



“FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES”

TRABAJO DE DIPLOMA

TÍTULO: Procedimiento matemático para optimizar la preparación del plan de corte de papel autocopiativo en la Empresa Gráfica de Cienfuegos.

AUTOR: Alain Pérez Hernández.

TUTORES: M.Sc. Rubén De León Rodríguez.

Ing.: Jean Paul Morales Herrera.

Curso 2006 – 2007.

PENSAMIENTO

¿Cómo puede ser que las matemáticas, que son después de todo un producto del pensamiento humano independiente de la experiencia, se adapten tan admirablemente a los objetos de la realidad?

Albert Einstein.

DEDICATORIA

A mis padres con todo mi amor.

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores Rubén de León y Jean Paul Morales , por sus orientaciones, dedicaciones y exigencias, sin la cual la realización de este trabajo no hubiese sido posible.

A todos los profesores que han contribuido a mi formación profesional.

A los compañeros del Poligráfico, por el tiempo y la ayuda que tan amablemente me brindaron.

A mis padres, que han estado a mi lado, dándome su apoyo, y cariño.

A mis compañeros de trabajo, por darme su apoyo y comprensión.

A todos, muchas gracias.

RESUMEN

Resumen

El trabajo de diploma “Procedimiento matemático para optimizar la preparación del plan de corte de papel autocopiativo en la Empresa Gráfica de Cienfuegos” tiene como objetivo general utilizar la modelación matemática asociada a las técnicas de computación en la preparación del plan de corte de papel autocopiativo.

En el trabajo se realiza un recuento del método de modelación matemática, es caracterizado el paquete de programas profesional (computacional) utilizado para procesar los modelos y se presentan antecedentes del corte de materiales en lo que respecta a la utilización de métodos matemáticos. También se presentan algunas consideraciones relacionadas con el corte de papel autocopiativo e impresión de formatos que resultan importantes para modelar matemáticamente la situación en estudio, se hace referencia al corte bidimensional de materiales y se modela matemáticamente la situación en estudio. Por último se interpretan los resultados después de procesar los modelos y se confirma la idea defendida.

La utilización de métodos matemáticos asociados a las técnicas de computación, constituye una vía necesaria para ejecutar los procesos de corte de papel autocopiativo en el Poligráfico de Cienfuegos perteneciente al MINIL. El plan de corte, cuando sea adquirido el papel autocopiativo por la empresa, no debe ser elaborado de forma empírica a partir de la experiencia de los guillotineros solamente sino vinculando esta con la modelación matemática y la utilización de la computación, pues permite un mejor aprovechamiento de la materia prima y constituye un paso de avance en la organización y control del trabajo en el proceso de corte.

ÍNDICE

Índice

Contenido	Pág
Introducción.....	1
..	
Capítulo 1: Modelación matemática, utilización del paquete de programas WINQSB y antecedentes del corte de materiales.....	4
1.1- Método de modelación matemática.....	4
1.2- Caracterización del paquete de programas profesional computacional WINQSB.	11
1.3- Antecedentes del corte de materiales en lo que respecta a la utilización de métodos matemáticos.....	12
Capítulo 2: Modelación matemática del proceso de corte de papel autocopiativo en la Empresa Gráfica de Cienfuegos.....	15
2.1- Algunas consideraciones relacionadas con el corte de papel autocopiativo.....	15
2.2- Corte bidimensional de materiales. Modelo matemático general.....	23
2.3- Modelación matemática de la situación en estudio.....	24
Capítulo 3: Análisis de resultados.....	59
3.1- Interpretación de los resultados obtenidos en el procesamiento computacional de los modelos matemáticos.....	59
3.2- Confirmación de la idea defendida.....	71
Conclusiones.....	92
..	
Recomendaciones.....	93
...	
Bibliografía.....	94
.	
Anexos	

INTRODUCCIÓN

Introducción

Durante el desarrollo de los estudios correspondientes a la carrera de Ingeniería Industrial se evidenció que en la actualidad los modelos matemáticos constituyen una alternativa factible para la optimización de los procesos productivos a nivel empresarial por su amplia aplicación en la organización y control del trabajo y su influencia significativa en la utilización racional de los recursos materiales y humanos. Abordar esta temática fue la tarea propuesta al realizar este trabajo de diploma.

Muchas empresas utilizan la modelación matemática en la organización del proceso productivo, en el caso del Poligráfico de Cienfuegos se considera que es oportuno utilizarla en función de disminuir el desperdicio de materia prima durante la ejecución del proceso de corte de papel autocopiativo que será incorporado al plan de producción de la entidad, además se tiene confianza en su efectividad a partir de tres trabajos investigativos (dos diplomas y uno de maestría) relacionados con la temática y desarrollados anteriormente. Por tal motivo se procede a estudiar y analizar todo lo relacionado con esta actividad.

En el Poligráfico de Cienfuegos, se recibirá la materia prima en pliegos y a partir de ellos se prepararán los diferentes formatos que pasan a la fase de impresión. La problemática fundamental estará dada por el desperdicio de materia prima que puede producirse al ejecutar el corte de los pliegos en la guillotina lo que condujo a plantear como **problema**, la necesidad de contar con argumentos que sirvan de base para la preparación del plan de corte de los pliegos (dimensiones 65 cm. x 92 cm.) de materia prima (papel autocopiativo) cumpliendo los requerimientos del plan de producción de formatos y minimizando el desperdicio de papel.

Como **idea a defender** se plantea que la utilización de la modelación matemática asociada a las técnicas de computación es una forma de fundamentar como realizar la preparación del plan de corte a ejecutar en la guillotina satisfaciendo los requerimientos productivos y minimizando el desperdicio de papel.

El **objetivo general** del trabajo es utilizar la modelación matemática asociada a las técnicas de computación en la preparación del plan de corte de papel autocopiativo.

Como **objetivos específicos** tenemos:

- ✓ Analizar como realizar el proceso de corte de papel autocopiativo para pliegos de 65 cm. x 92 cm.

- ✓ Modelar (a través del modelo matemático correspondiente) cada situación estudiada.
- ✓ Procesar computacionalmente, utilizando paquetes de programas, los modelos matemáticos obtenidos.
- ✓ Interpretar la solución óptima correspondiente a cada modelo matemático.
- ✓ Ofrecer elementos, con la correspondiente fundamentación matemática, para fundamentar la forma de realizar la preparación del plan de corte a ejecutar en la guillotina satisfaciendo los requerimientos productivos y minimizando el desperdicio de papel.

Para el logro de los objetivos se desarrollan las **tareas científicas** siguientes:

- ✓ Resumir aspectos de actualidad relacionados con el proceso de corte de materiales en la industria.
- ✓ Diagnosticar las características de los modelos económicos matemáticos a utilizar.
- ✓ Preparar, en forma general, el modelo matemático a utilizar; con sus particularizaciones y el procesamiento computacional correspondiente.
- ✓ Fundamentar a través del método de modelación matemática, la forma de realizar la preparación del plan de corte de papel (dimensiones 65 x 92) en la Empresa Gráfica de Cienfuegos.

Los métodos utilizados en este trabajo se relacionan a continuación:

➤ Del nivel teórico

Los métodos de análisis, síntesis, inducción, deducción e histórico para resumir y sintetizar lo estudiado sobre la optimización de los procesos de corte de materiales.

El método de modelación, específicamente el modelo teórico, para mediante expresiones matemáticas y su asociación a las técnicas de computación descubrir y estudiar nuevas relaciones y cualidades del objeto de estudio.

El método de tránsito de lo abstracto a lo concreto que permitió establecer relación y comparación entre la interpretación de los resultados del procesamiento de los modelos matemáticos y la realidad objetiva del poligráfico.

➤ Del nivel empírico

El método de observación que se utiliza en determinados momentos de la investigación constatando el trabajo que debe realizarse en el poligráfico en función de la construcción del modelo matemático para optimizar el proceso de corte de papel autocopiativo.

La entrevista a directivos y otras personas que pueden aportar elementos importantes como método para constatar el conocimiento empírico de los mismos en lo que respecta al trabajo con el papel autocopiativo y la forma en que pudiera prepararse el plan de corte del mismo al ser adquirido por la entidad.

Para el exitoso desarrollo de esta investigación se hizo necesario una amplia revisión bibliográfica que unido a técnicas de búsqueda, procesamiento y análisis de la información arrojó resultados valiosos para la empresa. Con mayor frecuencia fue consultada la teoría presentada en el libro “Modelo Económico Matemático” (Portela y Artemenko, 1989), donde se aborda en esencia la modelación general del problema con un enfoque teórico que está en correspondencia directa con las condiciones en que se produce en la empresa aportando importantes elementos que sirven de base para realizar el trabajo. También fueron consultados de forma sistemática los tres trabajos relacionados con la temática desarrollados con anterioridad en la empresa Gráfica de Cienfuegos.

La **estructura del informe** del trabajo realizado es introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones y anexos. La estructura de cada capítulo es la siguiente:

Capítulo 1: Modelación matemática, utilización del paquete de programas WINQSB y antecedentes del corte de materiales.

En el primer epígrafe se trata en forma general el método de modelación matemática. En el segundo epígrafe se caracteriza el paquete de programas profesional computacional utilizado en el procesamiento de los modelos. En el tercer epígrafe se presenta el análisis de antecedentes del corte de materiales en lo que respecta a la utilización de métodos matemáticos haciendo énfasis en los trabajos desarrollados en la provincia de Cienfuegos.

Capítulo 2: Modelación matemática del proceso de corte de papel autocopiativo en la Empresa Gráfica de Cienfuegos.

En el primer epígrafe de este capítulo se presentan algunas consideraciones relacionadas con el corte de papel autocopiativo e impresión de formatos que resultan importantes para modelar matemáticamente la situación en estudio. En el segundo epígrafe se aborda el corte bidimensional de materiales y se llega a presentar el modelo matemático general para el caso estudiado. En el tercer epígrafe se desarrolla todo lo relacionado con la modelación matemática de cada caso estudiado.

Capítulo 3: Análisis de resultados.

En el primer epígrafe se realiza la interpretación de los resultados obtenidos después de procesar computacionalmente los modelos matemáticos. En el segundo epígrafe se confirma la idea defendida a partir de los resultados obtenidos.

Con los resultados de este trabajo la Empresa Gráfica tiene elementos matemáticamente fundamentados para la preparación (y control de la ejecución) del plan de corte de papel autocopiativo que se recibe en pliegos de 65 cm. x 92 cm. para los distintos tipos de formatos.

CAPÍTULO 1

Capítulo 1: Modelación matemática, utilización del paquete de programas WINQSB y antecedentes del corte de materiales.

1.1- Método de modelación matemática.

La Modelación económico-matemática puede ser definida intuitivamente como un conjunto de representaciones formales de carácter matemático, aplicado a la solución de problemas económicos, ya sea en forma directa o indirecta.

Como ejemplo de modelo matemático aplicado en forma directa a la economía puede tomarse el de un modelo de optimización, cuyo objetivo es maximizar o minimizar alguna función de índole económica. Como ejemplo de modelo matemático aplicado en forma indirecta a la economía podría tomarse cualquier modelo de regresión y correlación, que permite la estimación de parámetros que constituyan datos de un modelo de optimización. Matemáticamente se define una solución óptima como aquella que satisface las condiciones del problema y que logra el mejor valor (máximo o mínimo) a la función objetivo.

Cuando se plantea la construcción de un modelo económico-matemático, deberá tenerse presente un enfoque sistémico, es decir, considerar el sistema cuyo problema se desea resolver en forma aislada respecto a otros sistemas, y al mismo tiempo interrelacionarlo con otros sistemas, con el medio externo en el que se encuentra ubicado. Aplicar el enfoque sistémico permite concebir supuestos más reales que toman en consideración la influencia externa sobre el sistema, así como la influencia del mismo sobre el medio.

Esta Metodología tiene su fundamento en los postulados de la *Filosofía Marxista-Leninista*, puesto que se apoya en las etapas fundamentales por las que pasa el proceso del conocimiento, las relaciones entre la teoría y la práctica, la concepción del modelo como un tipo de experimento mediante el cual se desea conocer y actuar sobre la realidad, y en las etapas para la realización de los experimentos en forma secuencial.

Las fases de la metodología de la modelación económico-matemática son las siguientes:

- El planteamiento del problema.
- La construcción del modelo.
- La prueba del modelo.
- La obtención de la solución.
- La prueba de la solución.
- La aplicación a la práctica y el establecimiento de controles sobre la solución.

A continuación detallamos cada una de ellas:

✓ Planteamiento del problema:

La investigación de cualquier problema económico, al cual se le quiere aplicar la modelación matemática, debe comenzar con el planteamiento del problema, aunque por lo general la fase segunda comienza sin que esta haya sido concluida. La formulación del problema es por lo regular un proceso secuencial. Es posible que el planteamiento original de un problema se vaya modificando en la medida que se resuelve. En ocasiones, incluso, una vez obtenida una solución, hay que replantearse el problema, aunque fuera parcialmente.

Las condiciones para la existencia de un problema son las siguientes:

- 1- Un ente que tenga el problema: el que toma la decisión.
- 2- Un resultado deseado para el que toma la decisión: uno o varios objetivos.
- 3- Existencia de al menos dos alternativas de acción diferentemente, que tengan alguna posibilidad de obtener el objetivo deseado.
- 4- Situación de duda, de parte del que toma la decisión, respecto a qué alternativa de acción es mejor: La selección tiene que tener diferentes implicaciones para el (los) objetivo (s) deseado (s).

Plantear el problema consiste en identificar, definir y especificar las mediciones de los componentes de un modelo de decisión. La determinación de la relación entre los componentes es el propósito de la fase de construcción del modelo.

Cuando se formula un problema, es necesario tomar en consideración el enfoque sistémico. Dentro de la fase del planteamiento del problema se pueden distinguir cinco etapas que persiguen definir:

- 1- El que toma la decisión.
 - 2- El tipo de decisión que se vaya a considerar.
 - 3- La forma de especificación de las condiciones del problema.
 - 4- Las variables en términos de las cuales se expresarán las soluciones.
 - 5- La función criterio (función objetivo, función económica, función específica) con la que se evalúan las soluciones.
- Definición del que "toma la decisión": Por la palabra "decisión" vamos a entender una cierta orden dirigida al objeto de dirección para realizar una actividad (es decir, un plan, una instrucción, una orden, una resolución, etcétera). Por lo regular se elaboran algunas

variantes de esta prescripción. El hecho de seleccionar la mejor variante en algún sentido vamos a denominarlo como "toma de decisiones"; y al proceso, que incluye la elaboración de las alternativas, lo denominaremos como "proceso de toma de decisiones".

Es posible que el que tome la decisión no tenga en sus manos todos los elementos de un problema en particular; pero, en este caso, él delegaría en otros funcionarios o técnicos que pudieran orientar la investigación a partir de criterios acertados; incluso, desde el punto de vista táctico, es recomendable desde un inicio determinar exactamente quién es la persona o conjunto de personas que toman la decisión, por la responsabilidad que desempeñan, y porque además, se les hace copartícipes respecto a la solución del problema.

- Programación matemática: (Programación lineal) La Programación lineal se utiliza, entre otros, cuando se plantea un problema de programación de la producción o de la distribución en el cual existen múltiples variantes de solución y el problema está conformado por un conjunto de restricciones lineales, la condición de no negatividad en las variables de decisión, y la existencia de una función objetivo lineal. Los modelos de Programación lineal son deterministas.
- Forma de especificación de las condiciones del problema: Una vez definido el tipo de decisión, el próximo paso es conformar las condiciones que deberán tomarse en cuenta para delimitar el contexto de la investigación. En esta etapa es fundamental la utilización del análisis sistémico para tratar de considerar todas las interrelaciones posibles con el medio externo y al mismo tiempo aislar el tipo de decisión de que se trate.

Forma de especificación explícita e implícita de las condiciones:

Se denominan especificaciones explícitas de condiciones a aquellas declaraciones que expresan una pauta o política claramente definida. Todas estas especificaciones explícitas constituyen supuestos del futuro modelo, que se plantean en forma cualitativa.

Se denominan especificaciones implícitas aquellas que se definen matemáticamente mediante restricciones. Estas especificaciones son, por lo general, menos fuertes que las explícitas.

Violabilidad de las especificaciones. Todas las especificaciones, tanto explícitas como implícitas, parecen ser a primera vista inviolables. Sin embargo, en ocasiones el

incumplimiento de algunas de estas condiciones puede mejorar sensiblemente la solución a un trabajo investigativo; por lo cual, todas las condiciones deben estar sujetas a un análisis cuidadoso.

- Especificaciones tecnológicas: Modificaciones de la estructura de producción, proceso de modernización de equipos, obsolescencia material y moral, etcétera.
- Especificaciones de mercado o coyunturales: Variaciones en la correlación de la oferta y la demanda de los productos abarcados por el análisis o de productos complementarios o sustitutivos.
- Especificaciones de productos: Modificaciones en las condiciones tecnológicas de su producción o de adquisición de las materias primas.
- Especificaciones de organización: Alteraciones de la composición de los que toman la decisión, o del nivel de conocimientos y experiencias de los mismos. Este tipo de especificación puede ser altamente susceptible de modificación porque aquí está presente en gran medida el factor subjetivo.
- Especificaciones de recursos: Variaciones de las fuentes de suministro o de las posibilidades de compra en moneda nacional o extranjera.
- Especificaciones de política económica: Modificaciones de la situación socio-político-económica que le dieron origen.

El proceso de especificación de las condiciones del problema es un fenómeno dialéctico en el cual pueden eliminarse condiciones que se plantearon *a priori*, surgir condiciones que no se plantearon, y consolidarse las que definitivamente conforme el contexto del problema a resolver.

- Variables en términos de las cuales se expresarán las soluciones: Una vez delimitado el tipo de decisión y las condiciones en que se va a desarrollar el problema, es necesario pasar a la definición de las variables en términos de las cuales se expresaran las soluciones.

En todo problema de Modelación económico-matemática existen dos tipos de variables: variables de decisión y variables de consecuencia.

Se define por variable de decisión aquella mediante la cual se puede resolver en forma directa el problema de que se trate. El valor numérico de la variable de decisión expresa

la medición cuantitativa de la decisión tomada. Ella constituye el medio del que dispone el investigador para resolver la situación problemática dada.

Las variables de consecuencia no son variables en un sentido matemático, sino que realmente son parámetros que sirven para medir las consecuencias de los valores asumidos por las variables de decisión. Las variables de consecuencia actúan en dos momentos diferentes en los cuales asumen distintas funciones.

En general, los coeficientes económicos de las variables de decisión en la función objetivo constituyen variables de consecuencia.

- Función criterio con la que se evalúan las soluciones: La función criterio en términos de la Modelación económico-matemática, es el medio del que dispone el investigador para demostrar que la solución hallada es mejor que el resto de las alternativas o variantes de solución presentadas. En la función objetivo aparecen tanto las variables de decisión como las de consecuencia, pero en este caso se trata de las consecuencias de primera importancia para los que toman la decisión.

La tarea de definir la función objetivo no es fácil, especialmente, en lo que concierne a la definición conceptual de las variables de consecuencia. Para viabilizar esta dificultad se recomienda el siguiente procedimiento:

- Considerar con más énfasis que nunca, el enfoque sistémico, o integral, del problema de que se trate. Esta consideración permitirá prever la gama de consecuencias para el sistema y para el medio que lo circunda, y con el que se encuentra interrelacionado.
- Precisar que el objetivo planteado recoja fielmente los intereses vitales del que toma la decisión y que ellos se correspondan con los intereses de los diferentes niveles económicos a los cuales está subordinado el ente económico dado.
- Si el objetivo central no pudiese plantearse por dificultades estadísticas, se tomará otro objetivo; pero a sabiendas de que se está suboptimizando el problema debido a que la solución que se halle, necesariamente, no será óptima para el objetivo central.
- En el caso en que el que toma la decisión plantea, solamente, una función objetivo sin una sólida fundamentación, es conveniente hacerle preguntas respecto a otros posibles objetivos que pueden estar latentes.
- Interrelación entre las diferentes etapas del planteamiento del problema.

Antes de concluir la fase del planteamiento del problema, es conveniente aclarar que el orden en que han sido expuestas las etapas responde a un criterio lógico; pero que, como la vida real es siempre mucho más rica que cualquier esquema, en la práctica estas etapas se pueden suceder unas a otras en un proceso altamente retroalimentativo.

La definición matemática de las variables de decisión y de consecuencia se realiza mediante letras. Por lo regular, a través de las primeras letras del alfabeto se designa a las variables de consecuencia; y mediante las últimas, a las variables de decisión. Sin embargo, esta definición es completamente convencional.

Una vez definidas matemáticamente las variables del problema, la próxima tarea es analizar la interrelación existente entre estas variables, tanto en las restricciones (especificaciones implícitas) como en la función objetivo. Esta interrelación puede ser construida mediante varios métodos, el analítico-deductivo, el estadístico, el probabilístico, el reticular y el mixto.

✓ Construcción del modelo:

Al concluir la fase del planteamiento del problema y cuando se encuentran definidos cualitativamente sus parámetros fundamentales, se pasa a la construcción del modelo que representa la situación a estudiar.

Análogamente a lo expresado en la fase anterior el orden de exposición de las etapas de la construcción del modelo constituye un esquema general.

Definición del modelo matemático de un sistema económico:

En general el modelo de un sistema es una representación del mismo, que se presta a ser utilizado para predecir el efecto o los cambios posibles sobre la efectividad del sistema y en general para poder operar con este indirectamente.

El objetivo de construir el modelo es que él va a determinar los diferentes aspectos que se reflejarán en él, ya que por completo que sea el modelo nunca podrá llegar a ser una copia exacta del original que desea reflejar, además el objetivo del modelo es el que decide sobre el carácter adecuado del mismo, y desde luego, su significación práctica depende de que el sujeto obtenga mediante el modelo un avance más logrado que haciendo un estudio directo del sistema.

Un modelo matemático es aquel modelo simbólico que representa un sistema cuyos elementos están interrelacionados por factores de índole económica. Al ser una

representación matemática puede constituir un instrumento preciso y efectivo del conocimiento en las regularidades inherentes a los fenómenos y procesos complejos del proceso estudiado, constituyendo un elemento valioso para la toma de decisiones científicamente fundamentada.

El primer aspecto a definir cuando se pasa a la construcción del modelo es cerciorarnos de la situación problemática planteada, efectivamente suscita la necesidad del modelo.

Luego, antes de construir el modelo con los números específicos correspondientes al problema que nos ocupe es conveniente un esquema matemático general del problema para tener una visión global de la situación.

Pasándose a la definición matemática de las variables de decisión y de consecuencia, lo cual se realiza mediante letras, cuando se hace esta definición se debe ser consecuente, conceptual, dimensional y temporalmente. La correcta definición de las variables permitirá identificar en forma inequívoca los valores numéricos de las variables de decisión.

Existen casos de situaciones problemáticas donde la cantidad de variables individuales son demasiado grandes y es necesario hacer una agrupación de las mismas ya sea por limitaciones de capacidad de las máquinas computadoras o por implicaciones en el tiempo de trabajo.

Un último concepto que debe ser precisado en la etapa de la construcción del modelo es que todas las variables definidas en el planteamiento del problema sean relevantes a la política que se desea implementar o modificar.

Una vez definidas matemáticamente las variables del problema se analiza la interrelación existente entre estas variables, tanto en las restricciones como en la función objetivo.

En la construcción de un modelo de Programación lineal, se utiliza el método analítico-deductivo para la construcción del modelo, pero también puede ser necesario recurrir al método estadístico para la estimación de las variables de consecuencia situadas en los términos independientes, la función objetivo o en el miembro izquierdo de las restricciones.

✓ Prueba del modelo:

Una vez que se ha construido el modelo en términos específicos cualitativos y cuantitativos, se pasa a la fase de la prueba del modelo. Esta comprobación constituye un catalizador del trabajo realizado (que consiste en verificar si todos y cada uno de los componentes del modelo son adecuados desde el punto de vista del objetivo con que se realiza la

investigación) y la misma debe ser llevada a cabo antes de obtener la solución ya sea por medios manuales o computacionales. Esta fase es de suma importancia porque permite ahorrar mucho tiempo y ofrece un mayor grado de seguridad respecto a la representatividad del modelo concebido.

Cuando se obtiene la solución a un problema en concreto, el investigador debe tener presente el hecho de que la política que aparenta ser mejor en términos del modelo puede no ser la mejor en realidad; en primer lugar, porque el modelo es una representación de los aspectos más importantes del problema real, y en segundo lugar porque pueden variar las condiciones de los parámetros originales del problema.

✓ Obtención de la solución:

La computación electrónica es un valioso auxiliar para la obtención de la solución por diversas razones, entre las que podemos mencionar:

- 1- La mayor rapidez de cálculo.
- 2- La obtención de un mayor grado de precisión, y consecuentemente, de una considerable reducción en el número de errores numéricos.
- 3- La posibilidad de resolver problemas que, sin la computadora, serán insolubles técnica y/o económicamente.

Al utilizar la computadora, pueden ocurrir dos cosas: que no se disponga o se disponga pero no se cuente con el sistema automatizado adecuado para resolver el problema de que se trate.

