas y productivas del medio de trabajo y un desgaste moral producto del avance científico que provoca la obsolescencia de la misma y que le resta valor al producto. Estos gastos se determinan partiendo de la amortización horaria de cada máquina y del tiempo en horas en que dicha máquina participa en la producción.

Tabla 3.5 gastos de amortización

MÁQUINA O EQUIPO	PAÍS	PRECIO CUC	AMORT. ANUAL CUC/Año	AMORT. HORARIA CUC/hora	TIEMPO horas	GASTO TOTAL CUC
Taladro Vertical	ESPAÑA	620,00	40,44	0,017	4	0,068
EQUIPOS OXICORTE	URSS	461,72	95,34	0,041	48	1,97
MÁQUINAS DE SOLDAR	URSS	2 961,68	148,08	0,064	72	4,61
PULIDORAS MANUALES	ESPAÑA	321,53	153,92	0,062	12	0,74
TOTAL						7,38

3.5. Costos generados por el consumo de energía eléctrica.

El precio de 1 kW - h se tomó en base a una tarifa horaria correspondiente al horario normal diurno fuera del horario pico. Que para la Empresa ETECSA es de: 0,046 CUC/kW – h.

En la Tabla 3.6 se da la relación de los equipos, el tiempo empleado y el gasto en energía de cada uno de ellos, así como el gasto total de energía.

Tabla 3.6 gastos de energía

MÁQUINA O EQUIPO	HORAS DE TRABAJO	POTENCIA kW	ENERGIA CONSUMIDA (kW - h)	GASTO TOTAL ENERGIA CUC
TALADRO VERTICAL	4	1.5	6	0.276
MÁQUINAS DE SOLDAR	24	14,58	336	15.46
PULIDORAS MANUALES	12	2.05	24.6	1,13
TOTAL				16.86

3.6 Totales de gastos

Totales de Gastos Directos.

El total de Gastos Directos es igual a la suma de los Gastos en Materiales, Soldadura, Accesorios, Salarios, Amortización y Energía. Considerando un Peso igual a un USD. Se tiene que:

Gastos Directos = 721.05 + 60.20 + 2519.70 + 7.38 = 18 678,39 CUC.

Gastos Directos = 567.36 CUP.

Aplicando la política de unificación monetaria

Total Gastos Directos = 3875.69 pesos.

Total de Gastos Indirectos.

Los gastos indirectos son aquellos gastos en que incurre la Empresa producto de las Gestiones de Dirección, Administración, Servicios Generales, Transporte de Personal, Iluminación, etc. los

cuales hay que cargárselos a los gastos de producción. Estos se estiman como regla como el 30 % de los Gastos Directos. En este caso:

$$\text{Gastos Indirectos} = 0,3 \times \text{Gastos Directos} = 0,3 \times 3875.69 = 1162.7 \text{ pesos}$$

Costo de Fabricación.

El Costo de Fabricación es la suma de los Gastos Directos más los Indirectos, o sea:

$$\text{Costo de Fabricación} = \text{G.D.} + \text{G.I.} = 3875.69 + 1162.7 = 5038.4 \text{ pesos}$$

CONCLUSIONES

1. Luego de la búsqueda y análisis de las características de las grúas puente se decidió utilizar una grúa puente de monorraíl de fabricación mexicana con polipasto eléctrico de 5 toneladas.
2. Se realizaron los cálculos necesarios para la posterior selección de los diferentes elementos estructurales que conforman la estructura de la grúa evaluando la resistencia de cada uno de ellos.
3. Para garantizar la resistencia de la Viga Principal, así como el resto de la estructura es necesario emplear una viga I No. 30. En el caso de los tronillos que fijaran la estructura al suelo se tomaron M12 garantizando de esta manera un factor de seguridad de 1,2.
4. El cálculo del costo de fabricación de la estructura arrojó un valor de 5038.4 pesos, mucho más pequeño de lo que cuesta comprar una estructura de este tipo fabricada en el extranjero, con el consiguiente ahorro de importaciones.

RECOMENDACIONES

Se recomienda completar el Proyecto Constructivo, con todos los planos necesarios y construir la estructura de la Grúa Puente Monorrail proyectada para satisfacer los requerimientos del Taller.

BIBLIOGRAFÍA:

Argüelles, R. (1999). *Estructuras de Acero. Cálculo, Norma Básica y Eurocódigo*. {s.l}: Bellisco.