Si se dispone del sistema, será necesario pasar el modelo, del lenguaje matemático al paquete de programas de la computadora, lo cual debe estar especificado en los documentos correspondientes.

✓ Comprobación de la solución:

Esta fase proporciona un mayor grado de seguridad respecto a la solución obtenida y constituye un importante medio de persuasión para la posible aplicación de las recomendaciones.

Los parámetros del modelo conforman el conjunto de solución en el cual las variables de decisión asumen determinados valores. La solución que se ofrece está enmarcada dentro de un determinado contexto numérico de los parámetros fundamentales del modelo.

Un elemento importante para demostrar la conveniencia económica de la solución propuesta por el modelo es establecer una comparación con la solución que se ha dado en el pasado a un problema semejante o en el mismo período en que se realiza la investigación en

la entidad económica.

✓ Aplicación de la solución:

La aplicación de la solución es la fase que culmina la metodología y constituye el objetivo final de todo investigador revolucionario, o sea, la transformación de la realidad en beneficio de la sociedad. Cuando se aplica la solución obtenida a la realidad, al mismo tiempo que se verifica la relación entre el problema real y nuestra representación del mismo, se empieza a resolver la situación problemática como tal.

1.2- Caracterización del paquete de programas profesional computacional WINQSB.

En el epígrafe anterior se habla sobre la importancia de la utilización de la computación en el procesamiento de los modelos matemáticos para obtener la solución óptima, si existe. En este trabajo fue utilizado para tales fines el paquete profesional WINQSB (la versión existente está en idioma Inglés).

El WINQSB tiene 19 módulos distintos, para ser utilizados en la solución de distintos problemas. En este trabajo se utiliza el correspondiente a la Programación Lineal y la Programación en Enteros. A continuación se realiza una breve descripción de sus características más generales.

➤ Formulación del problema:

- ✓ Título del problema.
- ✓ Cantidad de variables.
- ✓ Cantidad de restricciones.
- ✓ Función objetivo: Maximizar/Minimizar.
- ✓ Selección de formato para entrada de datos.
- ✓ Tipo de variable: Continuas no negativa, enteras no negativas, binarias 0 - 1, sin restricciones.

➤ Trabajo con el módulo de Programación Lineal y Programación en Enteros:

Después de llamar el WINQSB sale en el menú inicio todos los módulos existentes y se ejecuta la opción de Programación Lineal y Programación en Enteros, seguidamente aparecen en pantalla tres opciones donde se puede leer un problema salvado con anterioridad, definir un nuevo problema o salir. También está presente la ayuda para ser utilizada en caso necesario.

Después de introducir la información y aceptar, sale otra ventana donde aparece en la parte horizontal la cantidad de variables que se informó, en la vertical se encuentran el criterio de la función objetivo y las restricciones, el tipo de variables, sus límites inferiores y superiores; al ser dado cada dato del problema queda construido el modelo para iniciar su procesamiento. En esta ventana se presentan opciones propias de Windows como pegar, cortar, etc, además se da la posibilidad de hacer cambios en las condiciones del problema.

Después se ejecuta la opción de resolver el problema que se encuentra ubicada en la barra de herramientas, aquí es posible obtener la solución óptima del modelo directamente o trabajar por pasos (ir inspeccionando nodo a nodo las soluciones existentes hasta llegar a la óptima, si existe).

Por último se acepta el cuadro de diálogo mostrado e inmediatamente se visualiza la solución óptima, si existe. Después se puede desplazar un menú con la posibilidad de mostrar la solución de diferentes formas y realizar distintos análisis. También se puede imprimir, salvar, etc, la información obtenida.

1.3- Antecedentes del corte de materiales en lo que respecta a la utilización de métodos matemáticos.

El proceso de corte de materiales puede ser clasificado en unidimensional (se considera una dimensión lineal del material y de las piezas a cortar) y bidimensional (se consideran dos dimensiones lineales de materia prima y de las piezas a cortar).

Es amplia la bibliografía que hace referencia a esta temática (corte unidimensional y bidimensional). En la consultada se analizó en particular lo referido al corte bidimensional y se pudo apreciar que el tratamiento matemático del mismo se realiza de variadas formas. En este trabajo se tomó como punto de partida la idea de Kantorovich (en 1939) a partir de la teoría de la programación en enteros muy asociada a la utilización de paquetes de programas computacionales. Fueron consultados en detalles los artículos “Dos algoritmos de piezas rectangulares” y “Sistemas de corte de piezas rectangulares” (Villariño Araña y otros, 1991), donde se aborda con un enfoque teórico práctico el corte de materiales de forma interesante pero por no estar en correspondencia directa con la situación que se presenta en el Poligráfico no se asume esta variante de trabajo.

En la tesis de maestría “Métodos Matemáticos en la Dirección de los Procesos de Corte de Materiales” (De León Rodríguez Rubén, 1996), se trata la utilización de métodos

matemáticos en el proceso de corte de materiales para empresas de la construcción, talleres de confecciones textiles y una fábrica de espejos de la provincia de Cienfuegos. En la tesis de maestría “Un procedimiento matemático para la optimización del proceso de corte de papel en la Empresa Grafica de Cienfuegos” (Terry Leonard Eneida, diciembre 2004), se analiza el proceso de corte de papel para los pliegos de 75 cm. x 100 cm., 80 cm. x 100 cm. y 85 cm. x 100 cm., se comparan los resultados con lo valorado en un trabajo anterior para la materia prima 70 cm. x 100 cm. y se ofrecen elementos con la correspondiente fundamentación matemática que pueden influir significativamente en la toma de decisión en lo que respecta al plan de corte a ejecutar en la guillotina satisfaciendo los requerimientos productivos y minimizando el desperdicio de papel. En la tesis de diploma “Optimización del proceso de corte de papel en la Empresa Grafica de Cienfuegos” (Morales Herrera Jean Paul, julio 2004), se trabaja en el proceso de corte de papel para pliegos de 100 cm. x 70 cm., y se ofrecen elementos con la correspondiente fundamentación matemática, que pueden influir significativamente en la toma de decisión en lo que respecta al plan de corte a ejecutar en la guillotina satisfaciendo los requerimientos productivos y minimizando el desperdicio de papel. También en la Tesis de diploma “ Optimización del proceso de corte de cartulina en la Empresa Gráfica de Cienfuegos” (Funes Piñeiro Héctor Lázaro, julio 2006), se trabaja en el proceso de corte de cartulina para pliegos de 70 cm. x 100 cm., y ofrecer elementos con la correspondiente fundamentación matemática, que pueden influir significativamente en la toma de decisión en lo que respecta al plan de corte a ejecutar en la guillotina satisfaciendo los requerimientos productivos y minimizando el desperdicio de papel. En el corte de papel autocopiativo no se conoce de la aplicación de métodos matemáticos en la provincia de Cienfuegos y tampoco se encontró referencia al respecto en otros lugares.

A partir del enfoque general presentado en los trabajos mencionados en el párrafo anterior se trata en el próximo capítulo, a través de la modelación matemática, el proceso de corte de papel autocopiativo en la Empresa Gráfica de Cienfuegos.

Conclusiones del Capítulo 1.

Después de realizar el análisis teórico de importantes aspectos relacionados con la

modelación matemática, caracterizar el paquete de programas computacionales a utilizar en el procesamiento de los modelos y valorar los principales antecedentes del corte de materiales están dadas las condiciones para abordar en el próximo capítulo la modelación matemática del proceso de corte de papel autocopiativo en la Empresa Gráfica de Cienfuegos.

CAPÍTULO 2

Capítulo 2: Modelación matemática del proceso de corte de papel Autocopiativo en la Empresa Gráfica de Cienfuegos.

2.1- Algunas consideraciones relacionadas con el corte de papel autocopiativo.

Principales suministradores de la empresa gráfica de Cienfuegos:

De materias primas (papel autocopiativo) para el proceso productivo, radicados todos en Cuba, son: Publicigraf y Produtimport; estos proveedores comercializan el papel autocopiativo que llega a la empresa en parles de aproximadamente 0,427 kilogramos, en pliegos tipos de 65 cm. x 92 cm. Estos parles están identificados con el gramaje (55 g/m^2), formato (65 cm. x 92 cm.) e identificador del proveedor. Este papel autocopiativo se recibe paletizado, retractilado en polietileno y flejado.

De tinta: Maprinter: Suministrador radicado en La Habana el cual provee a la empresa los diferentes tipos de tintas.

De tecnología: Carigraf: Este suministrador provee la tecnología utilizada en el proceso de corte de papel autocopiativo.

El papel autocopiativo es, entre otros tipos de papel estucado, algo especial porque en este caso la salsa de estuco está formada por microcápsulas capaces de transmitir una copia sobre una hoja receptora sin la necesidad de usar papel carbón.

El papel autocopiativo, se clasifica según el tipo de hoja, de la siguiente forma:

- Primera hoja, denominada CB. Es un papel normal que lleva microcápsulas por el dorso y tiene la propiedad de plasmar todo lo escrito en la parte superior en las siguientes copias. Esta es la primera copia, hoja de color blanco que tiene un precio de \$ 47.62 CUC la resma (paquete de 500 pliegos).
- Segunda hoja, denominada CFB. En la cara superior tiene una capa reactiva que recibe de la primera hoja mientras en la cara inferior posee microcápsulas similares a la hoja CB. Captan todo lo plasmado en la copia anterior y a la vez lo transmiten a la siguiente, o sea, reciben y pasan. Son de color amarillo, verde y azul, el precio es de \$ 52.38 CUC la resma.
- Tercera hoja, denominada CF. Es una hoja que tiene sólo estuco en la cara superior, estucado reactivo para que las microcápsulas transmitan la copia. Captan lo plasmado

en la copia anterior y no transmiten, o sea, recibe pero no pasa. Es la última, de color rosado, el precio es de \$ 44.90 CUC la resma.

Las hojas que llevan microcápsulas deben ser manejadas con especial cuidado. La CF no tiene microcápsulas.

El papel autocopiativo (se conoce también como papel químico) es de gramaje bajo, 55g/m² (el más utilizado); puede tener hasta 170 g/m². Este papel tiene que estar bien seco por lo que necesita especial cuidado para evitar ondulación o abarquillamiento, o sea, que tienda a enrollarse de forma cilíndrica.

El papel autocopiativo es utilizado para conformar bloc solicitados por el cliente (este generalmente solicita las copias que necesita) y el poligráfico desarrollaría la tarea de la forma siguiente:

1. Original y una copia. Combinación de blanco y rosado.
2. Original y dos copias. Combinación de blanco, amarillo o verde o azul y rosado.
3. Original y tres copias. Combinación de blanco, amarillo/verde o amarillo/azul o verde/azul y rosado.
4. Original y cuatro copias. Combinación de blanca, amarillo/verde/azul y rosado.

Al conformar el bloc (por alguna de las combinaciones anteriores y con la cantidad total de hojas solicitadas; múltiplo de dos, tres, cuatro y cinco respectivamente) se incluye una cartulina que sirve de fondo y puede ser utilizada operativamente por el cliente cuando llena el modelo impreso sobre el papel para garantizar la estética de una combinación de colores a la que sigue.

El papel autocopiativo será utilizado para cortar los diez tipos de formatos que solicita el cliente en la impresión. La impresión solicitada por el cliente en el formato es variada.

El proceso de corte de papel autopiático puede ser realizado en las tres guillotinas habilitadas a tales efectos. Estas guillotinas por características técnicas pueden cortar un lote (paquete de dos resmas, o sea, 1000 pliegos (unidades de 65 cm. x 92 cm)) en cada corte realizado.

➤ Trabajo en la guillotina:

- 1- Se pone en funcionamiento el equipo accionando el botón de corriente eléctrica.
- 2- De acuerdo con el trabajo, se hace el trazo y luego se programa en la pizarra electrónica.

- 3- Se colocan los pliegos sobre la platina.
 - 4- El papel autocopiativo se arrima a una de las paredes laterales de la guillotina y a la guía frontal de la escuadra. Esta guía se mueve por medio de botones hacia atrás o hacia delante hasta ponerlo en la medida requerida, pero una vez programada esta operación se realiza automáticamente.
 - 5- Se realiza la programación de la medida en la pizarra.
 - 6- Se aprietan los dos botones centrales a ambos lados de la platina y baja el pizón que sujeta la ensarta, bajando la cuchilla y se produce el corte. Esta operación la realiza el equipo automáticamente bajando el pizón y la cuchilla mientras se mantengan apretados los botones frontales. De tal forma que al dar el primer corte, cuando se levante el pizón la ensarta avanza y se sitúa en el lugar exacto del segundo corte y así sucesivamente hasta llegar al último corte en que al dar este, la guía frontal retrocede mediante la cinta metálica que posee en el respaldo.
 - 7- Si hay que dar cortes transversales se gira la ensarta, se programa y se procede de igual forma a lo anterior.
 - 8- El corte debe cumplir los siguientes requisitos de calidad:
 - Corte a escuadra por el lugar indicado.
 - Las caras laterales sin verdugones, ni polvillo.
 - Medidas exactas a las del original.
 - Cortes limpios sin rebarba.
 - Las unidades cortadas deben tener el mismo formato.
- Protección e higiene:
- ✓ Requisitos de seguridad durante el trabajo:
 - 1- Utilizar los medios de protección individual que se le suministre.
 - 2- Revisar los pernos que ajustan la hoja de corte.
 - 3- Mantener las copillas engrasadas.
 - 4- No introducir las manos en el área de corte.
 - 5- Al hacer el cambio de cuchilla despejar el área de corte y bajar el pizón.
 - 6- No utilizar pulseras, anillos, cadenas, u otras prendas fijas o colgantes.
 - 7- Mantener recogida el área de trabajo.
 - 8- Cuando se produzca un receso, parar el equipo y desconectarlo de la electricidad.

✓ Requisitos de seguridad al finalizar su trabajo:

- 1- Limpiar y ordenar el puesto de trabajo.
- 2- Se dará el mantenimiento establecido a los medios de protección.
- 3- Desconectar de la electricidad el equipo.

➤ Preparación y ajuste de la máquina impresora:

Para la impresión de los diez tipos de formatos que se cortan en la guillotina se tienen tres máquinas (ver anexo # 1).

✓ Preparación en el sistema de alimentación:

- 1- Verificar si el papel autocopiativo no tienen defectos.
- 2- Cepillar las caras de las pilas para eliminar el polvillo.
- 3- Acondicionar el papel autocopiativo que se va a imprimir eliminando curvaturas si las tiene.
- 4- Montar el papel autocopiativo sobre la escuadra correctamente.
- 5- Montar el papel autocopiativo en el tablero alimentador de la máquina, arrimar correctamente sin inclinación.
- 6- Ajustar el echador de acuerdo al formato del pliego.
- 7- Levantar el tablero a la altura adecuada, se pone a funcionar el echador, se regula el aire, se deja pasar un pliego y se ajustan las escotillas, las ruedas, las escuadras; se calibran los disparos, se ajustan los ventiladores y se gradúa la salida del aire.
- 8- Leer las planchas, ajustando la tinta de acuerdo al trabajo en el cilindro porta caucho.

✓ Preparación en el sistema de impresión:

- 1- Verificar que la plancha reúne las condiciones necesarias para ser montada. Es importante revisar la misma para detectar defectos antes de comenzar la tirada.
- 2- Montar la plancha en la mesa, marcando las distancias del agarre.
- 3- Colocar la plancha al cilindro junto con la cama o calzo y verificar antes el grosor de la plancha más el calzo.
- 4- Verificar que la plancha quede perfectamente estirada.

✓ Montaje de la manta:

- 1- Montar o cambiar la manta solamente cuando haya necesidad de reemplazarla.
- 2- Colocar la manta al cilindro cuando previamente se haga el taladro de los agujeros y se fija en las barras de sujeción.

3- Colocar el canto delantero de la manta en el lado del comienzo de la impresión del cilindro porta caucho, luego se levanta la manta y se coloca el calzo o cama, y finalmente se fija en el canal tensor apretándola después de tal forma que quede perfectamente estirada.

4- Tener en cuenta el espesor de la manta más el calzo, hasta llevarla a un grosor correcto según lo requerido para la máquina.

✓ Requisitos para la graduación de la presión entre cilindros:

1- Las presiones entre anillas de los cilindros debe ser de 0,10 mm.

2- La manta debe sobresalir 0,05 mm para que se produzca la presión correcta.

3- La presión del cilindro portamantas al cilindro impresor será según el calibre de la papel autocopiativo o cartón a imprimir, y será graduado en los manómetros que tiene cada torre impresora.

✓ Preparación del sistema de entintado:

1- Preparación de la tinta:

○ Si es necesario, el operario debe preparar la tinta a utilizar según el consumo calculado para el trabajo y a la tonalidad que es especificada.

○ Si existe la fórmula preparada en el laboratorio por el preparador de tinta, ésta será suministrada al impresor, dispuesta para su uso.

○ Si es necesario, se utilizará un suavizante en pasta para añadirle en un 5 % como máximo a la tinta preparada o depositada en el tintero, para mejorar sus condiciones.

○ La salida correcta de la tinta se regula a través del pupitre computarizado, para cada una de las torres, cuyo tintero no posee cuchillas, ni tornillos reguladores, y la regulación se realiza mediante las teclas del pupitre electrónico.

○ Graduada la tinta desde el puesto de mando se conecta los tomadores para que transmitan la tinta a toda la batición hasta que sea suficiente y uniforme a todo lo ancho del pliego. La regulación de la tinta aparece digitalizada en el pupitre de mando.

○ Los datos del ajuste del entintado pueden almacenarse en el cilindro porta caucho, en caso de repetirse se saca la memoria con la tecla de posicionar la memoria, la

pluma luminosa sirve para hacer lectura del próximo trabajo estando la máquina trabajando.

2- Presión de los rodillos de entintado:

- Calibrar paralelamente los rodillos osciladores, cargadores y tomadores, mediante una lámina de 0,10 mm de grueso.
- La calibración se realizará situando la lámina de tal forma que toquen en toda su longitud con la mínima presión.

3- Preparación del sistema de humectación (al color).

- El agua de la fuente:
 - Las impresoras de 2 y 5 torres, poseen un depósito común de agua que abastece a todas las torres.
 - El agua de humectación debe cumplir los siguientes requisitos:
 - PH: 4,5 a 5,5.
 - Temperatura: 10 °C a 15 °C.
 - Alcohol Izo propílico: 15 % (Internacionalmente se exige 7 %, por problemas del medio ambiente).
 - Tensión superficial: menos de 36 dinas/cm.
 - Conductividad: 800 m/s a 1500 m/s.
- Para alcanzar las condiciones anteriores se debe añadir:
- 11,5 litros de alcohol izo propílico para 15 % o también 5 litros para el 7 %.
 - 1,232 litros de solución tamponada de PH (el volumen está en dependencia de la dosificación que recomienda el fabricante (2 a 3 %).

El operario debe mantener bajo control las condiciones anteriores.

Cualquier alteración en las condiciones o requisitos que debe cumplir el agua de la fuente puede causar:

Grasa.

Velo.

Emulcificación.

4- Calibración de los humectadores:

- El mecanismo de mojado “Al Color” está constituido por 6 rodillos:
 - Rodillo Inmesor

- Rodillo dosificador.
- Cilindro batidor.
- Rodillo mojado.
- Rodillo intermedio.
- Rodillo dador de tinta.

Este mecanismo de mojado continuo, gobernado eléctricamente y con compensación de velocidad, ha sido concebido para obtener la máxima calidad de impresión. Va directamente unido al sistema de entintado por el rodillo intermedio y trabaja con muy poca agua.

- La presión entre los rodillos se gradúa mediante una lámina de 0,10 mm.

➤ Preparación del sistema de recepción de formatos:

- ✓ Preparación del receptor:

- 1- Realizados los ajustes correspondientes al echador se pone a funcionar la máquina a baja velocidad.
- 2- Se dejan pasar algunos pliegos (preferiblemente de mácula) para ajustar los mecanismos del receptor y los ajustes de pase de la hoja.
- 3- Se ajusta la escuadra según el formato de la hoja para el mejor emparejamiento de la pila al salir.

- ✓ Ajuste del registro:

- 1- Las impresoras están dotadas de mecanismos electrónicos que posibilitan ajustar desde el pupitre de mando.
- 2- El impresor una vez montadas las planchas en cada torre según los colores a imprimir, y desde el pupitre de mando da la instrucción para el desplazamiento del cilindro porta planchas y efectuar los registros circunferencial y lateral según sea necesario.
- 3- Los desplazamientos del porta planchas se realizan desde el pupitre de mando con las teclas.
- 4- Para la realización de los ajustes que se requieren para el registro o encaje de los colores se cogerá una esponja húmeda y se le pasará agua a toda la superficie de la plancha, para humedecerla y eliminar la goma que recubre la zona de imagen.

- 5- Con una estopa y desengrasante se levantará la plancha con el propósito de eliminarle la tinta de revelar que se le aplica en el fotolito, luego se le pasa una estopa seca y después se vuelve a humedecer.
- 6- A la manta se le pasará limpiador o regenerador de caucho para limpiarla convenientemente y luego se le pasa una esponja humedecida.
- 7- Terminada la operación anterior se pone en funcionamiento la impresora y se comienza a pasar los pliegos.
- 8- Con la impresora a baja velocidad se pone en funcionamiento el echador y se extrae del recibidor una hoja, y con la ayuda del cuentahilos se observan las cruces de registro de los dos primeros colores.
- 9- Las cruces de los colores deben estar perfectamente montados uno encima del otro. En caso contrario se hace uso de las teclas más – menos de ajuste circunferencial colateral que se encuentran en el pupitre de mando.
- 10- De la misma forma se procederá con los demás colores hasta que todas las demás marcas de registro o encaje de cada color queden perfectamente superpuestas una encima de la otra.
 - ✓ Ajustes del tono:
 - 1- Una vez que se han ajustado el registro de los colores se procede a ajustar los tonos del impreso, para lo cual se hace uso de las teclas o botones de la pizarra electrónica computarizada (pupitre de mando) y las teclas del control de entintado que se encuentran en la parte derecha del pupitre de mando.
 - 2- La entonación de los colores se consigue entintando la plancha y con la máquina a baja velocidad se deja pasar el pliego.
 - 3- El pliego extraído se observa detenidamente en toda el área impresa y se compara con el tono de la muestra patrón observándose:
 - Que la entonación de los colores sea pareja a todo lo ancho del pliego.
 - Que los medios tonos estén limpios.
 - Que el punto no esté engrosado, ni picoteado, ni empastelado.
 - Que las áreas blancas no tengan manchas ni velo.
 - Que el impreso no tenga lunares u otras imperfecciones.

- 4- Si se está tirando la cuatricromía con medios tonos, se debe sacar gamas con los colores superpuestos a fin de evitar un exceso de tono en cualquier color y además revisar el registro. Si se tiene la gama progresiva comparar los tonos con ella.
- 5- Cuando se tiren colores planos la entonación se controlará mediante el pliego patrón para mantener la tonalidad pareja y corregir cualquier desviación en el tono, independientemente de la regulación que se realiza en el pupitre de mando computarizado.
 - ✓ Operación:
 - Manipulación de la impresora:

Una vez terminada la preparación y ajuste en todos los sistemas de la impresora se realizan las siguientes operaciones:

- Se comienza con la máquina a baja velocidad y a la vez sacando pliegos periódicamente e ir comparando con el modelo o pliego aprobado y firmado de antemano por el jefe de impresión o por el cliente según proceda. El operario debe mantener el pliego patrón en el pupitre de mando durante toda la tirada. Cada 300 impresiones aproximadamente deben sacarse pliegos para ir verificando y comparando con el patrón.
- Una vez estabilizada la impresión, se eleva la velocidad de la máquina y se comienza la tirada.

➤ Análisis del proceso productivo:

El departamento de producción confecciona las cartas tecnológicas las cuales son la guía para la realización de todas las operaciones técnicas. En el caso del proceso de corte de papel autocopiativo no se tiene referencia de esta actividad en la empresa porque no se ha realizado antes pero cuando sea adquirido se procederá de forma análoga a como se está haciendo actualmente con otros tipos de materia prima.

Cuando se ejecute el proceso de corte de papel autocopiativo se debe trabajar en función del mejor aprovechamiento de la materia prima disponible tratando que existan niveles bajos de desperdicios y también evitar la pérdida de tiempo al buscar, de forma empírica, la variante de corte que más se ajusta al momento.

Cuando el tecnólogo calcula el consumo de papel autocopiativo, para la orden de producción que corresponda, se solicita la materia prima en el almacén, posteriormente el papel autocopiativo será transportado a la guillotina, donde se corta. El corte, en cuanto a

cantidad, se ejecuta teniendo presente la solicitud realizada y a partir de la experiencia empírica del guillotiner. Los formatos a cortar están determinados por el tipo de máquina que participará en la impresión. Cada variante (patrón) de corte utilizada por el guillotiner considera solo un tipo de formato. Los formatos, después de cortados, son transportados hacia las máquinas impresoras.

Todo lo descrito anteriormente es ejecutado en ese orden por el tecnólogo, el almacenero y el guillotiner. En el diagrama de flujo, ver anexo #2, se presentan las distintas actividades directamente relacionadas con el proceso de corte de papel autocopiativo.

Los recursos necesarios para realizar este proceso se dividen en:

- 1- Los que se gastan: Papel autocopiativo, electricidad.
- 2- Los que amortizan: Guillotinas.

2.2- Corte bidimensional de materiales. Modelo matemático general.

El corte bidimensional de piezas regulares es el que se trata en este trabajo. Las posibles variantes de corte se establecen de forma experimental en los puestos de trabajo. Esto último es importante a la hora de modelar el problema, porque la experiencia empírica de los trabajadores juega un importante papel para la selección de las variantes de corte que son sometidas a consideración en función de buscar la solución óptima para establecer el plan de producción.

El modelo general presentado en el trabajo de maestría mencionado en el capítulo anterior para procesos de cortes bidimensionales y que sirvió de punto de partida para el presente es el siguiente:

$$\text{MIN DMP} = \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^r d_{jt} x_{jt}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^r P_{ijt} x_{jt} \geq l_i$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^r P_{ijt} x_{jt} \leq L_i$$

$$\sum_{j=1}^{n_t} x_j \leq Q_t ; t = 1; \dots; r \quad x_{jt} \geq 0 ; x_{jt} \in Z. \quad i = 1; \dots; m$$

Donde:

n: Cantidad de variantes de corte. $\left(n = \sum_{t=1}^r n_t \right)$.

m: Cantidad de tipos de piezas.

n_t : Cantidad de variantes de corte para la materia prima t.

j: Índice de variante de corte ($j = 1 ; \dots ; n$).

i: Índice del tipo de pieza.

t: Índice del tipo de materia prima.

r: Cantidad de tipos de materia prima.

l_i : Necesidad mínima de la pieza de tipo i.

L_i : Necesidad máxima de la pieza de tipo i.

DMP: Desperdicio total de materia prima.

d_{jt} : Desperdicio de materia prima tipo t según la variante de corte j.

x_{jt} : Cantidad de materia prima tipo t a cortar según la variante de corte j.

P_{ijt} : Cantidad de piezas tipo i que se obtienen de aplicar la variante tipo j en la materia prima tipo t.

Q_t : Cantidad de materia prima tipo t.

2.3- Modelación matemática de la situación en estudio.

Después de realizar un detallado análisis del proceso de corte de papel autocopiativo, se procede a la modelación matemática de la situación en estudio, teniendo en consideración las características de producción en el Poligráfico y los aspectos teóricos abordados en la primera parte de este capítulo. El modelo, en función de lo valorado con los directivos de la entidad, debe tener en consideración la minimización de los desperdicios totales y la capacidad mínima y máxima de producción de las máquinas impresoras.

Algunos términos utilizados en la redacción del informe:

- ✓ Parles: 13000 pliegos (Papel Autocopiativo de 55 g)
- ✓ Pliego: Unidad de papel con medida 65 cm. x 92 cm.
- ✓ Resma: Paquete de 500 pliegos.
- ✓ Formato: Unidad de papel con medida según tipo de máquina.

A continuación se presentan elementos relacionados con la modelación matemática de la situación.

- ✓ Variables: Representan la cantidad de veces a utilizar cada variante de corte.

- ✓ Coeficientes tecnológicos: Representan la cantidad de formatos (por tipo) que se obtienen por variante de corte.

Para la búsqueda de los primeros coeficientes tecnológicos mencionados anteriormente se tiene presente lo siguiente:

El pliego ofertado por el proveedor es de 65 x 92 (cm.)

Máquina F1 (Rioby): Formato 1.1: 33,0 cm. x 44,0 cm.; At = 1452,0 cm².

Formato 1.2: 30,0 cm. x 35,0 cm.; At = 1050,0 cm².

Máquina F2 (Sor M): Formato 2.1: 30,0 cm. x 42,0 cm.; At = 1260,0 cm².

Formato 2.2: 35,0 cm. x 44,0 cm.; At = 1540,0 cm².

Formato 2.3: 31,0 cm. x 45,0 cm.; At = 1395,0 cm².

Formato 2.4: 50,0 cm. x 70,0 cm.; At = 3500,0 cm².

Formato 2.5: 56,0 cm. x 70,0 cm.; At = 3920,0 cm².

Máquina F3 (GTO): Formato 3.1: 30,0 cm. x 41,0 cm.; At = 1230,0 cm².

Formato 3.2: 28,0 cm. x 44,0 cm.; At = 1232,0 cm².

Formato 3.3: 22,0 cm. x 34,0 cm.; At = 748,0 cm².

En un anexo se presentan los diez tipos de formatos de impresión con el esquema correspondiente a cada uno de ellos (ver anexo # 3).

- ✓ Coeficientes Económicos: Representan los desperdicios de papel (expresados en m²) por variante de corte.
- ✓ Términos independientes: Representan las capacidades por tipo de máquina (máxima y mínima) en dependencia de las características del trabajo que se realice. Se realizaron entrevistas a guillotineros de experiencia, al tecnólogo del centro y al director técnico productivo para definir estos términos. También fueron consultados los manuales del fabricante de las máquinas.

A partir del análisis anterior se plantea lo siguiente:

La maquina #1, en ocho horas, puede imprimir desde 1000 hasta 20000 formatos, la #2 de 1000 a 25000 y la #3 de 1000 a 20000.

Las variantes de corte a considerar en la modelación matemática del problema fueron establecidas por el autor del trabajo a partir de un análisis coherente de combinaciones posibles de formatos. Para obtener las variantes de corte se considera como dimensión de la materia prima 63 cm. x 90 cm. porque antes de cortar en la guillotina se realiza un proceso

llamado “repele” que consiste en quitar un centímetro a todo el borde (perímetro) del pliego. Ver anexo #4. Fueron consideradas en general 100 variantes de corte. Ver anexo #5.

Para obtener las combinaciones de tipos de formatos a cortar se tiene presente la fórmula que se plantea a continuación:

$$C_m^n = \frac{n!}{m! (n - m)!}$$

Observación: Para identificar las combinaciones de formatos que aparecen a continuación se ha utilizado la letra “F” seguida de un número que diferencia los mismos.

Para n = 10; m = 1:

$$C_1^{10} = \frac{10!}{1! (10 - 1)!} = 10$$

F1.1 – F1.1; F1.2 – F1.2; F2.1 – F2.1; F2.2 – F2.2; F2.3 – F2.3; F2.4 – F2.4; F2.5 – F2.5;
F3.1 – F3.1; F3.2 – F3.2; F3.3 – F3.3.

Para n = 10; m = 2:

$$C_2^{10} = \frac{10!}{2! (10 - 2)!} = 45$$

F1.1 – F1.2; F1.1 – F2.1; F1.1 – F2.2; F1.1 – F2.3; F1.1 – F2.4; F1.1 – F2.5; F1.1 – F3.1;
F1.1 – F3.2; F1.1 – F3.3; F1.2 – F2.1; F1.2 – F2.2; F1.2 – F2.3; F1.2 – F2.4; F1.2 – F2.5;
F1.2 – F3.1; F1.2 – F3.2; F1.2 – F3.3; F2.1 – F2.2; F2.1 – F2.3; F2.1 – F2.4; F2.1 – F2.5;
F2.1 – F3.1; F2.1 – F3.2; F2.1 – F3.3; F2.2 – F2.3; F2.2 – F2.4; F2.2 – F2.5; F2.2 – F3.1;
F2.2 – F3.2; F2.2 – F3.3; F2.3 – F2.4; F2.3 – F2.5; F2.3 – F3.1; F2.3 – F3.2; F2.3 – F3.3;
F2.4 – F2.5; F2.4 – F3.1; F2.4 – F3.2; F2.4 – F3.3; F2.5 – F3.1; F2.5 – F3.2; F2.5 –
F3.3; F3.1 – F3.2; F3.1 – F3.3; F3.2 – F3.3.

Para n = 10; m = 3:

$$C_3^{10} = \frac{10!}{3! (10 - 3)!} = 120$$

F1.1 – F1.2 – F2.1; F1.1 – F1.2 – F2.2; F1.1 – F1.2 – F2.3; F1.1 – F1.2 – F2.4; F1.1 –
F1.2 – F2.5; F1.1 – F1.2 – F3.1; F1.1 – F1.2 – F3.2; F1.1 – F1.2 – F3.3; F1.1 – F2.1 –
F2.2; F1.1 – F2.1 – F2.3; F1.1 – F2.1 – F2.4; F1.1 – F2.1 – F2.5; F1.1 – F2.1 – F3.1; F1.1
– F2.1 – F3.2; F1.1 – F2.1 – F3.3; F1.1 – F2.2 – F2.3; F1.1 – F2.2 – F2.4; F1.1 – F2.2 –

F2.5; F1.1 – F2.2 – F3.1; F1.1 – F2.2 – F3.2; F1.1 – F2.2 – F3.3; F1.1 – F2.3 – F2.4; F1.1 – F2.3 – F2.5; F1.1 – F2.3 – F3.1; F1.1 – F2.3 – F3.2; F1.1 – F2.3 – F3.3; F1.1 – F2.4 – F2.5; F1.1 – F2.4 – F3.1; F1.1 – F2.4 – F3.2; F1.1 – F2.4 – F3.3; F1.1 – F2.5 – F3.1; F1.1 – F2.5 – F3.2; F1.1 – F2.5 – F3.3; F1.1 – F3.1 – F3.2; F1.1 – F3.1 – F3.3; F1.1 – F3.2 – F3.3; F1.2 – F2.1 – F2.2; F1.2 – F2.1 – F2.3; F1.2 – F2.1 – F2.4; F1.2 – F2.1 – F2.5; F1.2 – F2.1 – F3.1; F1.2 – F2.1 – F3.2; F1.2 – F2.1 – F3.3; F1.2 – F2.2 – F2.3; F1.2 – F2.2 – F2.4; F1.2 – F2.2 – F2.5; F1.2 – F2.2 – F3.1; F1.2 – F2.2 – F3.2; F1.2 – F2.2 – F3.3; F1.2 – F2.3 – F2.4; F1.2 – F2.3 – F2.5; F1.2 – F2.3 – F3.1; F1.2 – F2.3 – F3.2; F1.2 – F2.3 – F3.3; F1.2 – F2.4 – F2.5; F1.2 – F2.4 – F3.1; F1.2 – F2.4 – F3.2; F1.2 – F2.4 – F3.3; F1.2 – F2.5 – F3.1; F1.2 – F2.5 – F3.2; F1.2 – F2.5 – F3.3; F1.2 – F3.1 – F3.2; F1.2 – F3.1 – F3.3; F1.2 – F3.2 – F3.3; F2.1 – F2.2 – F2.3; F2.1 – F2.2 – F2.4; F2.1 – F2.2 – F2.5; F2.1 – F2.2 – F3.1; F2.1 – F2.2 – F3.2; F2.1 – F2.2 – F3.3; F2.1 – F2.3 – F2.4; F2.1 – F2.3 – F2.5; F2.1 – F2.3 – F3.1; F2.1 – F2.3 – F3.2; F2.1 – F2.3 – F3.3; F2.1 – F2.4 – F2.5; F2.1 – F2.4 – F3.1; F2.1 – F2.4 – F3.2; F2.1 – F2.4 – F3.3; F2.1 – F2.5 – F3.1; F2.1 – F2.5 – F3.2; F2.1 – F2.5 – F3.3; F2.1 – F3.1 – F3.2; F2.1 – F3.1 – F3.3; F2.1 – F3.2 – F3.3; F2.2 – F2.3 – F2.4; F2.2 – F2.3 – F2.5; F2.2 – F2.3 – F3.1; F2.2 – F2.3 – F3.2; F2.2 – F2.3 – F3.3; F2.2 – F2.4 – F2.5; F2.2 – F2.4 – F3.1; F2.2 – F2.4 – F3.2; F2.2 – F2.4 – F3.3; F2.2 – F2.5 – F3.1; F2.2 – F2.5 – F3.2; F2.2 – F2.5 – F3.3; F2.2 – F3.1 – F3.2; F2.2 – F3.1 – F3.3; F2.2 – F3.2 – F3.3; F2.3 – F2.4 – F2.5; F2.3 – F2.4 – F3.1; F2.3 – F2.4 – F3.2; F2.3 – F2.4 – F3.3; F2.3 – F2.5 – F3.1; F2.3 – F2.5 – F3.2; F2.3 – F2.5 – F3.3; F2.3 – F3.1 – F3.2; F2.3 – F3.1 – F3.3; F2.3 – F3.2 – F3.3; F2.4 – F2.5 – F3.1; F2.4 – F2.5 – F3.2; F2.4 – F2.5 – F3.3; F2.4 – F3.1 – F3.2; F2.4 – F3.1 – F3.3; F2.4 – F3.2 – F3.3; F2.5 – F3.1 – F3.2; F2.5 – F3.1 – F3.3; F2.5 – F3.2 – F3.3; F3.1 – F3.2 – F3.3.

Para $n = 10$; $m = 4$:

$$C_4^{10} = \frac{10!}{4! (10 - 4)!} = 210$$

F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.3; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.4; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.5; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F3.1; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F3.2; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F2.3; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F2.4; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F2.5; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F3.1; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F3.2; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F3.3;

F2.4 – F3.2 – F3.3; F2.2 – F2.3 – F2.5 – F3.1 – F3.2; F2.2 – F2.3 – F2.5 – F3.1 – F3.3;
 F2.2 – F2.3 – F2.5 – F3.2 – F3.3; F2.2 – F2.3 – F3.1 – F3.2 – F3.3; F2.2 – F2.4 – F2.5 –
 F3.1 – F3.2; F2.2 – F2.4 – F2.5 – F3.1 – F3.3; F2.2 – F2.4 – F2.5 – F3.2 – F3.3; F2.2 –
 F2.4 – F3.1 – F3.2 – F3.3; F2.2 – F2.5 – F3.1 – F3.2 – F3.3; F2.3 – F2.4 – F2.5 – F3.1 –
 F3.2; F2.3 – F2.4 – F2.5 – F3.1 – F3.3; F2.3 – F2.4 – F2.5 – F3.2 – F3.3; F2.3 – F2.4 –
 F3.1 – F3.2 – F3.3; F2.3 – F2.5 – F3.1 – F3.2 – F3.3; F2.4 – F2.5 – F3.1 – F3.2 – F3.3.

Para n = 10; m = 6:

$$C_6^{10} = \frac{10!}{6! (10 - 6)!} = 210$$

F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2 – F2.3 – F2.4; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2 – F2.3 – F2.5; F1.1 –
 F1.2 – F2.1 – F2.2 – F2.3 – F3.1; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2 – F2.3 – F3.2; F1.1 – F1.2 –
 F2.1 – F2.2 – F2.3 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2 – F2.4 – F2.5; F1.1 – F1.2 – F2.1 –
 F2.2 – F2.4 – F3.1; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2 – F2.4 – F3.2; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2 –
 F2.4 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2 – F2.5 – F3.1; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2 – F2.5 –
 F3.2; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2 – F2.5 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2 – F3.1 – F3.2;
 F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2 – F3.1 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2 – F3.2 – F3.3; F1.1 –
 F1.2 – F2.1 – F2.3 – F2.4 – F2.5; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.3 – F2.4 – F3.1; F1.1 – F1.2 –
 F2.1 – F2.3 – F2.4 – F3.2; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.3 – F2.4 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.1 –
 F2.3 – F2.5 – F3.1; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.3 – F2.5 – F3.2; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.3 –
 F2.5 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.3 – F3.1 – F3.2; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.3 – F3.1 –
 F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.3 – F3.2 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.4 – F2.5 – F3.1;
 F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.4 – F2.5 – F3.2; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.4 – F2.5 – F3.3; F1.1 –
 F1.2 – F2.1 – F2.4 – F3.1 – F3.2; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.4 – F3.1 – F3.3; F1.1 – F1.2 –
 F2.1 – F2.4 – F3.2 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.5 – F3.1 – F3.2; F1.1 – F1.2 – F2.1 –
 F2.5 – F3.1 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.5 – F3.2 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.1 – F3.1 –
 F3.2 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F2.3 – F2.4 – F2.5; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F2.3 – F2.4 –
 F3.1; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F2.3 – F2.4 – F3.2; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F2.3 – F2.4 – F3.3;
 F1.1 – F1.2 – F2.2 – F2.3 – F2.5 – F3.1; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F2.3 – F2.5 – F3.2; F1.1 –
 F1.2 – F2.2 – F2.3 – F2.5 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F2.3 – F3.1 – F3.2; F1.1 – F1.2 –
 F2.2 – F2.3 – F3.1 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F2.3 – F3.2 – F3.3; F1.1 – F1.2 – F2.2 –
 F2.4 – F2.5 – F3.1; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F2.4 – F2.5 – F3.2; F1.1 – F1.2 – F2.2 – F2.4 –

$$C_{10}^{10} = \frac{10!}{10! (10 - 10)!} = 1$$

F1.1 – F1.2 – F2.1 – F2.2 – F2.3– F2.4 – F2.5 – F3.1 – F3.2 – F3.3.

Las variantes de corte que aparecen en negrita no se tendrán en consideración debido a que estas son combinaciones que representan al mismo tipo de máquina, formatos mutuamente excluyentes, es decir, cuando se está imprimiendo uno de ellos no se podrá imprimir otro y alguna otras combinaciones que no son posibles según las dimensiones del pliego.

Ahora se presenta la forma general del modelo a utilizar para modelar matemáticamente cada situación analizada en el estudio realizado. En este caso solo se tiene en cuenta un tipo de materia prima que es el que recibe la empresa en la actualidad.

$$\text{MIN DT} = \sum_{j=1}^n d_j x_j$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n f_{ij} x_j \geq Cp_i$$

$$\sum_{j=1}^n f_{ij} x_j \leq CP_i$$

$$\sum_{j=1}^{n_t} x_j \leq Q_t ; t = 1; \dots; r \quad x_{j_t} \geq 0 ; x_{j_t} \in Z. \quad i = 1; \dots; 5$$

Donde:

DT: Desperdicio total de papel.

n: Cantidad de variantes de corte.

d_j : Desperdicio de papel según la variante j.

x_j : Cantidad de lotes a cortar según la variante de corte j.

i: Índice del tipo de formato. $i = 1; \dots; m$.

f_{ij} : Cantidad de formatos tipo i que se obtienen al aplicar la variante de corte j.

Cp_i : Capacidad mínima de impresión de formatos tipo i.

CP_i : Capacidad máxima de impresión de formatos tipo i.

m: Cantidad de tipos de formatos.

n_t : Cantidad de variantes de corte para la materia prima t.

j: Índice de variante de corte ($j = 1 ; \dots; n$).

x_{jt} : Cantidad de materia prima tipo t a cortar según la variante de corte j.

Q_t : Cantidad de materia prima tipo t.

A partir de la expresión general planteada anteriormente, fueron modeladas las situaciones que podían presentarse, en un total de 49 modelos matemáticos particularizados.

También aquí para contemplar la posibilidad de combinaciones de máquinas impresoras trabajando se tiene presente la fórmula:

$$C_m^n = \frac{n!}{m! (n - m)!}$$

A continuación se presentan los diferentes modelos:

1- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F1 (Rioby), formato 1.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 276.6 X_1$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$2000 X_1 \geq 1000$$

$$2000 X_1 \leq 20000$$

$$X_1 \geq 0$$

2- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F1 (Rioby), formato 1.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 147 X_2$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$4000 X_2 \geq 1000$$

$$4000 X_2 \leq 20000$$

$$X_2 \geq 0$$

3- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F2 (Sor M), formato 2.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 63 X_3$$

Sujeto a:

Formato 2.1

$$4000X_3 \geq 1000$$

$$4000X_3 \leq 25000$$

$$X_3 \geq 0$$

4- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F2 (Sor M), formato 2.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO: \text{MinDt} = 259 X_4$$

Sujeto a:

Formato 2.2

$$2000 X_4 \geq 1000$$

$$2000 X_4 \leq 25000$$

$$X_4 \geq 0$$

5- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F2 (Sor M), formato 2.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO: \text{MinDt} = 9 X_5$$

Sujeto a:

Formato 2.3

$$4000 X_5 \geq 1000$$

$$4000 X_5 \leq 25000$$

$$X_5 \geq 0$$

6- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F2 (Sor M), formato 2.4 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO: \text{MinDt} = 217 X_6$$

Sujeto a:

Formato 2.4

$$1000 X_6 \geq 1000$$

$$1000 X_6 \leq 25000$$

$$X_6 \geq 0$$

7- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F2 (Sor M), formato 2.5 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 175 X_7$$

Sujeto a:

Formato 2.5

$$1000 X_7 \geq 1000$$

$$1000 X_7 \leq 25000$$

$$X_7 \geq 0$$

8- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F2 (GTO), formato 3.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 75 X_8$$

Sujeto a:

Formato 3.1

$$4000 X_8 \geq 1000$$

$$4000 X_8 \leq 20000$$

$$X_8 \geq 0$$

9- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F2 (GTO), formato 3.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 74.2 X_9$$

Sujeto a:

Formato 3.2

$$4000 X_9 \geq 1000$$

$$4000 X_9 \leq 20000$$

$$X_9 \geq 0$$

10- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F2 (GTO), formato 3.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 118.2 X_{10}$$

Sujeto a:

Formato 3.3

$$6000 X_{10} \geq 1000$$

$$6000 X_{10} \leq 20000$$

$$X_{10} \geq 0$$

11- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F2 (Sor M), formato 2.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 43.8 X_{11} + 24.6 X_{12}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{11} + 2000 X_{12} \geq 1000$$

$$1000 X_{11} + 2000 X_{12} \leq 20000$$

Formato 2.1

$$3000 X_{11} + 2000 X_{12} \geq 1000$$

$$3000 X_{11} + 2000 X_{12} \leq 25000$$

$$X_{11}; X_{12} \geq 0$$

12- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F2 (Sor M), formato 2.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 267.8 X_{13}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{13} \geq 1000$$

$$1000 X_{13} \leq 20000$$

Formato 2.2

$$1000 X_{13} \geq 1000$$

$$1000 X_{13} \leq 25000$$

$$X_{13} \geq 0$$

13- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F2 (Sor M), formato 2.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 142.8 X_{14}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{14} \geq 1000$$

$$1000 X_{14} \leq 20000$$

Formato 2.3

$$2000X_{14} \geq 1000$$

$$2000X_{14} \leq 25000$$

$$X_{14} \geq 0$$

14- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F3 (GTO), formato 3.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 52.8 X_{15} + 30.6 X_{16}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{15} + 2000 X_{16} \geq 1000$$

$$1000 X_{15} + 2000 X_{16} \leq 20000$$

Formato 3.1

$$3000 X_{15} + 2000 X_{16} \geq 1000$$

$$3000 X_{15} + 2000 X_{16} \leq 20000$$

$$X_{15}; X_{16} \geq 0$$

15- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F3 (GTO), formato 3.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 52.2 X_{17} + 30.2 X_{18}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{17} + 2000 X_{18} \geq 1000$$

$$1000 X_{17} + 2000 X_{18} \leq 20000$$

Formato 3.2

$$3000 X_{17} + 2000 X_{18} \geq 1000$$

$$3000 X_{17} + 2000 X_{18} \leq 20000$$

$$X_{17}; X_{18} \geq 0$$

16- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F3 (GTO), formato 3.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 122.6X_{19} + 127X_{20}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{19} + 2000 X_{20} \geq 1000$$

$$1000 X_{19} + 2000 X_{20} \leq 20000$$

Formato 3.3

$$4000 X_{19} + 2000 X_{20} \geq 1000$$

$$4000 X_{19} + 2000 X_{20} \leq 20000$$

$$X_{19}; X_{20} \geq 0$$

17- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F2 (Sor M), formato 2.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 84X_{21} + 105X_{22} + 126X_{23}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$1000 X_{21} + 2000 X_{22} + 3000 X_{23} \geq 1000$$

$$1000 X_{21} + 2000 X_{22} + 3000 X_{23} \leq 20000$$

Formato 2.1

$$3000 X_{21} + 2000 X_{22} + 1000 X_{23} \geq 1000$$

$$3000 X_{21} + 2000 X_{22} + 1000 X_{23} \leq 25000$$

$$X_{21}; \dots; X_{23} \geq 0$$

18- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F2 (Sor M), formato 2.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 203 X_{24}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$2000 X_{24} \geq 1000$$

$$2000 X_{24} \leq 20000$$

Formato 2.2

$$1000 X_{24} \geq 1000$$

$$1000 X_{24} \leq 25000$$

$$X_{24} \geq 0$$

19- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F2 (Sor M), formato 2.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 43.5 X_{25} + 78 X_{26} + 112.5 X_{27}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$1000 X_{25} + 2000 X_{26} + 3000 X_{27} \geq 1000$$

$$1000 X_{25} + 2000 X_{26} + 3000 X_{27} \leq 20000$$

Formato 2.3

$$3000 X_{25} + 2000 X_{26} + 1000 X_{27} \geq 1000$$

$$3000 X_{25} + 2000 X_{26} + 1000 X_{27} \leq 25000$$

$$X_{25}; \dots; X_{27} \geq 0$$

20- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F3 (GTO), formato 3.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 93 X_{28} + 111 X_{29} + 129 X_{30}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$1000 X_{28} + 2000 X_{29} + 3000 X_{30} \geq 1000$$

$$1000 X_{28} + 2000 X_{29} + 3000 X_{30} \leq 20000$$

Formato 3.1

$$3000 X_{28} + 2000 X_{29} + 1000 X_{30} \geq 1000$$

$$3000 X_{28} + 2000 X_{29} + 1000 X_{30} \leq 20000$$

$$X_{28}; \dots; X_{30} \geq 0$$

21- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F3 (GTO), formato 3.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 92.4 X_{31} + 110.6 X_{32} + 128.8 X_{33}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$1000 X_{31} + 2000 X_{32} + 3000 X_{33} \geq 1000$$

$$1000 X_{31} + 2000 X_{32} + 3000 X_{33} \leq 20000$$

Formato 3.2

$$3000 X_{31} + 2000 X_{32} + 1000 X_{33} \geq 1000$$

$$3000 X_{31} + 2000 X_{32} + 1000 X_{33} \leq 20000$$

$$X_{31}; \dots; X_{33} \geq 0$$

22- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F3 (GTO), formato 3.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 162.8 X_{34} + 207.8 X_{35} + 102.4 X_{36}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$1000 X_{34} + 2000 X_{35} + 3000 X_{36} \geq 1000$$

$$1000 X_{34} + 2000 X_{35} + 3000 X_{36} \leq 20000$$

Formato 3.3

$$4000 X_{34} + 2000 X_{35} + 2000 X_{36} \geq 1000$$

$$4000 X_{34} + 2000 X_{35} + 2000 X_{36} \leq 20000$$

$$X_{34}; \dots; X_{36} \geq 0$$

23- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 72 X_{37} + 69 X_{38} + 66 X_{39}$$