Argüelles, R. (1999). *Estructuras de Acero. Cálculo, Norma Básica y Eurocódigo*. Bellisco.

Atlas de elementos de máquinas. Editorial Pueblo y Educación. La Habana 1990.

Álvarez, J., Elementos de Máquinas. Manual complementario. Editorial Pueblo y Educación. La Habana 1985.

Anuriev, N.I., Manual del constructor de maquinaria. Editorial. Vneshtorgizdat. Moscú 1987.

Baránov G. G. (1988). *Curso de la Teoría de Máquinas y Mecanismos*. Moscú: MIR.

Boix, O. (2002). *Tecnología Eléctrica*. Barcelona: Publicacions d'Abast

Burgos Sola, José L. (1990). *Tecnología de Soldadura*.

Casillas A. L. (1989). *Máquinas, Cálculos de Taller*. La Habana: Científico – Técnica.

CIME. (1989). Recuperación de Piezas por Métodos de soldadura.

Chevalier, A. (2001a). *Dibujo Industrial*. México: Noriega.

Chevalier, A. (2001b). *Dibujo Industrial*. México: Noriega.

DIN 15018 Krane. Grundsätze für Stahltrawerke, Berechnung. (1990).

Diseño de una grúa automontable de 8.000 N y 22 m de flecha 111. (1995).

Dobrovolski V. (1970). *Elementos de Máquinas*. Moscú: MIR.

Estadísticas del Ministerio de Fomento. (1990). Recuperado a partir de <http://www.mfom.es/estadisticas/estadisticas.html>, 28 de enero de 2004

Fenallosa Coral, J. (2000). *Unions Cargolades*. Barcelona: Edicions UPC.

Fenallosa Coral, J. (2000). *Unions Cargolades*. Barcelona: Edicions UPC

- Fenallosa Coral, J. (2002). *Quaderns de Disseny de Maquinès I*. Barcelona.
- Feodosiev V.I. (1985). *Resistencia de Materiales*. Moscú: MIR.
- Fernández L. Corzos, J.A. (1999). *Comentarios a las Normas UNE de Dibujo*.
Barcelona: Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria.
- Fernández L. Corzos, J.A. (1999). *Comentarios a las Normas UNE de Dibujo*.
Barcelona: Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria.
- Fernández Levy, Gilda S. (1983). *Resistencia de Materiales*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Fred B. Seely M. S. (1954). *Resistencia de Materiales*. México: Hispano Americana.
- García de la Final Costales, Javier. (1986). *Equipos de elevación: Mecanismos*. La Habana: IPSJAE.
- Goytisoló Rafael. (1973). *Diseño de elementos de Máquinas*. Departamento Mecánica Teórica y Aplicada. UCLV,.
- Guliáev A. P. (1970). *Metalografía*. Moscú: MIR.
- Grúas. (2000). Recuperado a partir de <http://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa>, 10 de marzo,2014
- Grúas. (2012). Recuperado a partir de <http://www.vinca.es/producto/puente-graa-monorail/>, 12 de febrero,2011
- Grúas. (2013). Recuperado a partir de file:///E:/volvo%20penta%20300%20kva%20power%20primer%20grupo%20electr%C3%B3geno%20diesel-Generador%20diesel-Identificaci%C3%B3n%20del%20producto840966623-spanish_alibaba_com.htm,8 de junio,2014
- Grúas. (s. f.). Recuperado a partir de http://www.dissetodiseo.com/transporte_elevacion/manipulacion_barriles/grua_taller_2000.html, 8 de junio,2014.