Sujeto a:

Formato 2.1

$$1000 X_{37} + 2000 X_{38} + 3000 X_{39} \geq 1000$$

$$1000 X_{37} + 2000 X_{38} + 3000 X_{39} \leq 25000$$

Formato 3.1

$$3000 X_{37} + 2000 X_{38} + 1000 X_{39} \geq 1000$$

$$3000 X_{37} + 2000 X_{38} + 1000 X_{39} \leq 20000$$

$$X_{37}; \dots; X_{39} \geq 0$$

24- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 71.4 X_{40} + 68.6 X_{41} + 65.8 X_{42}$$

Sujeto a:

Formato 2.1

$$1000 X_{40} + 2000 X_{41} + 3000 X_{42} \geq 1000$$

$$1000 X_{40} + 2000 X_{41} + 3000 X_{42} \leq 25000$$

Formato 3.2

$$3000 X_{40} + 2000 X_{41} + 1000 X_{42} \geq 1000$$

$$3000 X_{40} + 2000 X_{41} + 1000 X_{42} \leq 20000$$

$$X_{40}; \dots; X_{42} \geq 0$$

25- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 141.8 X_{43} + 165.4 X_{44} + 114.2 X_{45}$$

Sujeto a:

Formato 2.1

$$1000 X_{43} + 2000 X_{44} + 3000 X_{45} \geq 1000$$

$$1000 X_{43} + 2000 X_{44} + 3000 X_{45} \leq 25000$$

Formato 3.3

$$4000 X_{43} + 2000 X_{44} + 1000 X_{45} \geq 1000$$

$$4000 X_{43} + 2000 X_{44} + 1000 X_{45} \leq 20000$$

$$X_{43}; \dots; X_{45} \geq 0$$

26- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO: \text{MinDt} = 167 X_{46}$$

Sujeto a:

Formato 2.2

$$1000 X_{46} \geq 1000$$

$$1000 X_{46} \leq 25000$$

Formato 3.1

$$2000 X_{46} \geq 1000$$

$$2000 X_{46} \leq 20000$$

$$X_{46} \geq 0$$

27- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO: \text{MinDt} = 43.4 X_{47} + 12.6 X_{48}$$

Sujeto a:

Formato 2.2

$$1000 X_{47} + 2000 X_{48} \geq 1000$$

$$1000 X_{47} + 2000 X_{48} \leq 25000$$

Formato 3.2

$$3000 X_{47} + 2000 X_{48} \geq 1000$$

$$3000 X_{47} + 2000 X_{48} \leq 20000$$

$$X_{47}; X_{48} \geq 0$$

28- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO: \text{MinDt} = 113.8 X_{49} + 109.4 X_{50}$$

Sujeto a:

Formato 2.2

$$1000 X_{49} + 2000 X_{50} \geq 1000$$

$$1000 X_{49} + 2000 X_{50} \leq 25000$$

Formato 3.3

$$4000 X_{49} + 2000 X_{50} \geq 1000$$

$$4000 X_{49} + 2000 X_{50} \leq 20000$$

$$X_{49}; X_{50} \geq 0$$

29- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO: \text{MinDt} = 58.5 X_{51} + 42 X_{52} + 25.5 X_{53}$$

Sujeto a:

Formato 2.3

$$1000 X_{51} + 2000 X_{52} + 3000 X_{53} \geq 1000$$

$$1000 X_{51} + 2000 X_{52} + 3000 X_{53} \leq 25000$$

Formato 3.1

$$3000 X_{51} + 2000 X_{52} + 1000 X_{53} \geq 1000$$

$$3000 X_{51} + 2000 X_{52} + 1000 X_{53} \leq 20000$$

$$X_{51}; \dots; X_{53} \geq 0$$

30- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO: \text{MinDt} = 57.9 X_{54} + 41.6 X_{55} + 25.3 X_{56}$$

Sujeto a:

Formato 2.3

$$1000 X_{54} + 2000 X_{55} + 3000 X_{56} \geq 1000$$

$$1000 X_{54} + 2000 X_{55} + 3000 X_{56} \leq 25000$$

Formato 3.2

$$3000 X_{54} + 2000 X_{55} + 1000 X_{56} \geq 1000$$

$$3000 X_{54} + 2000 X_{55} + 1000 X_{56} \leq 20000$$

$$X_{54}; \dots; X_{56} \geq 0$$

31- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO: MinDt} = 128.3 X_{57} + 138.4 X_{58} + 73.7 X_{59}$$

Sujeto a:

Formato 2.3

$$1000 X_{57} + 2000 X_{58} + 3000 X_{59} \geq 1000$$

$$1000 X_{57} + 2000 X_{58} + 3000 X_{59} \leq 25000$$

Formato 3.3

$$4000 X_{57} + 2000 X_{58} + 1000 X_{59} \geq 1000$$

$$4000 X_{57} + 2000 X_{58} + 1000 X_{59} \leq 20000$$

$$X_{57}; \dots; X_{59} \geq 0$$

32- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO: MinDt} = 46.8 X_{60} + 27.6 X_{61} + 49.8 X_{62}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{60} + 2000 X_{61} + 1000 X_{62} \geq 1000$$

$$1000 X_{60} + 2000 X_{61} + 1000 X_{62} \leq 20000$$

Formato 2.1

$$2000 X_{60} + 1000 X_{61} + 1000 X_{62} \geq 1000$$

$$2000 X_{60} + 1000 X_{61} + 1000 X_{62} \leq 25000$$

Formato 3.1

$$1000 X_{60} + 1000 X_{61} + 2000 X_{62} \geq 1000$$

$$1000 X_{60} + 1000 X_{61} + 2000 X_{62} \leq 20000$$

$$X_{60}; \dots; X_{62} \geq 0$$

33- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 46.6 X_{63} + 27.4 X_{64} + 49.4 X_{65}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{63} + 2000 X_{64} + 1000 X_{65} \geq 1000$$

$$1000 X_{63} + 2000 X_{64} + 1000 X_{65} \leq 20000$$

Formato 2.1

$$2000 X_{63} + 1000 X_{64} + 1000 X_{65} \geq 1000$$

$$2000 X_{63} + 1000 X_{64} + 1000 X_{65} \leq 25000$$

Formato 3.2

$$1000 X_{63} + 1000 X_{64} + 2000 X_{65} \geq 1000$$

$$1000 X_{63} + 1000 X_{64} + 2000 X_{65} \leq 20000$$

$$X_{63}; \dots; X_{65} \geq 0$$

34- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 95 X_{66} + 75.8 X_{67} + 71.4 X_{68}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{66} + 2000 X_{67} + 1000 X_{68} \geq 1000$$

$$1000 X_{66} + 2000 X_{67} + 1000 X_{68} \leq 20000$$

Formato 2.1

$$2000 X_{66} + 1000 X_{67} + 1000 X_{68} \geq 1000$$

$$2000 X_{66} + 1000 X_{67} + 1000 X_{68} \leq 25000$$

Formato 3.3

$$2000 X_{66} + 1000 X_{67} + 3000 X_{68} \geq 1000$$

$$2000 X_{66} + 1000 X_{67} + 3000 X_{68} \leq 20000$$

$$X_{66}; \dots; X_{68} \geq 0$$

35- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 144.8 X_{69}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{69} \geq 1000$$

$$1000 X_{69} \leq 20000$$

Formato 2.2

$$1000 X_{69} \geq 1000$$

$$1000 X_{69} \leq 25000$$

Formato 3.1

$$1000 X_{69} \geq 1000$$

$$1000 X_{69} \leq 20000$$

$$X_{69} \geq 0$$

36- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 21.4 X_{70}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{70} \geq 1000$$

$$1000 X_{70} \leq 20000$$

Formato 2.2

$$1000 X_{70} \geq 1000$$

$$1000 X_{70} \leq 25000$$

Formato 3.2

$$2000 X_{70} \geq 1000$$

$$2000 X_{70} \leq 20000$$

$$X_{70} \geq 0$$

37- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO: \text{MinDt} = 118.2X_{71}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{71} \geq 1000$$

$$1000 X_{71} \leq 20000$$

Formato 2.2

$$1000 X_{71} \geq 1000$$

$$1000 X_{71} \leq 25000$$

Formato 3.3

$$2000 X_{71} \geq 1000$$

$$2000 X_{71} \leq 20000$$

$$X_{71} \geq 0$$

38- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO: \text{MinDt} = 19.8X_{72} + 36.3X_{73}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{72} + 1000 X_{73} \geq 1000$$

$$1000 X_{72} + 1000 X_{73} \leq 20000$$

Formato 2.3

$$2000 X_{72} + 1000 X_{73} \geq 1000$$

$$2000 X_{72} + 1000 X_{73} \leq 25000$$

Formato 3.1

$$1000 X_{72} + 2000 X_{73} \geq 1000$$

$$1000 X_{72} + 2000 X_{73} \leq 20000$$

$$X_{72}; X_{73} \geq 0$$

39- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 19.6 X_{74} + 35.9 X_{75}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{74} + 1000 X_{75} \geq 1000$$

$$1000 X_{74} + 1000 X_{75} \leq 20000$$

Formato 2.3

$$2000 X_{74} + 1000 X_{75} \geq 1000$$

$$2000 X_{74} + 1000 X_{75} \leq 25000$$

Formato 3.2

$$1000 X_{74} + 2000 X_{75} \geq 1000$$

$$1000 X_{74} + 2000 X_{75} \leq 20000$$

$$X_{74}; X_{75} \geq 0$$

40- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 68 X_{76} + 132.7 X_{77}$$

Sujeto a:

Formato 1.1

$$1000 X_{76} + 1000 X_{77} \geq 1000$$

$$1000 X_{76} + 1000 X_{77} \leq 20000$$

Formato 2.3

$$2000 X_{76} + 1000 X_{77} \geq 1000$$

$$2000 X_{76} + 1000 X_{77} \leq 25000$$

Formato 3.3

$$1000 X_{76} + 2000 X_{77} \geq 1000$$

$$1000 X_{76} + 2000 X_{77} \leq 20000$$

$$X_{76}; X_{77} \geq 0$$

41- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 108 X_{78} + 87 X_{79} + 90 X_{80}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$1000 X_{78} + 2000 X_{79} + 1000 X_{80} \geq 1000$$

$$1000 X_{78} + 2000 X_{79} + 1000 X_{80} \geq 20000$$

Formato 2.1

$$2000 X_{78} + 1000 X_{79} + 1000 X_{80} \geq 1000$$

$$2000 X_{78} + 1000 X_{79} + 1000 X_{80} \leq 25000$$

Formato 3.1

$$1000 X_{78} + 1000 X_{79} + 2000 X_{80} \geq 1000$$

$$1000 X_{78} + 1000 X_{79} + 2000 X_{80} \leq 20000$$

$$X_{78}; X_{80} \geq 0$$

42- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO : \text{MinDt} = 86.8 X_{81} + 107.8 X_{82} + 89.6 X_{83}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$1000 X_{81} + 2000 X_{82} + 1000 X_{83} \geq 1000$$

$$1000 X_{81} + 2000 X_{82} + 1000 X_{83} \geq 20000$$

Formato 2.1

$$2000 X_{81} + 1000 X_{82} + 1000 X_{83} \geq 1000$$

$$2000 X_{81} + 1000 X_{82} + 1000 X_{83} \leq 25000$$

Formato 3.2

$$1000 X_{81} + 1000 X_{82} + 2000 X_{83} \geq 1000$$

$$1000 X_{81} + 1000 X_{82} + 2000 X_{83} \leq 20000$$

$$X_{81}; \dots; X_{83} \geq 0$$

43- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 135.2 X_{84} + 156.2 X_{85} + 186.4 X_{86}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$1000 X_{84} + 2000 X_{85} + 1000 X_{86} \geq 1000$$

$$1000 X_{84} + 2000 X_{85} + 1000 X_{86} \geq 20000$$

Formato 2.1

$$2000 X_{84} + 1000 X_{85} + 1000 X_{86} \geq 1000$$

$$2000 X_{84} + 1000 X_{85} + 1000 X_{86} \leq 25000$$

Formato 3.3

$$1000 X_{84} + 1000 X_{85} + 2000 X_{86} \geq 1000$$

$$1000 X_{84} + 1000 X_{85} + 2000 X_{86} \leq 20000$$

$$X_{84}; \dots; X_{86} \geq 0$$

44- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 185 X_{87}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$1000 X_{87} \geq 1000$$

$$1000 X_{87} \geq 20000$$

Formato 2.2

$$1000 X_{87} \geq 1000$$

$$1000 X_{87} \leq 25000$$

Formato 3.1

$$1000 X_{87} \geq 1000$$

$$1000 X_{87} \leq 20000$$

$$X_{87} \geq 0$$

45- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO: \text{MinDt} = 79.8 X_{88} + 61.6 X_{89}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$2000 X_{88} + 1000 X_{89} \geq 1000$$

$$2000 X_{88} + 1000 X_{89} \geq 20000$$

Formato 2.2

$$1000 X_{88} + 1000 X_{89} \geq 1000$$

$$1000 X_{88} + 1000 X_{89} \leq 25000$$

Formato 3.2

$$1000 X_{88} + 2000 X_{89} \geq 1000$$

$$1000 X_{88} + 2000 X_{89} \leq 20000$$

$$X_{88}; X_{89} \geq 0$$

46- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$FO: \text{MinDt} = 128.2 X_{90} + 158.4 X_{91}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$2000 X_{90} + 1000 X_{91} \geq 1000$$

$$2000 X_{90} + 1000 X_{91} \geq 20000$$

Formato 2.2

$$1000 X_{90} + 1000 X_{91} \geq 1000$$

$$1000 X_{90} + 1000 X_{91} \leq 25000$$

Formato 3.3

$$1000 X_{90} + 2000 X_{91} \geq 1000$$

$$1000 X_{90} + 2000 X_{91} \leq 20000$$

$$X_{90}; X_{91} \geq 0$$

47- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.1 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO: MinDt} = 60 X_{92} + 94.5 X_{93} + 76.5 X_{94}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$1000 X_{92} + 2000 X_{93} + 1000 X_{94} \geq 1000$$

$$1000 X_{92} + 2000 X_{93} + 1000 X_{94} \leq 20000$$

Formato 2.3

$$2000 X_{92} + 1000 X_{93} + 1000 X_{94} \geq 1000$$

$$2000 X_{92} + 1000 X_{93} + 1000 X_{94} \leq 25000$$

Formato 3.1

$$1000 X_{92} + 1000 X_{93} + 2000 X_{94} \geq 1000$$

$$1000 X_{92} + 1000 X_{93} + 2000 X_{94} \leq 20000$$

$$X_{92}; \dots; X_{94} \geq 0$$

48- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.2 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO: MinDt} = 59.8 X_{95} + 94.3 X_{96} + 76.1 X_{97}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$1000 X_{95} + 2000 X_{96} + 1000 X_{97} \geq 1000$$

$$1000 X_{95} + 2000 X_{96} + 1000 X_{97} \leq 20000$$

Formato 2.3

$$2000 X_{95} + 1000 X_{96} + 1000 X_{97} \geq 1000$$

$$2000 X_{95} + 1000 X_{96} + 1000 X_{97} \leq 25000$$

Formato 3.2

$$1000 X_{95} + 1000 X_{96} + 2000 X_{97} \geq 1000$$

$$1000 X_{95} + 1000 X_{96} + 2000 X_{97} \leq 20000$$

$$X_{95}; \dots; X_{97} \geq 0$$

49- Para la construcción de este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.3 y que se presenten las siguientes situaciones:

$$\text{FO : MinDt} = 108.2 X_{98} + 142.7 X_{99} + 98.1 X_{100}$$

Sujeto a:

Formato 1.2

$$1000 X_{98} + 2000 X_{99} + 1000 X_{100} \geq 1000$$

$$1000 X_{98} + 2000 X_{99} + 1000 X_{100} \leq 20000$$

Formato 2.3

$$2000 X_{98} + 1000 X_{99} + 1000 X_{100} \geq 1000$$

$$2000 X_{98} + 1000 X_{99} + 1000 X_{100} \leq 25000$$

Formato 3.3

$$1000 X_{98} + 1000 X_{99} + 3000 X_{100} \geq 1000$$

$$1000 X_{98} + 1000 X_{99} + 3000 X_{100} \leq 20000$$

$$X_{98}; \dots; X_{100} \geq 0$$

Conclusiones del Capítulo 2.

- ✓ Al estudiar como realizar el proceso de corte de formatos para pliegos de papel autocopiativo de 65 cm. x 92 cm. y tener intercambios con directivos de la empresa y otras personas que conocen al respecto no es aconsejable dejar el proceso de corte de papel solo a la experiencia empírica que puede tener un guillotinerero en la tarea.
- ✓ Se puede establecer un modelo general que refleja la situación y a partir del mismo particularizar para las diferentes situaciones que pueden presentarse en lo que respecta al funcionamiento (combinaciones de máquinas en funciones) de las máquinas impresoras con sus características de producción y/o limitantes de materia prima.
- ✓ Las situaciones están modeladas y para tener resultados inherentes al proceso de corte es necesario procesar computacionalmente cada modelo matemático.

Están creadas las condiciones para que en el próximo capítulo, después de procesar computacionalmente cada modelo con el paquete de programas WINQSB, se realice el análisis de los resultados obtenidos en este.

CAPÍTULO 3

Capítulo 3: Análisis de los resultados.

3.1- Interpretación de los resultados obtenidos en el procesamiento computacional de los modelos matemáticos

Los modelos matemáticos fueron procesados a través del paquete de programas tratado en el capítulo 1, los resultados de este procesamiento se presentan en un anexo (ver anexo # 6).

A continuación se presenta la interpretación de la solución óptima para cada modelo. Aparece (para el caso en análisis) el nombre de la variable, el valor de la misma en la solución óptima y la descripción literal de la interpretación de dicho valor. También se realiza un comentario sobre la cantidad de formatos que se obtienen en general y el desperdicio correspondiente a dicha producción.

1. En este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F1 (Rioby); formato 1.1.
 - Modelo 1.1:
 $X_1 = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.1.
Se obtienen 2 000 formatos 1.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 276.6 m².
2. En este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F1 (Rioby); formato 1.2.
 - Modelo 2.1:
 $X_2 = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.2.
Se obtienen 4 000 formatos 1.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 147 m².
3. En este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F2 (Sor M); formato 2.1.
 - Modelo 3.1:
 $X_3 = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.3.
Se obtienen 4 000 formatos 2.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 63 m².

4. En este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F2 (Sor M); formato 2.2.
 - Modelo 4.1:
 $X_4 = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.4.
Se obtienen 2 000 formatos 2.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 259 m².
5. En este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F2 (Sor M); formato 2.3.
 - Modelo 5.1:
 $X_5 = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.5.
Se obtienen 4 000 formatos 2.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 9 m².
6. En este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F2 (Sor M); formato 2.4.
 - Modelo 6.1:
 $X_6 = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.6.
Se obtienen 1 000 formatos 2.4, con un desperdicio mínimo de materia prima de 217 m²; lo cual equivale a un costo de \$ 38.01 CUC.
7. En este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F2 (Sor M); formato 2.5:
 - Modelo 7.1:
 $X_7 = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.7.
Se obtienen 1 000 formatos 2.5, con un desperdicio mínimo de materia prima de 175 m².
8. En este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F3 (GTO); formato 3.1.
 - Modelo 8.1:

$X_8 = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.8.

Se obtienen 4 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 75 m².

9. En este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F3 (GTO); formato 3.2.

➤ Modelo 9.1:

$X_9 = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.9.

Se obtienen 4 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 74.2 m².

10. En este modelo se tiene en cuenta que esté funcionando solo la máquina F3 (GTO); formato 3.3.

➤ Modelo 10.1:

$X_{10} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.10.

Se obtienen 6 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 118.2 m².

11. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F2 (Sor M), formato 2.1, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 11.1:

$X_{11} = 0$; No utilizar la variante de corte No.11.

$X_{12} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.12.

Se obtienen 2 000 formatos 1.1 y 2 000 formatos 2.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 24.6 m².

12. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F2 (Sor M), formato 2.2, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 12.1:

$X_{13} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.13.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1 y 1 000 formatos 2.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 267.8 m².

13. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F2 (Sor M), formato 2.3, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 13.1:

$X_{14} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.14.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1 y 2 000 formatos 2.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 142.8 m².

14. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F3 (GTO), formato 3.1, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 14.1:

$X_{15} = 0$; No utilizar la variante de corte No.15.

$X_{16} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.16.

Se obtienen 2 000 formatos 1.1 y 2 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 30.6 m².

15. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F3 (GTO), formato 3.2, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 15.1:

$X_{17} = 0$; No utilizar la variante de corte No.17.

$X_{18} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.18.

Se obtienen 2 000 formatos 1.1 y 2 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 30.2 m².

16. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F3 (GTO), formato 3.3, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 16.1:

$X_{19} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.19.

$X_{20} = 0$; No utilizar la variante de corte No.20.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1 y 4 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 122.6 m².

17. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F2 (Sor M), formato 2.1, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 17.1:

$X_{21} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.21.

$X_{22} = 0$; No utilizar la variante de corte No.22.

$X_{23} = 0$; No utilizar la variante de corte No.23.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2 y 3 000 formatos 2.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 84 m².

18. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F2 (Sor M), formato 2.2, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 18.1:

$X_{24} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.24.

Se obtienen 2 000 formatos 1.2 y 1 000 formatos 2.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 203 m².

19. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F2 (Sor M), formato 2.3, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 19.1:

$X_{25} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.25.

$X_{26} = 0$; No utilizar la variante de corte No.26.

$X_{27} = 0$; No utilizar la variante de corte No.27.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2 y 3 000 formatos 2.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 43.5 m².

20. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F3 (GTO), formato 3.1, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 20.1:

$X_{28} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.28.

$X_{29} = 0$; No utilizar la variante de corte No.29.

$X_{30} = 0$; No utilizar la variante de corte No.30.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2 y 3 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 93 m².

21. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F3 (GTO), formato 3.2, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 21.1:

$X_{31} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.31.

$X_{32} = 0$; No utilizar la variante de corte No.32.

$X_{33} = 0$; No utilizar la variante de corte No.33.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2 y 3 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 92.4 m².

22. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F3 (GTO), formato 3.3, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 22.1

$X_{34} = 0$; No utilizar la variante de corte No.34.

$X_{35} = 0$; No utilizar la variante de corte No.35.

$X_{36} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.36.

Se obtienen 3 000 formatos 1.2 y 2 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 102.4 m².

23. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.1, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 23.1

$X_{37} = 0$; No utilizar la variante de corte No.37.

$X_{38} = 0$; No utilizar la variante de corte No.38.

$X_{39} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.39.

Se obtienen 3 000 formatos 2.1 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 66 m².

24. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.2, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 24.1

$X_{40} = 0$; No utilizar la variante de corte No.40.

$X_{41} = 0$; No utilizar la variante de corte No.41.

$X_{42} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.42.

Se obtienen 3 000 formatos 2.1 y 1 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 65.8 m².

25. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.3, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 25.1

$X_{43} = 0$; No utilizar la variante de corte No.43.

$X_{44} = 0$; No utilizar la variante de corte No.44.

$X_{45} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.45.

Se obtienen 3 000 formatos 2.1 y 1 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 114.2 m².

26. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.1, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 26.1

$X_{46} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.46.

Se obtienen 1 000 formatos 2.2 y 2 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 167 m².

27. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.2, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 27.1

$X_{47} = 0$; No utilizar la variante de corte No.47.

$X_{48} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.48.

Se obtienen 2 000 formatos 2.2 y 2 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 12.6 m².

28. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.3, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 28.1

$X_{49} = 0$; No utilizar la variante de corte No.49.

$X_{50} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.50.

Se obtienen 2 000 formatos 2.2 y 2 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 109.4 m².

29. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.1, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 29.1

$X_{51} = 0$; No utilizar la variante de corte No.51.

$X_{52} = 0$; No utilizar la variante de corte No.52.

$X_{53} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.53.

Se obtienen 3 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 25.5 m².

30. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.2, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 30.1

$X_{54} = 0$; No utilizar la variante de corte No.54.

$X_{55} = 0$; No utilizar la variante de corte No.55.

$X_{56} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.56.

Se obtienen 3 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 25.3 m².

31. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.3, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 31.1

$X_{57} = 0$; No utilizar la variante de corte No.57.

$X_{58} = 0$; No utilizar la variante de corte No.58.

$X_{59} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.59.

Se obtienen 3 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 73.7 m².

32. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.1, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 32.1:

$X_{60} = 0$; No utilizar la variante de corte No.60.

$X_{61} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.61.

$X_{62} = 0$; No utilizar la variante de corte No.62.

Se obtienen 2 000 formatos 1.1; 1 000 formatos 2.1 y 1000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 27.6 m².

33. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.2, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 33.1:

$X_{63} = 0$; No utilizar la variante de corte No.63.

$X_{64} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.64.

$X_{65} = 0$; No utilizar la variante de corte No.65.

Se obtienen 2 000 formatos 1.1; 1 000 formatos 2.1 y 1000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 27.4 m².

34. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.3, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 34.1:

$X_{66} = 0$; No utilizar la variante de corte No.66.

$X_{67} = 0$; No utilizar la variante de corte No.67.

$X_{68} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.68.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1 y 1 000 formatos 2.1 y 3 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 71.4 m².

35. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.1, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 35.1:

$X_{69} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.69.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1; 1 000 formatos 2.2 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 144.8 m².

36. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.2, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 36.1:

$X_{70} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.70.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1; 1 000 formatos 2.2 y 2 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 21.4 m².

37. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.3, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 37.1:

$X_{71} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.71.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1; 1 000 formatos 2.2 y 2 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 118.2 m².

38. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.1, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 38.1:

$X_{72} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.72.

$X_{73} = 0$; No utilizar la variante de corte No.73.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1; 2 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 19.8 m².

39. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.2, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 39.1:

$X_{74} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.74.

$X_{75} = 0$; No utilizar la variante de corte No.75.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1; 2 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 19.6 m².

40. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.3, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 40.1:

$X_{76} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.76.

$X_{77} = 0$; No utilizar la variante de corte No.77.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1; 2 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 68 m².

41. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.1, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 41.1:

$X_{78} = 0$; No utilizar la variante de corte No.78.

$X_{79} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.79.

$X_{80} = 0$; No utilizar la variante de corte No.80.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 2 000 formatos 2.1 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 87 m².

42. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.2 ,y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 42.1:

$X_{81} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.81.

$X_{82} = 0$; No utilizar la variante de corte No.82.

$X_{83} = 0$; No utilizar la variante de corte No.83.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 2 000 formatos 2.1 y 1 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 86.8 m².

43. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.3, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 43.1:

$X_{84} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.84.

$X_{85} = 0$; No utilizar la variante de corte No.85.

$X_{86} = 0$; No utilizar la variante de corte No.86.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 2 000 formatos 2.1 y 1 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 135.2 m².

44. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.1, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 44.1:

$X_{87} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.87.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 1 000 formatos 2.2 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 185 m².

45. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.2, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 45.1:

$X_{88} = 0$; No utilizar la variante de corte No.88.

$X_{89} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.89.

Se obtienen 2 000 formatos 1.2; 1 000 formatos 2.2 y 1 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 61.6 m².

46. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.3, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 46.1:

$X_{90} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.90.

$X_{91} = 0$; No utilizar la variante de corte No.91.

Se obtienen 2 000 formatos 1.2; 1 000 formatos 2.2 y 1 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 128.2 m².

47. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.1, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 47.1:

$X_{92} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.92.

$X_{93} = 0$; No utilizar la variante de corte No.93.

$X_{94} = 0$; No utilizar la variante de corte No.94.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 2 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 60 m².

48. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.2, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 48.1:

$X_{95} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.95.

$X_{96} = 0$; No utilizar la variante de corte No.96.

$X_{97} = 0$; No utilizar la variante de corte No.97.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 2 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 59.8 m².

49. En este modelo se tiene en cuenta que estén funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.3, y que se presenten las siguientes situaciones:

➤ Modelo 49.1:

$X_{98} = 0$; No utilizar la variante de corte No.98.

$X_{99} = 0$; No utilizar la variante de corte No.99.

$X_{100} = 1$; Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.100.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 1 000 formatos 2.3 y 3 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 98.1 m².

3.2 Confirmación de la idea defendida.

En la introducción de este trabajo se planteó como idea a defender lo siguiente:

“la utilización de la modelación matemática asociada a las técnicas de computación es un método para fundamentar la forma de realizar la preparación del plan de corte a ejecutar en

la guillotina satisfaciendo los requerimientos productivos y minimizando el desperdicio de papel”.

A continuación, para comenzar este epígrafe, se ofrece una información relacionada con el costo por metro cuadrado según el precio de cada tipo de hoja (Primera hoja (blanca); Segunda hoja (amarilla, verde, azul); Tercera hoja (rosada)).

- ✓ Primera hoja (color blanco).
- Precio de la resma (500 pliegos): \$ 47.52 (CUC).
- Área del pliego: 0.598 m².
- Costo (por m² de materia prima): \$ 0.16 (CUC) (A continuación se presenta, a modo de ejemplo, como se realizó el cálculo).

$$\frac{47.52}{500} = 0.09504 \text{ (Costo de un pliego).}$$

$$\frac{0.09504}{0.598} \approx 0.16 \text{ (Costo del m}^2 \text{ de materia prima)}$$

- ✓ Segunda hoja (color amarillo, verde o azul).
- Precio de la resma: \$ 52.38
- Área del pliego: 0.598 m².
- Costo (por m² de materia prima): \$ 0.18
- ✓ Tercera hoja (color rosado).
- Precio de la resma: \$ 44.90
- Área del pliego: 0.598 m².
- Costo (por m² de materia prima): \$ 0.15

Ahora se presentan importantes elementos, que se obtiene como resultado, después de modelar matemáticamente cada situación y procesar con un paquete de programas computacionales las mismas. Esta segunda parte del presente epígrafe se convierte en argumento irrefutable que tiene el tecnólogo a la hora de preparar el plan de corte a ejecutar en la guillotina satisfaciendo los requerimientos productivos y minimizando el desperdicio de papel autocopiativo, lo que permite organizar y controlar la tarea conociendo de antemano resultados importantes relacionados con la misma.

Se presenta, para cada caso, la forma de realizar el corte de papel autocopiativo y el costo total del desperdicio teniendo en cuenta la solicitud del cliente de bloc con una, dos, tres o cuatro copias.

1. Funcionando solo la máquina F1 (Rioby); formato 1.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.1.

Se obtienen 2 000 formatos 1.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 276.6 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 42.88.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 113.52.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 92.67.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 241.39.

2. Funcionando solo la máquina F1 (Rioby); formato 1.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.2.

Se obtienen 4 000 formatos 1.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 147 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 22.79.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 72.03.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 49.25.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 124.94.

3. Funcionando solo la máquina F2 (Sor M); formato 2.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.3.

Se obtienen 4 000 formatos 2.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 63 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 9.77.

- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 30.87.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 21.11.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 53.55.

4. Funcionando solo la máquina F2 (Sor M); formato 2.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.4.

Se obtienen 2 000 formatos 2.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 259 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 40.15.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 126.41.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 86.77.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 199.44.

5. Funcionando solo la máquina F2 (Sor M); formato 2.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.5.

Se obtienen 4 000 formatos 2.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 9 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 1.4.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 4.41.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 3.02.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 7.65.

6. Funcionando solo la máquina F2 (Sor M); formato 2.4.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.6.

Se obtienen 1 000 formatos 2.4, con un desperdicio mínimo de materia prima de 217 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 33.64.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 106.33.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 72.7.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 184.45.

7. Funcionando solo la máquina F2 (Sor M); formato 2.5.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.7.

Se obtienen 1 000 formatos 2.5, con un desperdicio mínimo de materia prima de 175 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 27.13.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 85.75.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 58.63.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 148.75.

8. Funcionando solo la máquina F3 (GTO); formato 3.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.8.

Se obtienen 4 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 75 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 11.63.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 98.43.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 86.81.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 248.79.

9. Funcionando solo la máquina F3 (GTO); formato 3.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.9.

Se obtienen 4 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 74.2 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 11.51.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 36.36.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 24.87.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 63.08.

10. Funcionando solo la máquina F3 (GTO); formato 3.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.10.

Se obtienen 6 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 118.2 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 18.33.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 57.92.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 39.61.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 100.48.

11. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F2 (Sor M), formato 2.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.12.

Se obtienen 2 000 formatos 1.1 y 2 000 formatos 2.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 24.6 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 4.09.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 12.06.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 8.52.

- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 20.92.

12. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F2 (Sor M), formato 2.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.13.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1 y 1 000 formatos 2.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 267.8 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 41.51.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 131.22.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 89.71.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 275.82.

13. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F2 (Sor M), formato 2.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.14.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1 y 2 000 formatos 2.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 142.8 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 22.13.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 69.97.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 47.83.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 121.37.

14. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F3 (GTO), formato 3.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.16.

Se obtienen 2 000 formatos 1.1 y 2 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 30.6 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo

\$ 4.75.

- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 15.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 10.26.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 26.02.

15. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F3 (GTO), formato 3.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.18.

Se obtienen 2 000 formatos 1.1 y 2 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 30.2 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 4.69.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 14.8.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 10.13.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 25.68.

16. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1 y F3 (GTO), formato 3.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.19.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1 y 4 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 122.6 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 19.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 60.08.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 41.07.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 104.22.

17. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F2 (Sor M), formato 2.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.21.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2 y 3 000 formatos 2.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 84 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 13.02.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 41.16.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 28.14.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 71.4.

18. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F2 (Sor M), formato 2.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.24.

Se obtienen 2 000 formatos 1.2 y 1 000 formatos 2.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 203 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 31.47.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 99.47.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 68.01.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 172.55.

19. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F2 (Sor M), formato 2.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.25.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2 y 3 000 formatos 2.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 43.5 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 6.74.

- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 21.32.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 14.57.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 36.98.

20. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F3 (GTO), formato 3.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.28.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2 y 3 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 93 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 14.42.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 45.57.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 31.16.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 79.05.

21. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F3 (GTO), formato 3.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.31.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2 y 3 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 92.4 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 14.32.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 45.57.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 30.95.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 78.53.

22. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2 y F3 (GTO), formato 3.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.36.

Se obtienen 3 000 formatos 1.2 y 2 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 102.4 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 15.87.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 50.17.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 34.3.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 87.03.

23. Funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.39.

Se obtienen 3 000 formatos 2.1 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 66 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 10.23.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 32.34.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 22.11.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 56.1.

24. Funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.42.

Se obtienen 3 000 formatos 2.1 y 1 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 65.8 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 10.2.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 32.23.

- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 22.04.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 55.91.

25. Funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.45.

Se obtienen 3 000 formatos 2.1 y 1 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 114.2 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 17.71.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 55.96.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 38.27.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 97.08.

26. Funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.46.

Se obtienen 1 000 formatos 2.2 y 2 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 167 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 25.89.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 81.83.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 55.95.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 141.95.

27. Funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.48.

Se obtienen 2 000 formatos 2.2 y 2 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 12.6 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 1.95.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 6.18.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 4.22.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 10.72.

28. Funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.50.

Se obtienen 2 000 formatos 2.2 y 2 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 109.4 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 16.96.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 53.6.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 36.65.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 92.98.

29. Funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.53.

Se obtienen 3 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 25.5 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 3.95.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 12.5.

- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 8.54.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 21.68.

30. Funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.56.

Se obtienen 3 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 25.3 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 14.82.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 12.39.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 19.37.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 21.49.

31. Funcionando las máquinas F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.59.

Se obtienen 3 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 73.7 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 11.43.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 36.12.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 24.7.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 62.66.

32. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.61.

Se obtienen 2 000 formatos 1.1; 1 000 formatos 2.1 y 1000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 27.6 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 4.28.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 13.53.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 9.25.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 23.47.

33. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.64.

Se obtienen 2 000 formatos 1.1; 1 000 formatos 2.1 y 1000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 27.4 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 4.25.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 13.42.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 9.18.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 23.28.

34. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.68.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1 y 1 000 formatos 2.1 y 3 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 71.4 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 11.07.

- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 34.98.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 23.92.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 60.68.

35. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.69.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1; 1 000 formatos 2.2 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 144.8 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 22.44.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 70.95.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 48.5.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 123.07.

36. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.70.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1; 1 000 formatos 2.2 y 2 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 21.4 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 3.32.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 10.24.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 6.93.

- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 17.46.

37. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.71.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1; 1 000 formatos 2.2 y 2 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 118.2 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 18.33.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 57.92.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 39.61.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 100.44.

38. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.72.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1; 2 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 19.8 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 3.03.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 9.7.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 6.59.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 16.82.

39. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.74.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1; 2 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 19.6 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 3.04.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 9.61.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 6.57.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 16.67.

40. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.1, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.76.

Se obtienen 1 000 formatos 1.1; 2 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 68 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$10.5.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 33.32.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 22.74.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 57.8.

41. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.79.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 2 000 formatos 2.1 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 87 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$13.49.

- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 42.63.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 29.15.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 73.95.

42. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.81.

$X_{82} = 0$; No utilizar la variante de corte No.82.

$X_{83} = 0$; No utilizar la variante de corte No.83.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 2 000 formatos 2.1 y 1 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 86.8 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 13.45.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 42.53.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 29.07.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 73.77.

43. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.1 y F3 (GTO), formato 3.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.84.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 2 000 formatos 2.1 y 1 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 135.2 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 20.96.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 66.25.

- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 45.3.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 114.93.

44. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.87.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 1 000 formatos 2.2 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 185 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 28.68.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 90.65.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 61.98.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 157.25.

45. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.89.

Se obtienen 2 000 formatos 1.2; 1 000 formatos 2.2 y 1 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 61.6 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 9.55.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 30.19.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 20.64.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 52.37.

46. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.2 y F3 (GTO), formato 3.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.90.

Se obtienen 2 000 formatos 1.2; 1 000 formatos 2.2 y 1 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 128.2 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 19.88.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 62.82.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 42.96.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 108.98.

47. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.1.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.92.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 2 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.1, con un desperdicio mínimo de materia prima de 60 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 9.3.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 29.4.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 20.1.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 51.

48. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.2.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.95.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 2 000 formatos 2.3 y 1 000 formatos 3.2, con un desperdicio mínimo de materia prima de 59.8 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 9.27.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 29.3.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 20.03.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 50.82.

49. Funcionando las máquinas F1 (Rioby), formato 1.2, F2 (Sor M), formato 2.3 y F3 (GTO), formato 3.3.

Cortar 1 paquete de 1 000 pliegos de 65 cm. x 92 cm. según la variante de corte No.100.

Se obtienen 1 000 formatos 1.2; 1 000 formatos 2.3 y 3 000 formatos 3.3, con un desperdicio mínimo de materia prima de 98.1 m².

- Original y una copia: Cortar una resma de la primera hoja y una de la tercera. Costo \$ 15.21.
- Original y dos copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno segunda y uno de la tercera. Costo \$ 48.08.
- Original y tres copias: Cortar una resma de la primera hoja; una de una segunda; una de otra segunda y una de la tercera. Costo \$ 32.87.
- Original y cuatro copias: Cortar un lote de la primera hoja; uno de cada una de la segunda y uno de la tercera. Costo \$ 83.4.

Conclusiones del capítulo 3.

Podemos concluir este capítulo diciendo que después de procesados los modelos en el paquete de programa computacional correspondiente e interpretadas las soluciones aparece una fundamentación para establecer los planes de corte de los formatos para pliegos de papel autocopiativo de 65 cm. x 92 cm. con un criterio de optimización de minimizar los desperdicios. También con la valoración realizada en la segunda parte del capítulo se puede notar la positiva influencia de utilizar la modelación matemática asociada la computación en la programación del proceso de corte.

Lo analizado finalmente en este capítulo permite llegar a las conclusiones y recomendaciones que se presentarán posteriormente.

CONCLUSIONES

Conclusiones

Teniendo en consideración el análisis realizado en este trabajo se llegaron a las siguientes conclusiones:

- ✓ La utilización de métodos matemáticos asociados a las técnicas de computación, constituye una vía necesaria para ejecutar los procesos de corte de papel autocopiativo en el Poligráfico de Cienfuegos perteneciente al MINIL. El plan de corte, cuando sea adquirido el papel autocopiativo por la empresa, no debe ser elaborado de forma empírica a partir de la experiencia de los guillotineros solamente sino vinculando esta con la modelación matemática y la utilización de la computación, pues permite un mejor aprovechamiento de la materia prima y constituye un paso de avance en la organización y control del trabajo en el proceso de corte.
- ✓ Las variantes de corte obtenidas por el autor con la realización de este trabajo deben ser consideradas por los guillotineros en el proceso de corte de papel autocopiativo.
- ✓ El análisis realizado para los pliegos de 65 cm. x 92 cm. puede ser extendido a materias primas de otras longitudes, si hay disponibilidad de adquisición, en función de valorar la posibilidad que la empresa convenie con el proveedor adquisiciones de otras longitudes, o para fundamentar que la estudiada es la adecuada.
- ✓ El informe de este trabajo se puede convertir en un documento de consulta para la dirección de la empresa Poligráfica de Cienfuegos (cuando comience a procesar este tipo de papel) e incluso para otras que desarrollen actividades similares en función de

influir en la toma de decisiones relacionadas con la ejecución de los planes de corte de papel autocopiativo.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones

Se considera oportuno, teniendo en consideración los resultados del trabajo investigativo realizado, ofrecer las siguientes recomendaciones:

- ✓ Utilizar los métodos matemáticos asociados a las técnicas de computación en la dirección de los procesos de corte de papel autopiático (cuando sea adquirido) en la Empresa Gráfica de Cienfuegos.
- ✓ Elaborar los planes de corte de papel autopiático para los diez tipos de formato que se cortan a partir de pliegos de 65 cm. x 92 cm. vinculando la experiencia empírica que pueda tener el guillotiner con la utilización de métodos matemáticos y técnicas computacionales. Utilizar la expresión general del modelo presentado en la determinación del programa de corte cuando la situación que se presente lo requiera.
- ✓ Tener presente en la labor que realizará el guillotiner (sin dejar de considerar las que pueden aparecer en el futuro) las variantes de corte de formatos obtenidas en este trabajo.
- ✓ Desarrollar un análisis similar al realizado para los pliegos de 65 cm. x 92 cm. para materias primas de otras longitudes que pudieran ser suministradas por el proveedor en función de valorar la posibilidad que la empresa convenie con estas adquisiciones de otras medidas, o para fundamentar que la analizada en este trabajo está debidamente fundamentada.
- ✓ Utilizar el informe de este trabajo investigativo como documento de consulta para la empresa cuando comience el quehacer productivo para el papel autopiático y desarrollar seminarios con los directivos que están relacionados con la actividad en caso que se considere necesario.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Bueno E: El método de modelación. Revista Economía y Desarrollo. (La Habana) 3, (10): 32 –54, Julio / Agosto de 1974.
- De León Rodríguez, Rubén. Optimización del proceso de corte de papel. Tomado De: <http://intranet.ucf.edu.cu/anuario/2004/informatica.html>, 8 de marzo del 2007.
- De León Rodríguez, Rubén. La programación matemática en la optimización de corte de materiales. Tomado De: <http://intranet.ucf.edu.cu/anuario/2006/informatica.htm>, 20 de mayo del 2007.
- De León Rodríguez, Narciso Rubén. Métodos Matemáticos en la Dirección de los procesos de Corte de Materiales/ Narciso Rubén De León Rodríguez; Dr. Lic. Manuel E. Cortés Cortés, tutor. – – Tesis en Opción al Grado Científico de Máster en Matemática Aplicada, Universidad de Cienfuegos (Cf), 1996. – – 67 h.: ilus.
- Felipe, Pilar. Modelos Matemáticos para La Elaboración y Fundamentación del Plan de Producción. Revista Economía y Desarrollo. (La Habana) 2 (71): 51- 66, mayo de 1982.
- Fernández Morales, Alexis. Análisis del proceso de corte de cristales en la fábrica de espejos Lunasur/ Alexis Fernández Morales; Narciso Rubén de León Rodríguez, tutor. – – Trabajo de Diploma, Universidad de Cienfuegos (Cf), 1995. – – 60 h.: ilus.
- Fernández Zapico, José Manuel. El papel y otros soportes de impresión. / José Manuel Fernández Zapico. – – Cienfuegos: Fundación Industrias Gráficas, [s.a]. – – 90 p.
- Funes Piñeiro, Héctor Lázaro. Optimización del Proceso de corte de cartulina en la Empresa Gráfica de Cienfuegos. / Héctor Lázaro Funes Piñeiro; M.Sc Rubén de León Rodríguez, tutor. – – Trabajo de Diploma, Universidad de Cienfuegos (Cf), 2006. – – 66h.:ilus.
- González, CII. Modelación Matemática de los Procesos Económicos en la Agricultura. / CII González, J Bresó. – – La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1987. – – 95p.
- Guerra, F. Sistema de Optimización de corte de Piezas Unidimensionales. Revista Economía y Desarrollo. (La Habana) 10, (2): 89 – 96, Diciembre de 1989.
- Hideki Yanasse, Horacio. Aplicaciones de la combinatoria para la optimización en la Industria./ Horacio Hideki Yanasse. – – [s.l]: [s.n], 2004. – –13p.

- Hillier, F. Introducción a la Investigación de Operaciones. / F Hillier, G Lieberman. -- México: Editorial Mc Grau – Hill, 1995. -- 995p.
- Kantorovich, L. Métodos Matemáticos de Organización y Planificación de la Producción. / L Kantorovich. -- Moscú: Editorial Leningrado, 1939. --128 p.
- Kaufman, A. Métodos y Modelos de la Investigación de Operaciones. / A Kaufman. -- La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1979. -- 378p.
- Métodos Cuantitativos para la toma de decisiones en administración --[s.l.]: [s.n.], 1996. -- 615p.
- Morales Herrera, Jean Paul. Optimización del proceso de corte de papel en la Empresa Gráfica de Cienfuegos/ Jean Paul Morales Herrera; M.Sc Rubén de León Rodríguez, tutor. -- Trabajo de Diploma, Universidad de Cienfuegos (Cf), 2004. -- 50 h.: ilus.
- Morales Pita, Antonio E. Metodología de la Modelación Económico-Matemática/ Antonio E. Morales Pita. -- La Habana: Editorial Científico Técnica, 1984. --173p.
- Otero Durán, Dania. Modelos Económicos Matemáticos: Apuntes/ Dania Otero Durán, Pilar Felipe Valdés, Enrique Rodríguez Corominas. -- La Habana: Editorial Universidad de La Habana, 1980. -- 360p.
- Portela, J. Programación Matemática II. / J Portela, J Sánchez. -- La Habana: ISDE, 1985. -- 114p.
- Portela Silva, José M. Modelos Económicos Matemáticos/ José M. Portela Silva, Vladimir Kuzmich Artemenko. -- La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1989. -- 223p.
- Programación Matemática I. / Luís Leyva... [et.al.]. -- La Habana: Editorial ENPES, 1983. -- 326p.
- Programación Matemática I. / Pilar Felipe Valdés... [et.al.]. -- La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1987. -- 351p.
- Relaciones Tinta: Papel III, IV, V. / Rogelio Gómez... [et.al.]. -- [s.l.]: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Terrassa, 1988. -- 167p.
- Taha, II. Investigación de Operaciones. / II Taha. -- Méjico: Ediciones Alfaomega. SA, 1993. -- 317p.
- The Cutting-Stock Problem: An Application of Integer Linear Programming. Tomado De: <http://www-fp.mcs.anl.gov/otc/GUIDE/CaseStudies/cutting/index.html>, 15 de abril del 2007.

Terry Leonard, Eneida A. Un procedimiento matemático para la optimización del proceso de corte de papel en la Empresa Gráfica de Cienfuegos/ Eneida A. Terry Leonard; M.Sc. Rubén de León Rodríguez tutor. -- Tesis en Opción al Grado Científico de Máster en Matemática Aplicada, Universidad de Cienfuegos (Cf), 2004. -- 73 h.: ilus.