- Grúas Jaso. (2004). Recuperado a partir de <http://www.jaso.com/default.asp>, 28 de enero de 2004
- Grúas Liebherr. (1990). Recuperado a partir de <http://www.liebherr.com>, 28 de enero de 2004
- Grúas Manitowoc Crane Group. (2000). Recuperado a partir de <http://www.manitowoccranegroup.com>, 28 de enero de 2004.
- Grúas Potain. (2000). Recuperado a partir de <http://www.potain.fr/index.cfm>, 28 de enero de 2004
- Grúas Sáez. (2000). Recuperado a partir de <http://www.forzasl.com/gruassaez/empresa.htm>, 28 de enero de 2004.
- Hoesch Rothe Erde AG. (1992). *Grandes Rodamientos*. Dortmund.
- ICICT Grupo TÜV Rheinland. (1999). Recuperado a partir de http://www.icictsa.com/esp/empres/h_empres.htm, 28 de enero de 2004.
- Larburu, N. (1984). *Máquinas, Prontuario*. Madrid.
- Larburu, N. (1990). *Máquinas, Prontuario. Técnicas, Máquinas, Herramientas*. Madrid: Paraninfo.
- Larrode, E., Miravete, A. (1996). *Grúas. Servicio de Publicaciones*. España: Universidad de Zaragoza.
- Mechanical Equipment. Machinery Directive. (1998). Recuperado a partir de http://europa.eu.int/comm/enterprise/mechan_equipment, 28 de enero de 2004.
- Niemann, G. (1987a). *Elementos de Máquinas. Tomo I*. Barcelona: Labor
- Niemann, G. (1987b). *Elementos de Máquinas. Tomo II*. Barcelona: Labor.
- Normativa para la construcción. Aparatos elevadores. (2004). Recuperado a partir de <http://www.arquitectura.com/tecnica/legal/legalespana/aparatoselevadores.asp>, 28 de enero 2014
- Ortiz Berrocal, L. (1991). *Resistencia de Materiales*. Madrid: McGraw-Hill.

- Pardo Díaz, A., Sanza Calabía, L.A. (1999). *Metrología y Verificación, Primera Parte*. Barcelona.
- Pisarenko G.S., Yakovlev A.P., Matveev V.K. (1989). *Manual de Resistencia de Materiales*. Moscú: MIR.
- Potain, The Crane Range. Ecully. (1995).
- Pujol I Montala. (2002). *Reductores y moto-reductores*. Manresa
- Reglamentos técnicos de aparatos de elevación. (1998). Recuperado a partir de http://www.coitiab.es/reglamentos/elevadores/i_elevadores.htm, 28 de enero de 2004.
- Riba Romeva, C. (1997). *Disseny de maquines IV. Selecció de materials 1*. Barcelona: Edicions UPC
- Riba Romeva, C. (1999a). *Mecanismes i maquines I El frec en les màquines*. Barcelona: Edicions UPC.
- Riba Romeva, C. (1999b). *Mecanismes i maquines II Transmissions d'engranatges*. Barcelona: Edicions UPC.
- Riba Romeva, C. (1999). *Selecció de Motors i Transmissions en el Projecte Mecànic*. Barcelona: Publicacions d'Abast,.
- Rodríguez Pérez, Héctor. (1975). *Metalurgia de la soldadura*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Schimpke P., Horn H.A., Ruge J. (1986). *Tratado General de Soldadura. Proyecto y cálculo de construcciones soldadas*. La Habana: Revolucionaria.
- Shigley, J.E y Mischkie, C. (2001). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México: McGraw Hill Interamericana.
- SKF. Rodamientos. Catálogo general. (1995).
- TYCSA, Cable Industrial. (2000). Barbera del Vallès.

UNE 58-101-92 Parte 1 Aparatos pesados de elevación. Condiciones de resistencia y seguridad en las grúas torre desmontables para obra. Parte1 Condiciones de diseño y fabricación. (1992).

UNE 58-101-92 Parte 2 Aparatos pesados de elevación. Condiciones de resistencia y seguridad en las grúas torre desmontables para obra. Parte2 Condiciones de instalación y utilización. (1992).

UNE 58-101-92 Parte 3 Aparatos pesados de elevación. Condiciones de resistencia y seguridad en las grúas torre desmontables para obra. Parte3: Documentación. (1992).

UNE 58-101-92 Parte 4 Aparatos pesados de elevación. Condiciones de resistencia y seguridad en las grúas torre desmontables para obra. Parte4: Vida de la grúa. (1992).

UNE 58-102-74 Aparatos pesados de elevación. Reglas para el cálculo de las estructuras. (1978).

UNE 58-105-76 Aparatos pesados de elevación. Normas de Seguridad. (1976).

UNE 58-111-81 Aparatos pesados de elevación. Criterios de examen y sustitución de cables. (1981).

UNE 58-118-84 Aparatos de elevación. Código y métodos de ensayo. (1984).

UNE 58-120-84 Aparatos pesados de elevación. Selección de cables. (1984).

UNE 58-121-86 Aparatos pesados de elevación. Estabilidad de grúas (Excepto grúas móviles y flotantes). (1986).

UNE 58-135-89 Aparatos pesados de elevación. Características técnicas y documentos de aceptación. (1989).