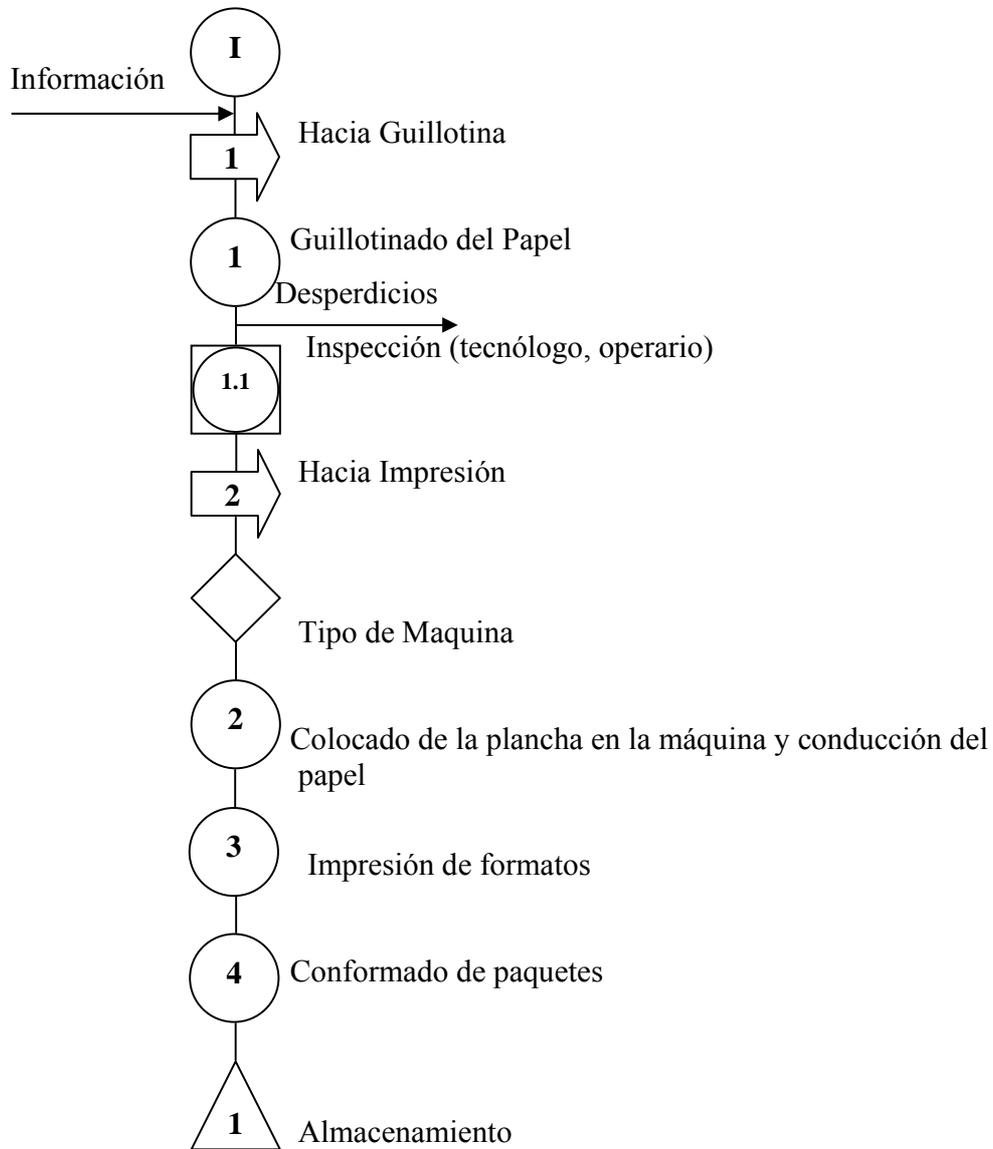
Voronov, A. A. La investigación de las Operaciones y las tareas de producción/ A. A. Voronov. -- La Habana: Editorial de Ciencias Sociales, 1980. -- 196p.

ANEXOS

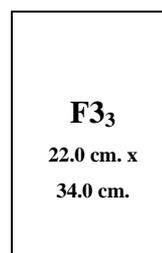
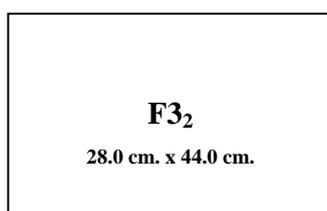
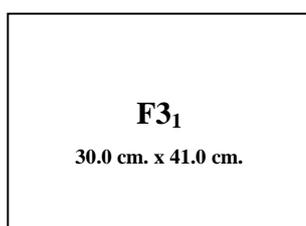
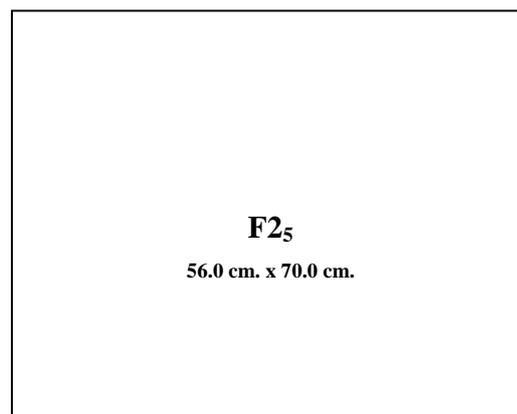
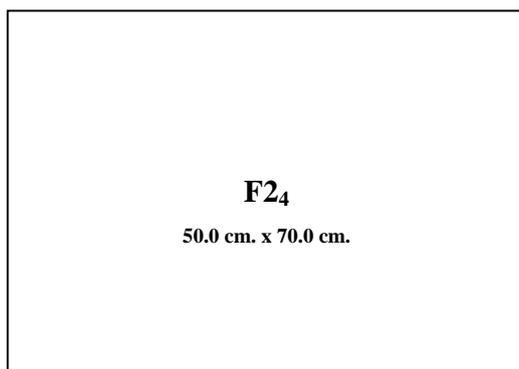
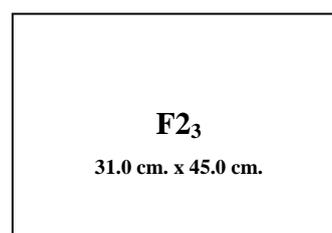
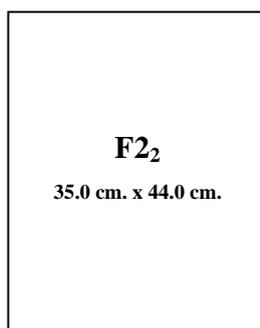
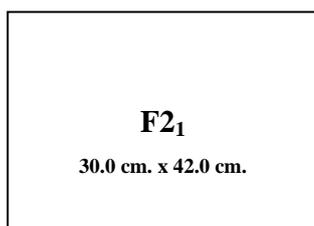
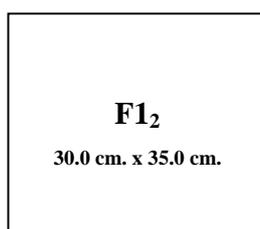
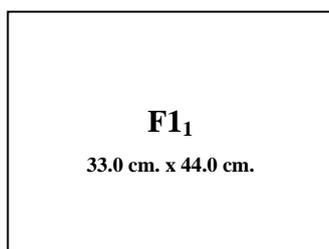
Anexo # 1: Características técnicas de las máquinas impresoras.

Especificaciones Técnicas.	Tipo de Máquina.		
	Modelo: GTO – 52. Año de fabricación: 1979. País: Alemania.	Modelo: Rioby. Año de fabricación: 1982. País: Alemania.	Modelo: Sor M. Año de fabricación: 1980 País: Alemania.
Formato máximo	36 x 52 cm	38 x 56 cm	60 x 72 cm
Formato máximo en impresión de tiro y retiro	32 x 52 cm	34 x 56 cm	56 x 72 cm
Superficie de impresión máximo	34 x 50 cm	36 x 52 cm	58 x 70 cm
Formato mínimo	10.5 x 18 cm.	12.5 x 16.5 cm.	30 x 40 cm.
Formato mínimo en impresión de tiro y retiro	14 x 18 cm.	16 x 18 cm.	28 x 40cm
Con dispositivo especial (solo para impresión de tiro)	8.5 x 14 cm.	9.5 x 16 cm.	32.5 x 51 cm.
Mandos para las pinzas graduables	8 a 10 mm	8 a 10 mm	12 a 14 mm
Planchas offset	Largo 400 , ancho 510 (mm)	Largo 450, ancho 615 (mm)	Largo 600 ancho 800 (mm)
Grueso hasta	0.15 mm	0.15 mm	0.15 mm
Centro de la plancha hasta principio de impresión	34 mm	40 mm.	48 mm
Manta de caucho	520 x 445 mm	520 x 445 mm	520 x 445 mm
Grueso	1.9 mm	1.9 mm	1.9 mm
Rodillos dadores	4 por cuerpo impresor	4 por cuerpo impresor	4 por cuerpo impresor
	Diámetro 45, 47, 51 mm	Diámetro 46, 48, 53 mm	Diámetro 56, 57, 58 mm
Rodillos mojadores	2 por cuerpo impresor	2 por cuerpo impresor	2 por cuerpo impresor
	Diámetro 49 mm c/u	Diámetro 51 mm c/u	Diámetro 56 mm c/u
Potencia requerida	1.5 kw 3 diámetro	1.2 kw 2 diámetro	4.5 kw 6.5 diámetro
Dimensiones	Largo 1.27, ancho 1.26, alto 1.58 (m).	Largo 1.12, ancho 1.08, alto 0.92 (m).	Largo 2.1, ancho 1.30, alto 1.85 (m).
Velocidad máxima	8 000 pliegos/hora	6 000 pliegos/hora	10 000 pliegos/hora
Peso	1 152 Kg.	1 030 Kg.	2 650 Kg.

Anexo # 2: Diagrama de Flujo.

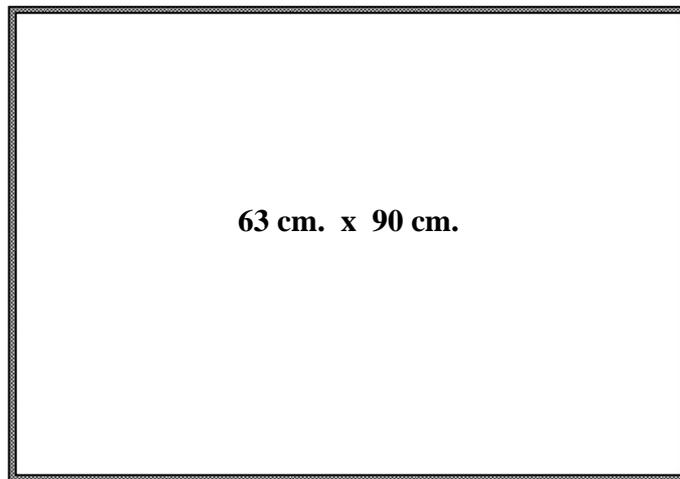


Anexo # 3: Tipos de formatos.



Escala 1 cm: 10 cm.

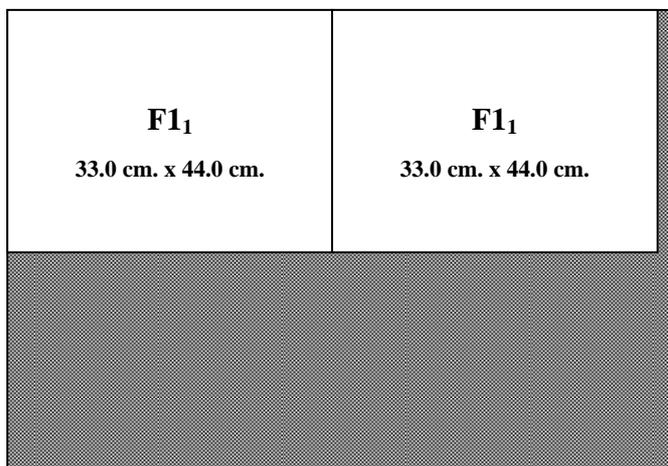
Anexo # 4: Tipo de materia prima.



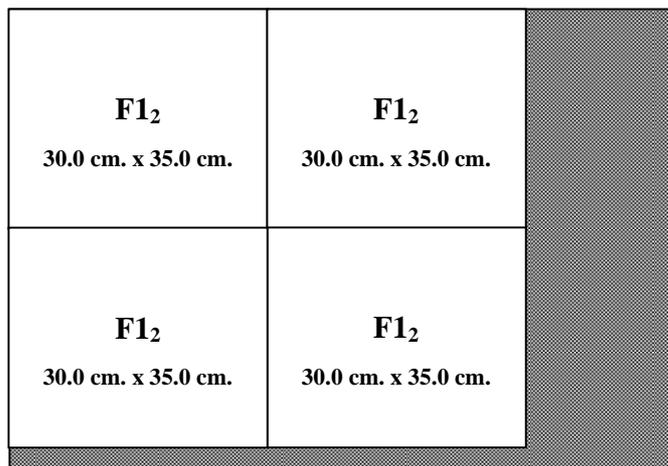
65 cm. x 92 cm.

Escala 1 cm: 10 cm.

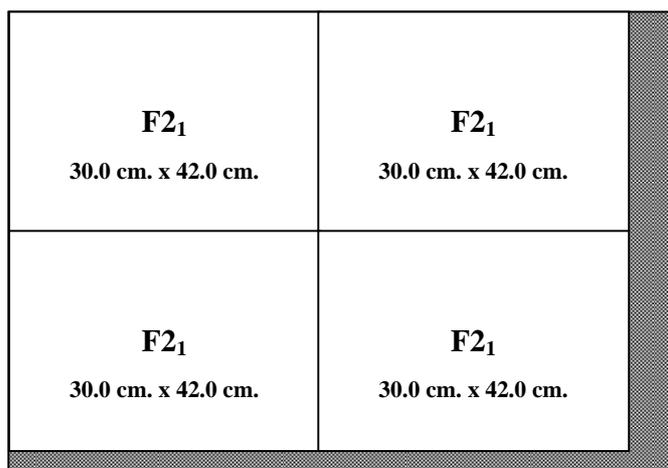
Anexo # 5: Variantes de Corte.



Variante de corte # 1 (X_1)
 $D_1 = 2766,0 \text{ cm}^2$



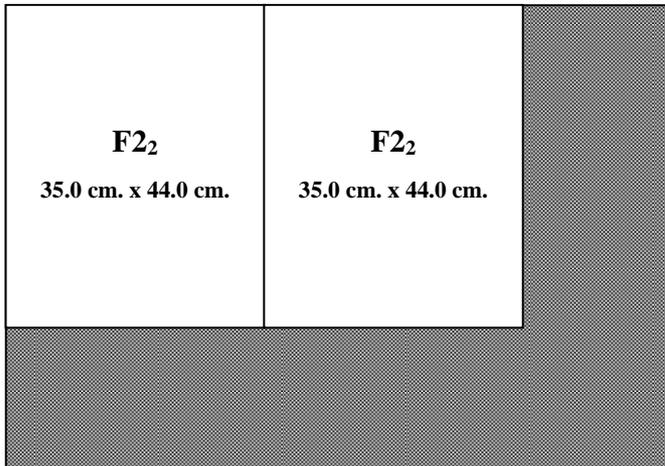
Variante de corte # 2 (X_2)
 $D_2 = 1470,0 \text{ cm}^2$



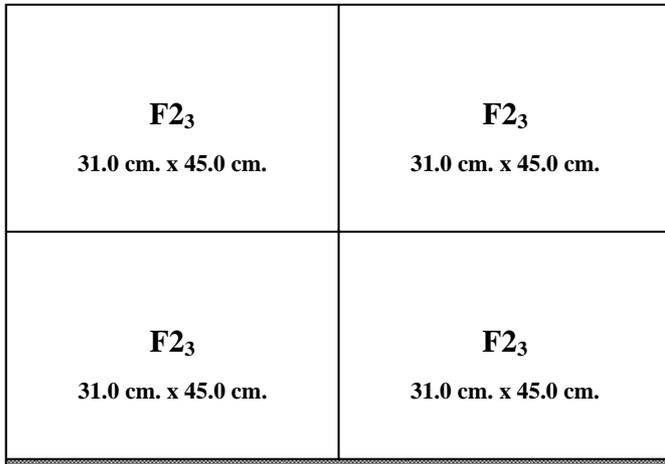
Variante de corte # 3 (X_3)
 $D_3 = 630,0 \text{ cm}^2$

Escala 1 cm: 10 cm.

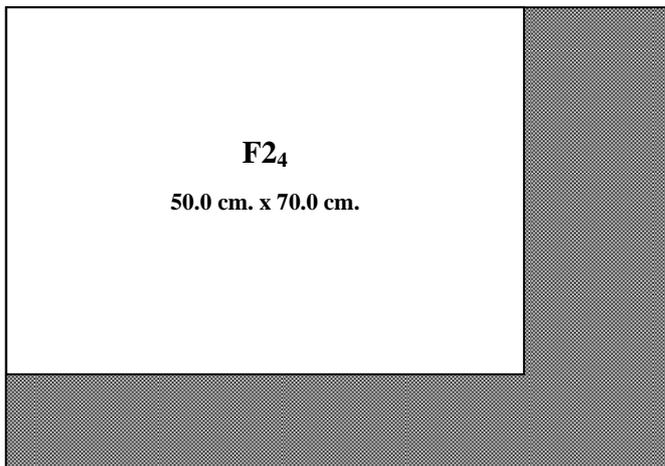
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 4 (X₄)
D₄= 2590,0 cm²



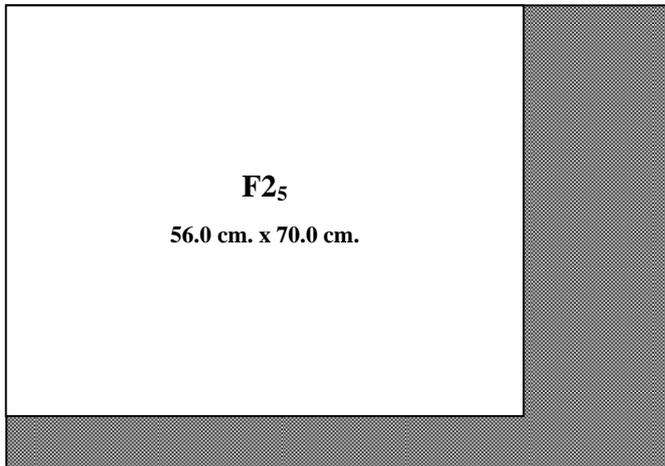
Variante de corte # 5 (X₅)
D₅= 90,0 cm²



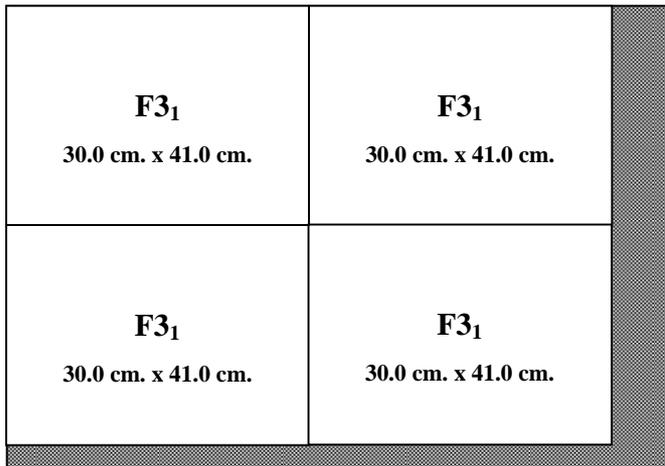
Variante de corte # 6 (X₆)
D₆= 2170,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

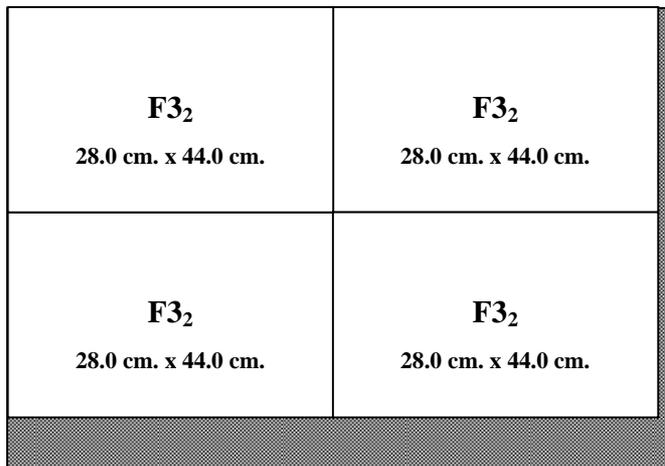
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 7 (X₇)
D₇= 1750,0 cm²



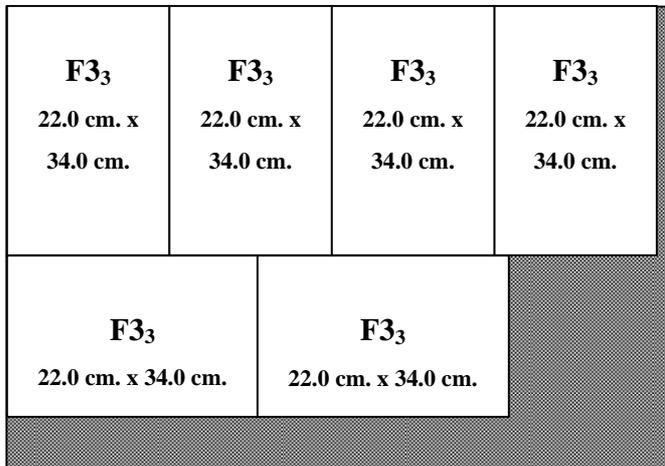
Variante de corte # 8 (X₈)
D₈= 750,0 cm²



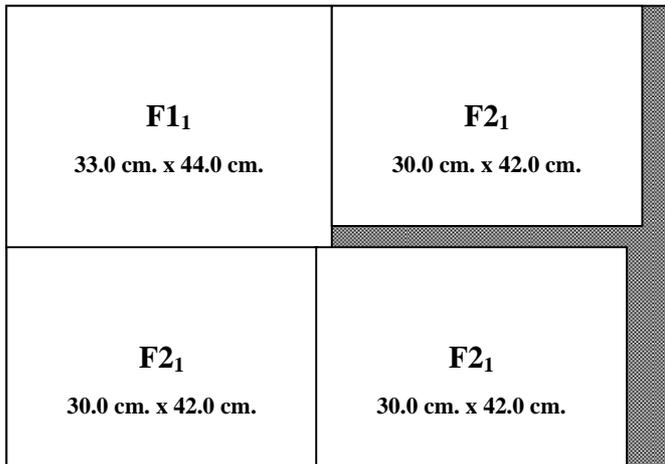
Variante de corte # 9 (X₉)
D₉= 742,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

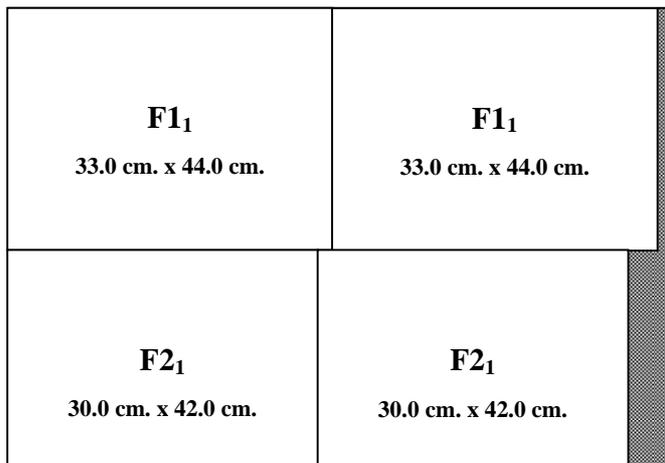
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 10 (X₁₀)
D₁₀= 1182,0 cm²



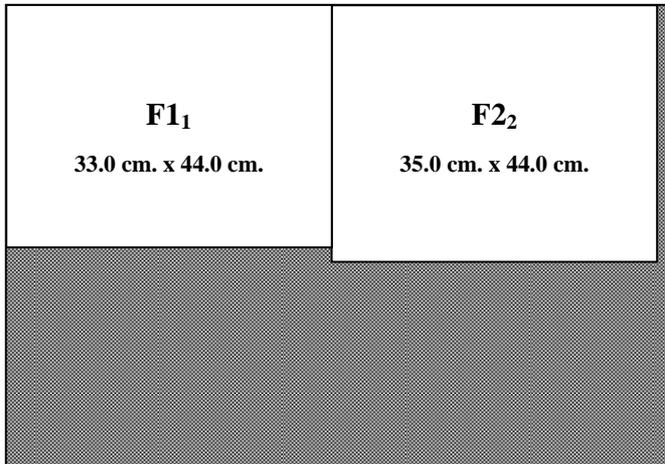
Variante de corte # 11 (X₁₁)
D₁₁= 438,0 cm²



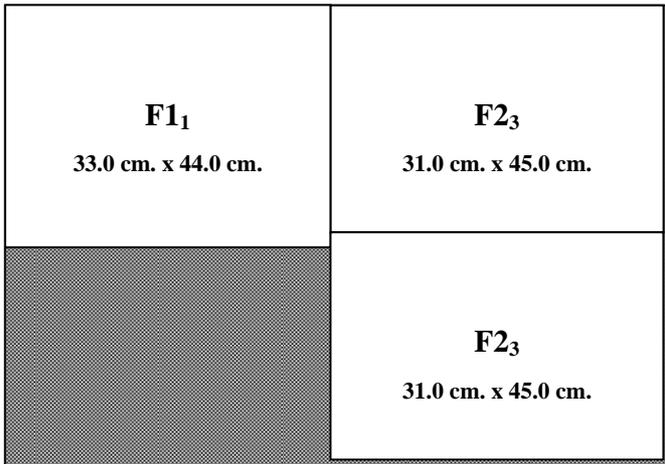
Variante de corte # 12 (X₁₂)
D₁₂= 246,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

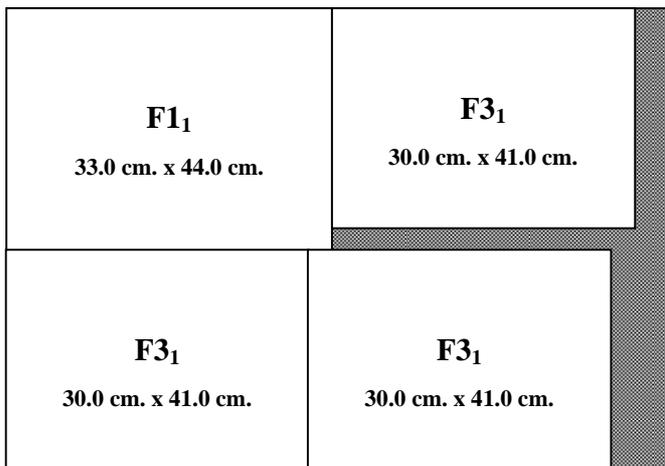
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 13 (X₁₃)
D₁₃= 2678,0 cm²



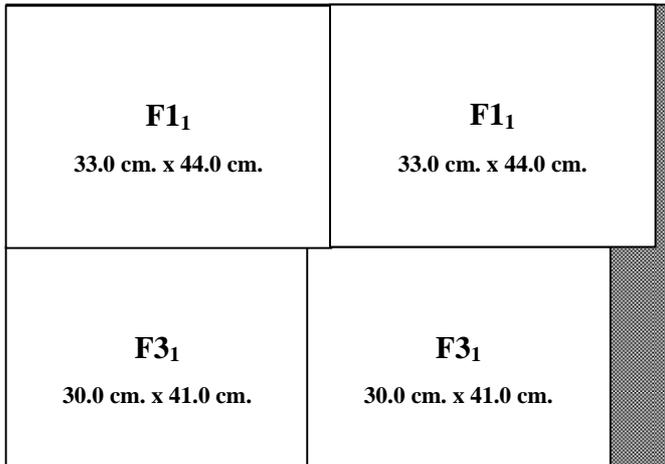
Variante de corte # 14 (X₁₄)
D₁₄= 1428,0 cm²



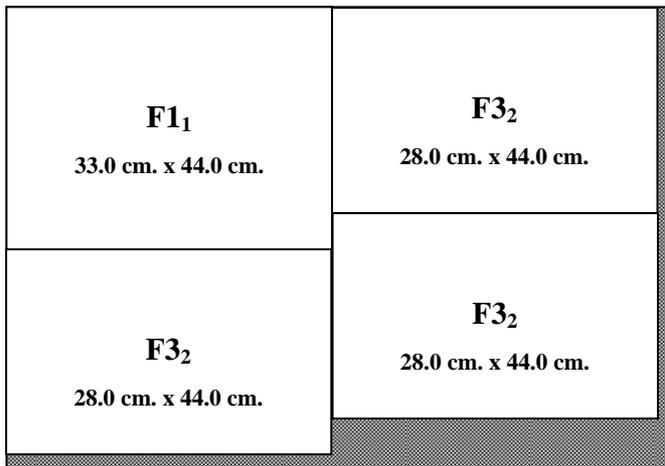
Variante de corte # 15 (X₁₅)
D₁₅= 528,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

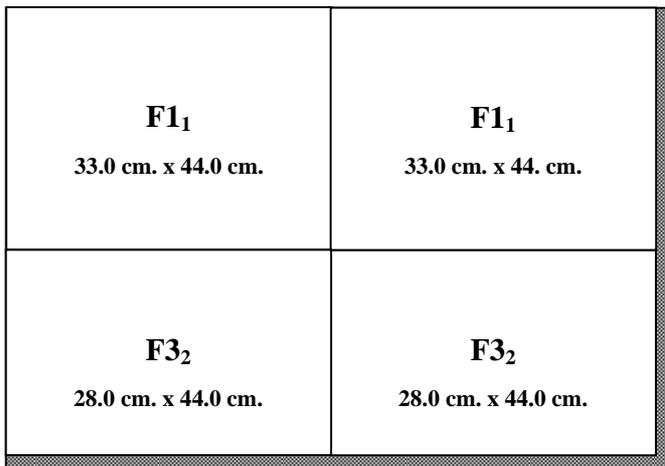
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 16 (X₁₆)
D₁₆= 306,0 cm²



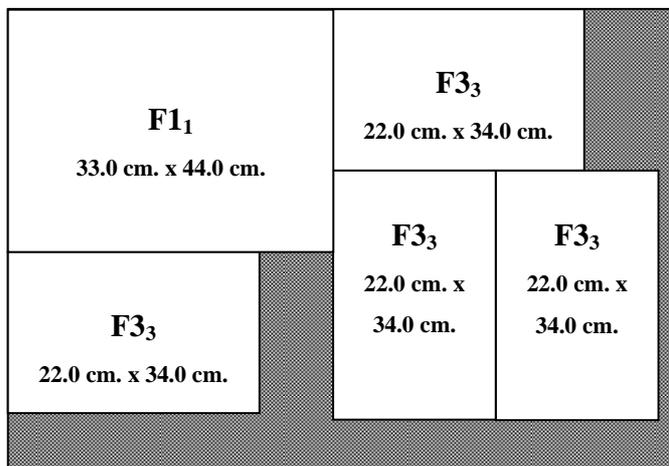
Variante de corte # 17 (X₁₇)
D₁₇= 522,0 cm²



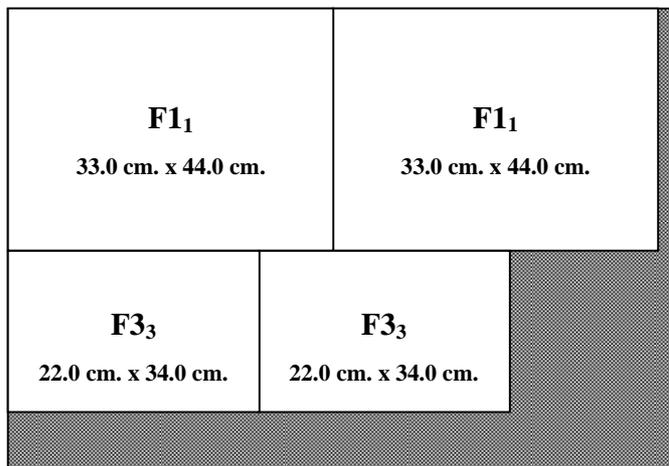
Variante de corte # 18 (X₁₈)
D₁₈= 302,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

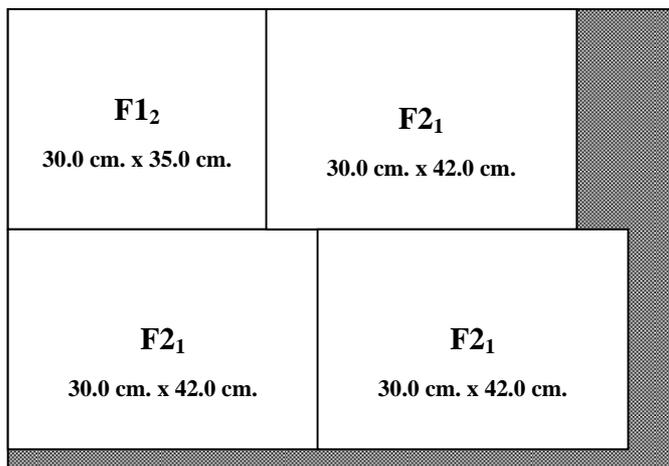
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 19 (X₁₉)
 $D_{19} = 1226,0 \text{ cm}^2$



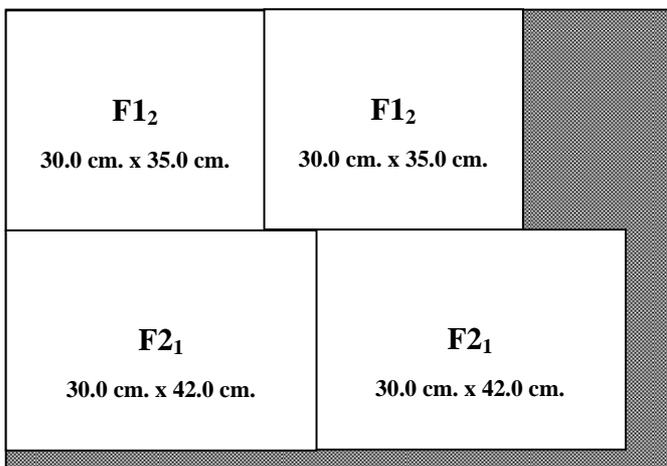
Variante de corte # 20 (X₂₀)
 $D_{20} = 1270,0 \text{ cm}^2$



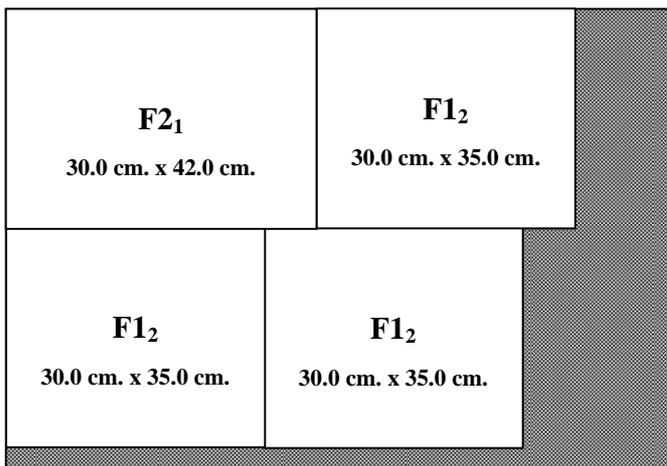
Variante de corte # 21 (X₂₁)
 $D_{21} = 840,0 \text{ cm}^2$

Escala 1 cm: 10 cm.

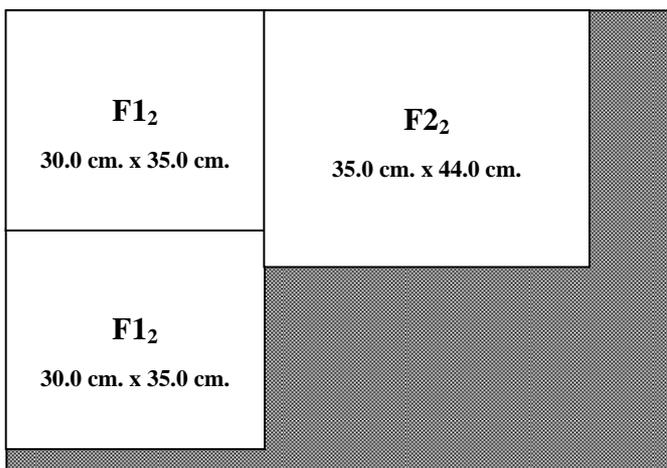
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 22 (X₂₂)
D₂₂= 1050,0 cm²



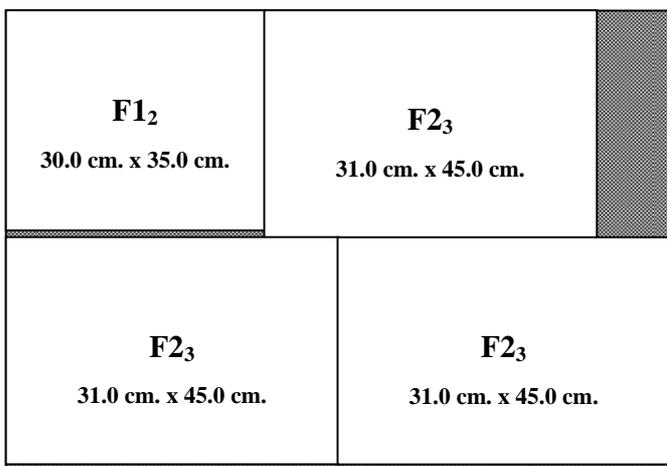
Variante de corte # 23 (X₂₃)
D₂₃= 1260,0 cm²



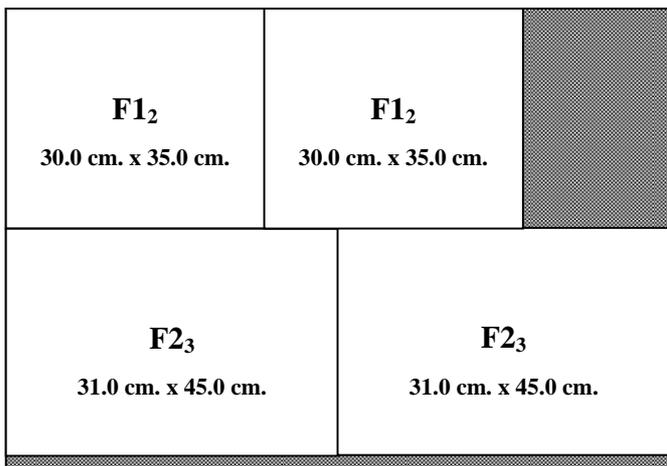
Variante de corte # 24 (X₂₄)
D₂₄= 2030,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

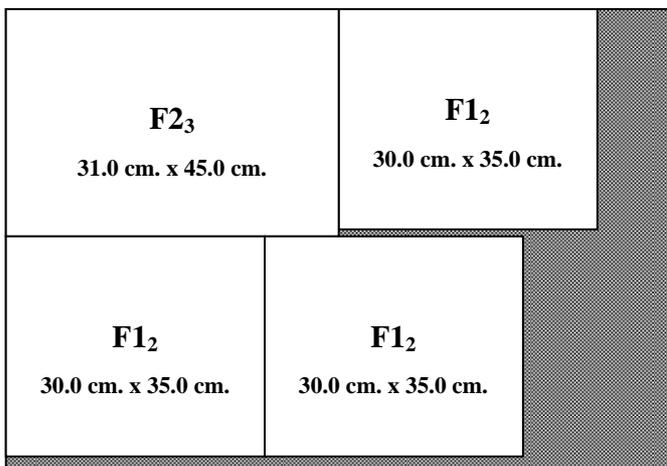
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 25 (X₂₅)
 $D_{25} = 435,0 \text{ cm}^2$



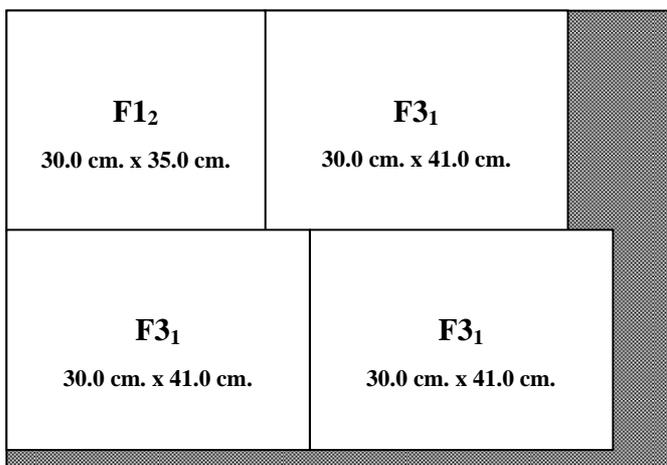
Variante de corte # 26 (X₂₆)
 $D_{26} = 780,0 \text{ cm}^2$



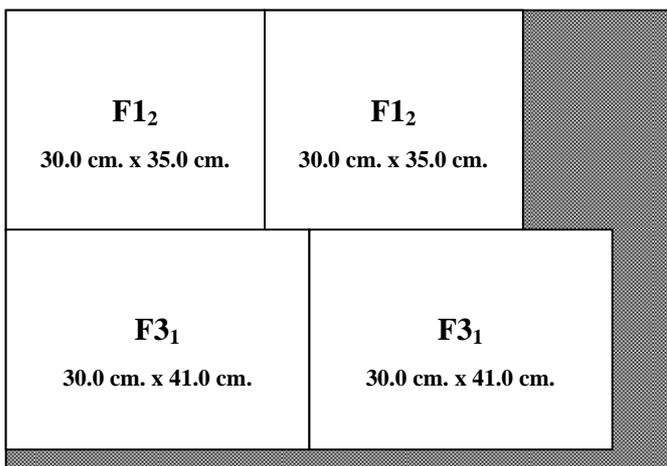
Variante de corte # 27 (X₂₇)
 $D_{27} = 1125,0 \text{ cm}^2$

Escala 1 cm: 10 cm.

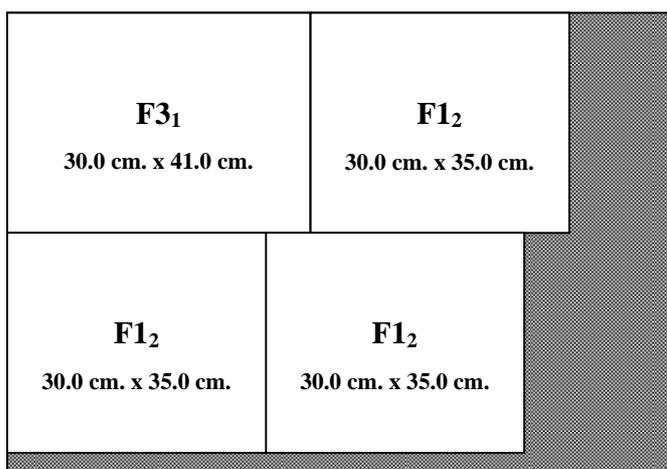
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 28 (X₂₈)
D₂₈= 930,0 cm²



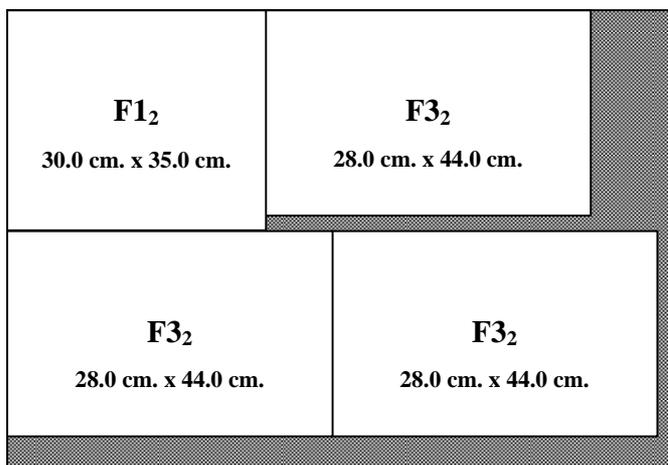
Variante de corte # 29 (X₂₉)
D₂₉= 1110,0 cm²



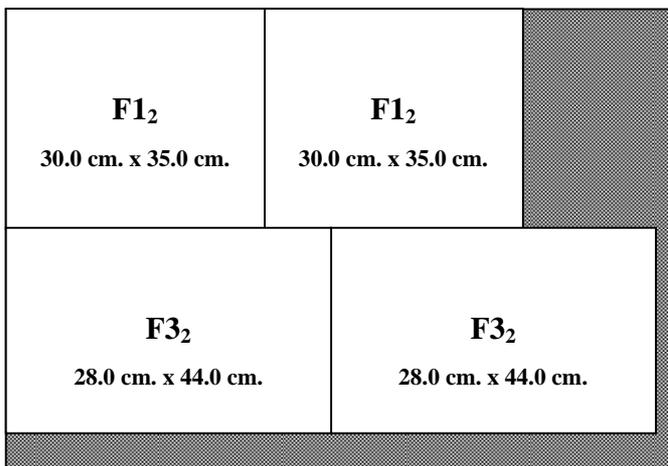
Variante de corte # 30 (X₃₀)
D₃₀= 1290,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

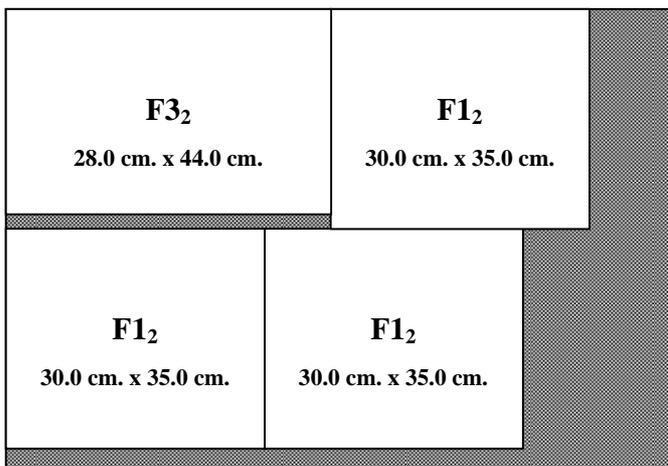
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 31 (X₃₁)
D₃₁= 924,0 cm²



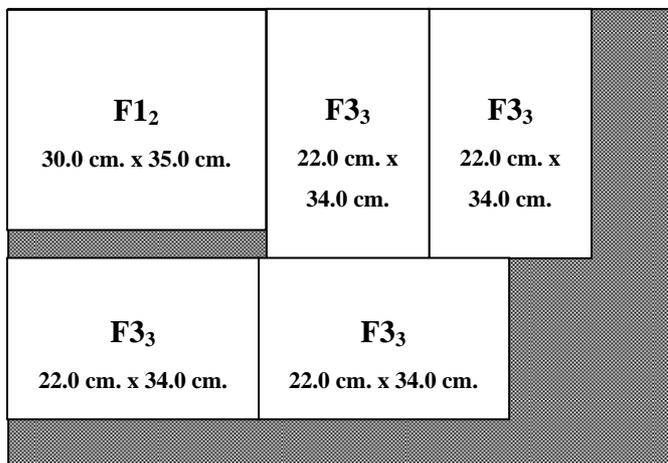
Variante de corte # 32 (X₃₂)
D₃₂= 1106,0 cm²



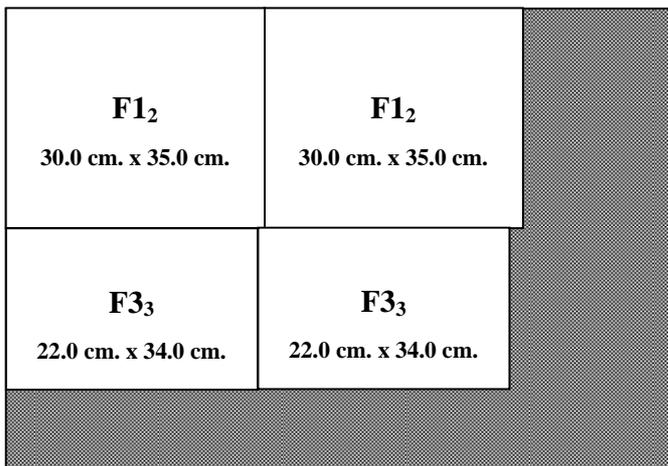
Variante de corte # 33 (X₃₃)
D₃₃= 1288,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

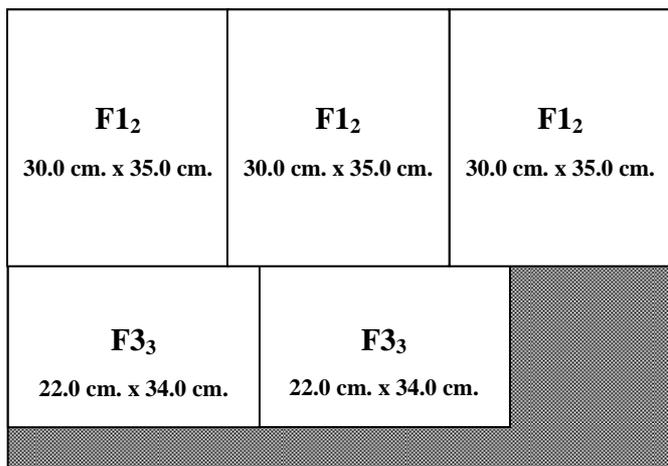
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 34 (X₃₄)
D₃₄= 1628,0 cm²



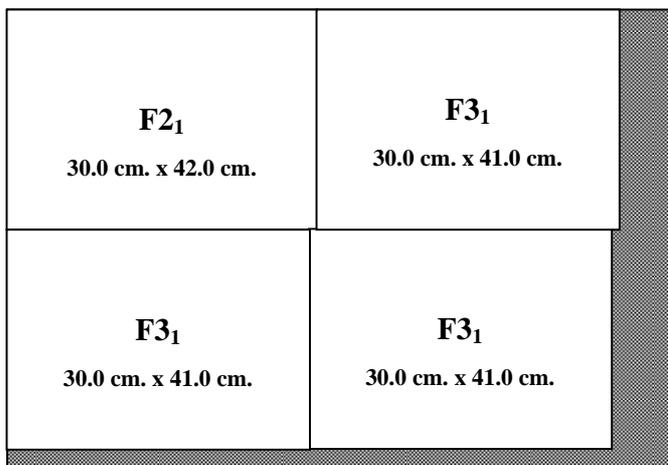
Variante de corte # 35 (X₃₅)
D₃₅= 2074,0 cm²



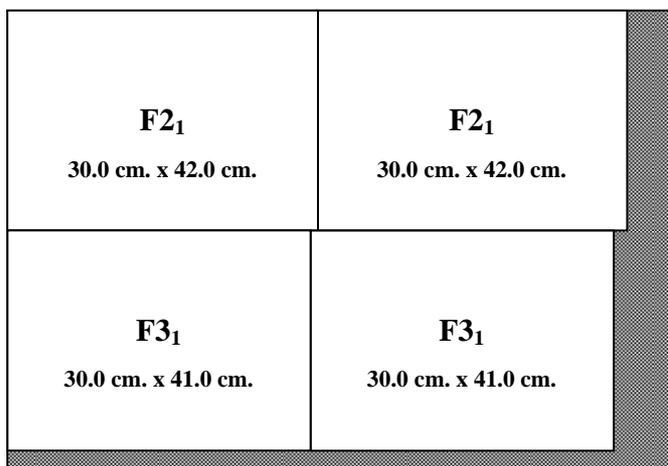
Variante de corte # 36 (X₃₆)
D₃₆= 1024,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

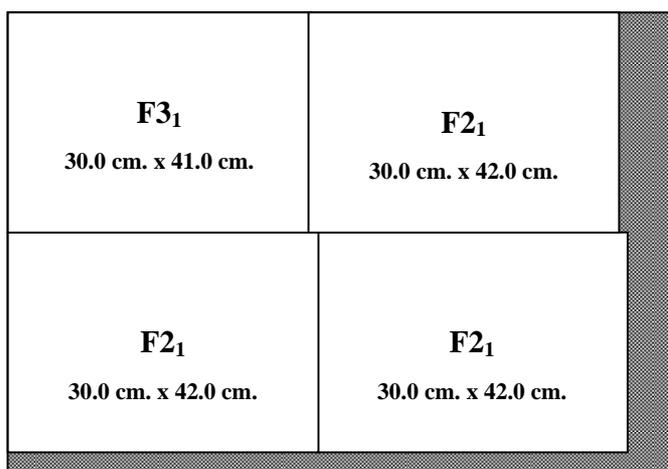
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 37 (X₃₇)
D₃₇= 720,0 cm²



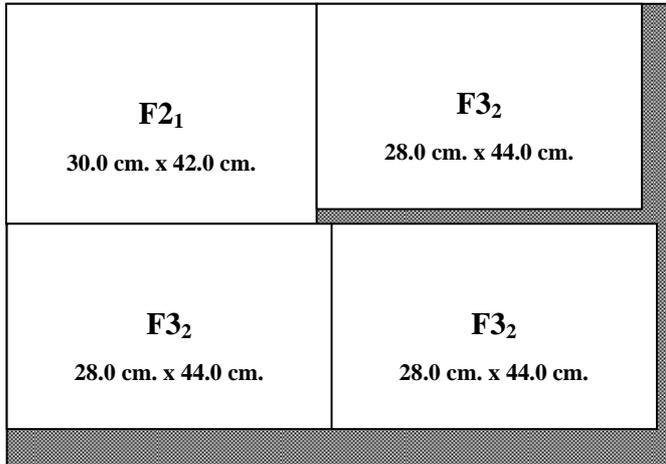
Variante de corte # 38 (X₃₈)
D₃₈= 960,0 cm²



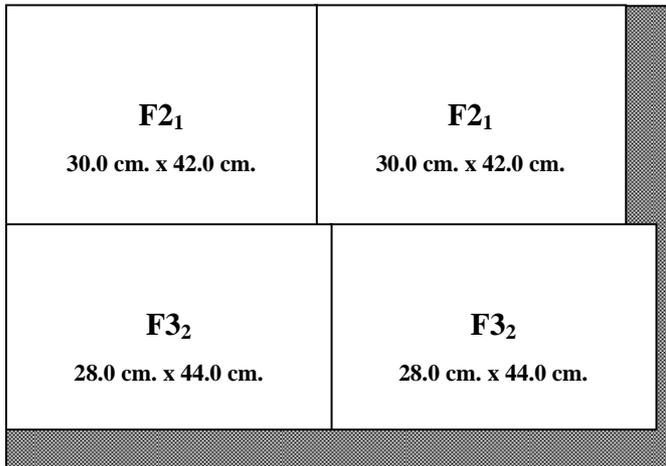
Variante de corte # 39 (X₃₉)
D₃₉= 660,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

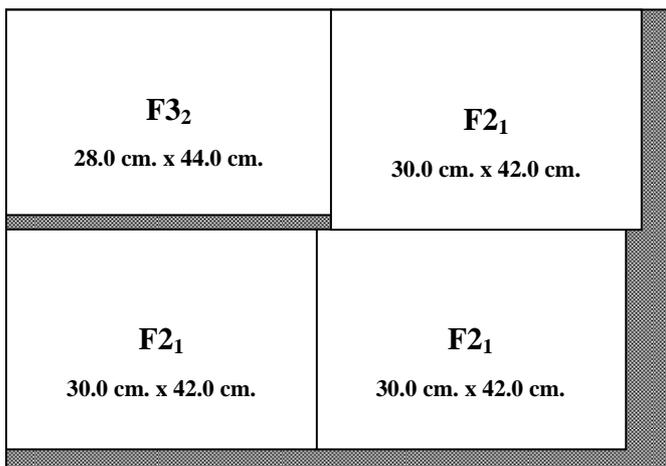
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 40 (X₄₀)
D₄₀= 714,0 cm²



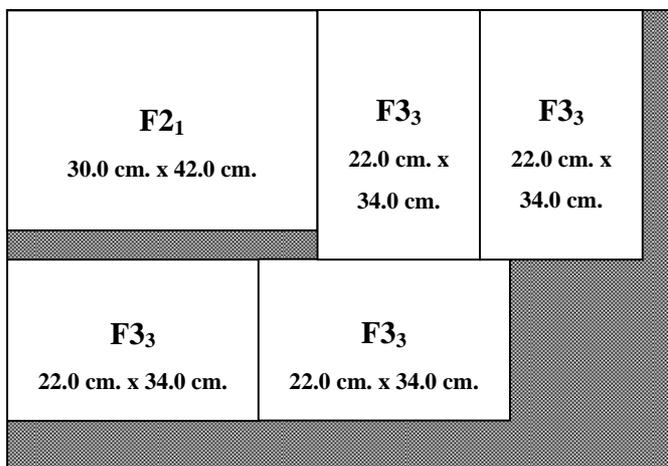
Variante de corte # 41 (X₄₁)
D₄₁= 686,0 cm²



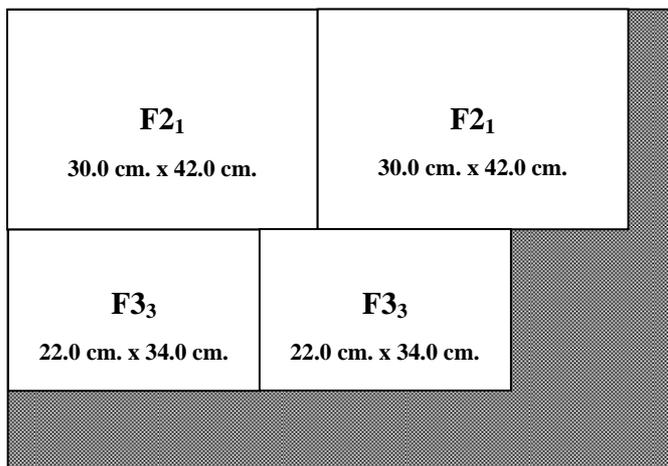
Variante de corte # 42 (X₄₂)
D₄₂= 658,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

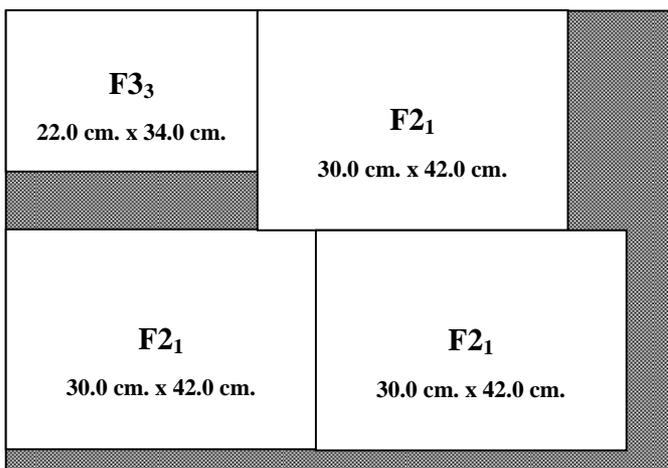
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 43 (X₄₃)
 $D_{43} = 1418,0 \text{ cm}^2$



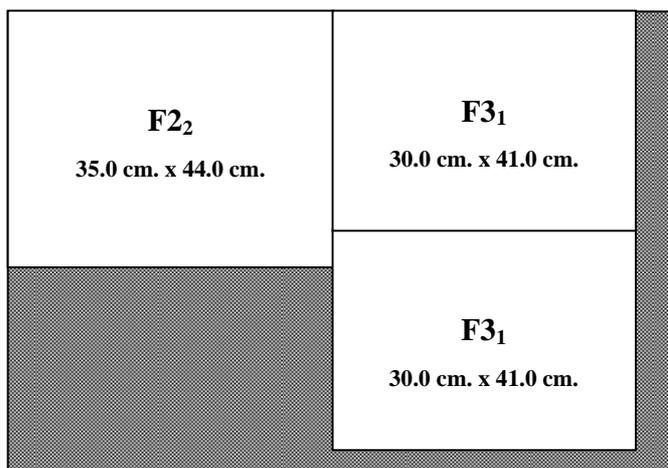
Variante de corte # 44 (X₄₄)
 $D_{44} = 1654,0 \text{ cm}^2$



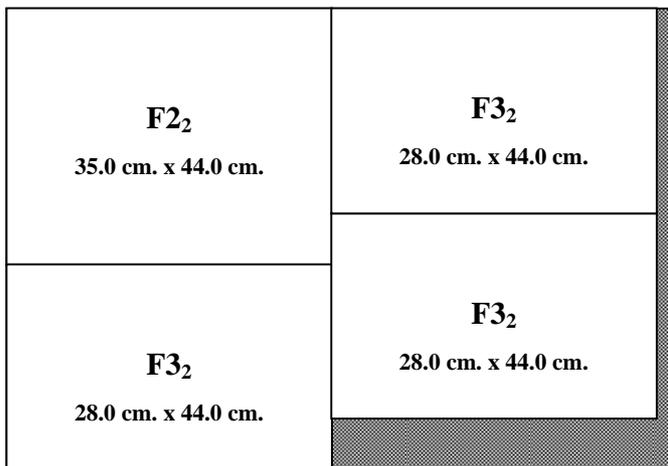
Variante de corte # 45 (X₄₅)
 $D_{45} = 1142,0 \text{ cm}^2$

Escala 1 cm: 10 cm.

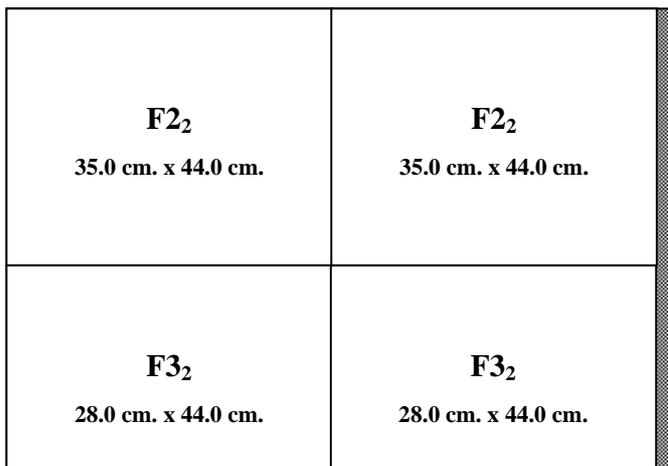
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 46 (X₄₆)
 D₄₆= 1670,0 cm²



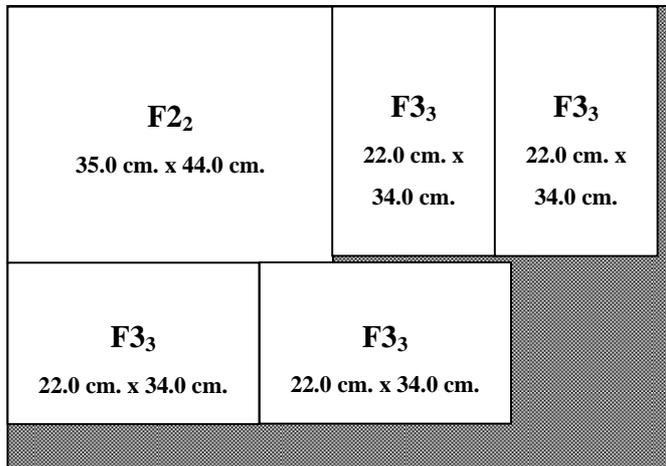
Variante de corte # 47 (X₄₇)
 D₄₇= 434,0 cm²



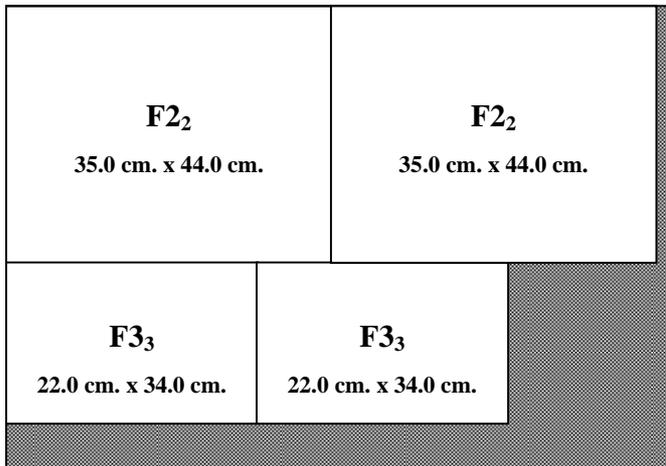
Variante de corte # 48 (X₄₈)
 D₄₈= 126,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

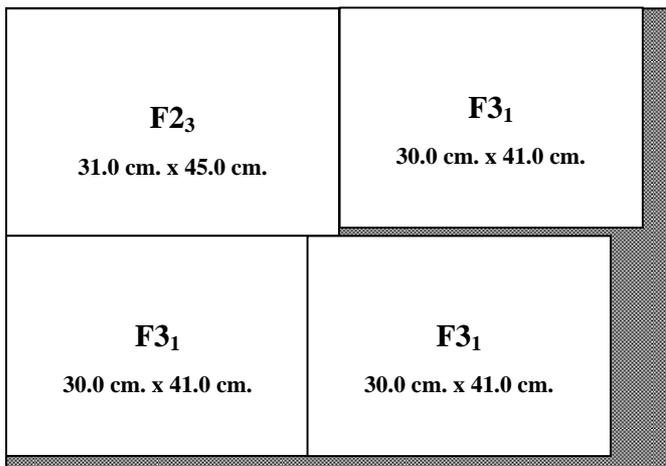
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 49 (X₄₉)
D₄₉= 1138,0 cm²



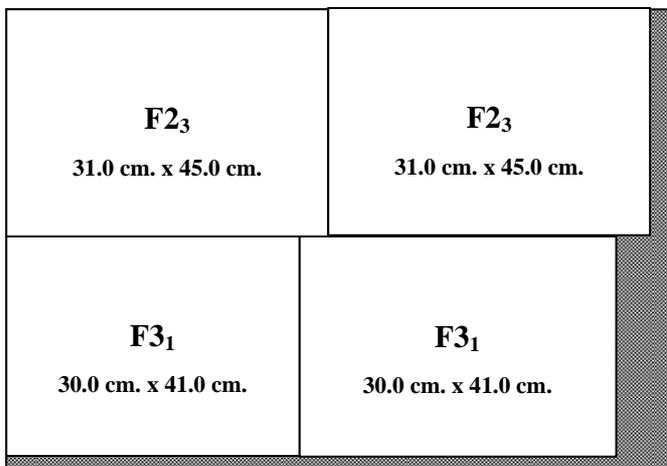
Variante de corte # 50 (X₅₀)
D₅₀= 1094,0 cm²



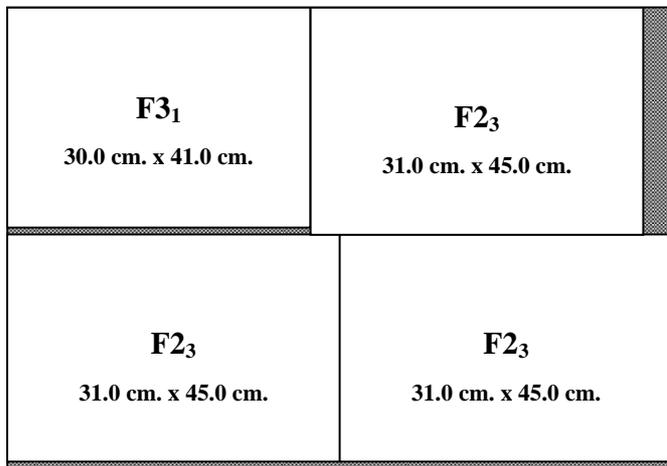
Variante de corte # 51 (X₅₁)
D₅₁= 585,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

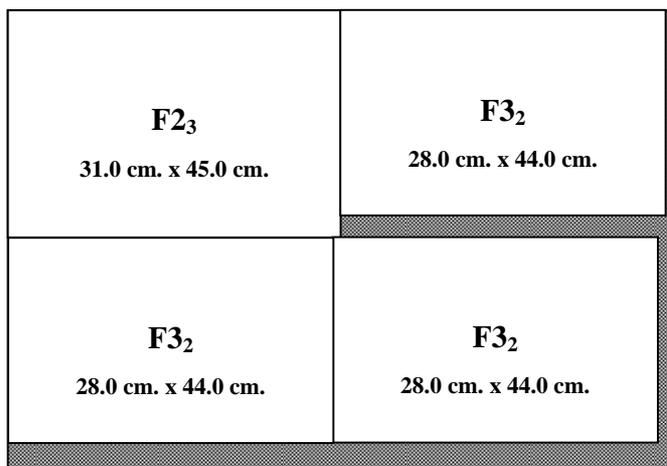
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 52 (X_{52})
 $D_{52} = 420,0 \text{ cm}^2$



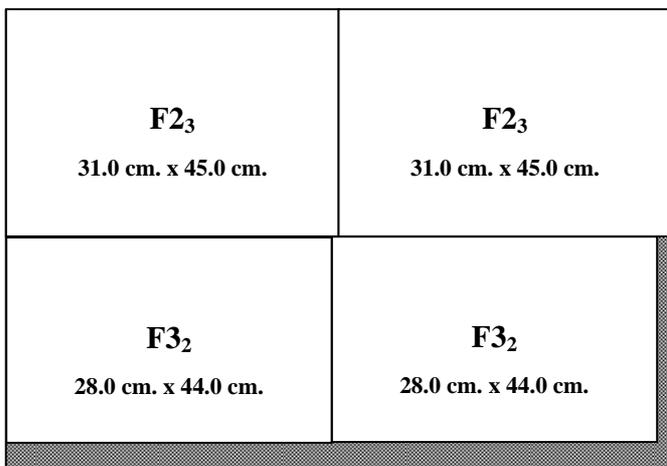
Variante de corte # 53 (X_{53})
 $D_{53} = 255,0 \text{ cm}^2$



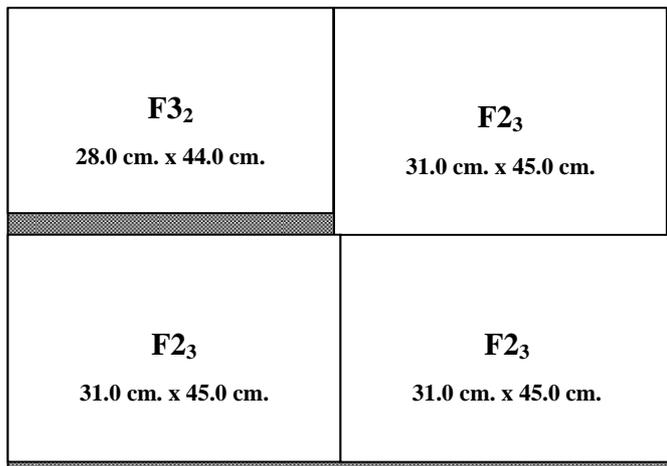
Variante de corte # 54 (X_{54})
 $D_{54} = 579,0 \text{ cm}^2$

Escala 1 cm: 10 cm.

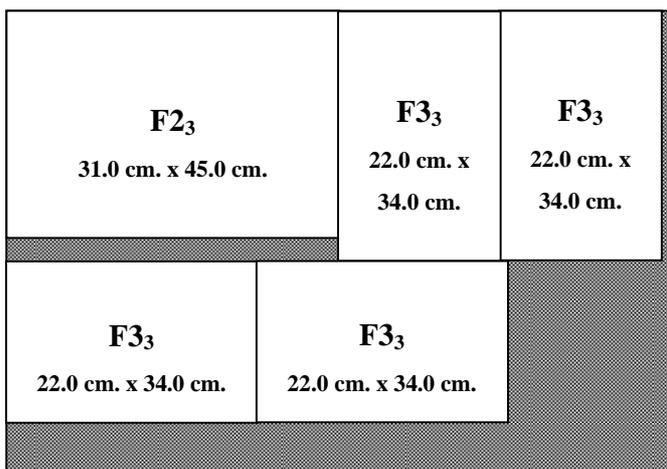
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 55 (X₅₅)
 D₅₅= 416,0 cm²



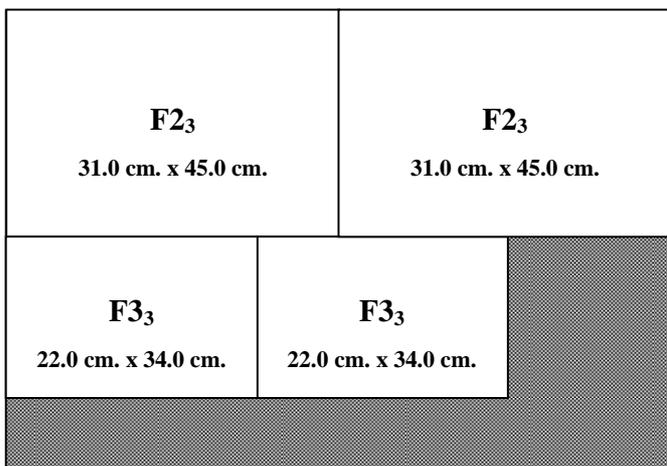
Variante de corte # 56 (X₅₆)
 D₅₆= 253,0 cm²



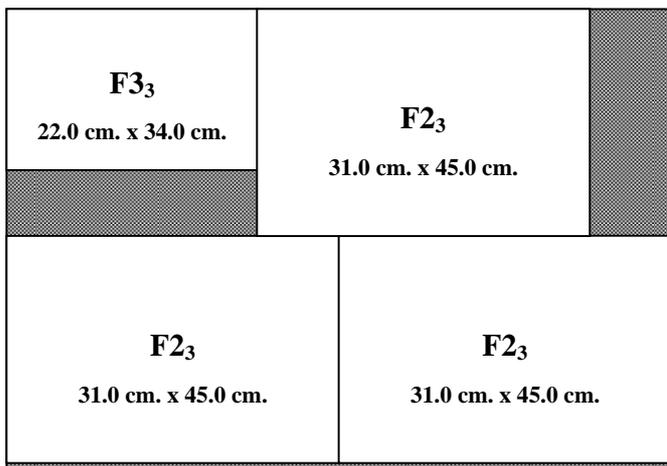
Variante de corte # 57 (X₅₇)
 D₅₇= 1283,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

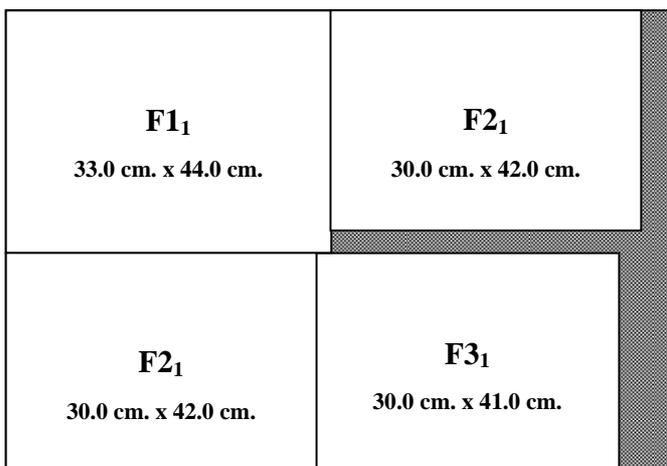
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 58 (X₅₈)
 $D_{58} = 1384,0 \text{ cm}^2$



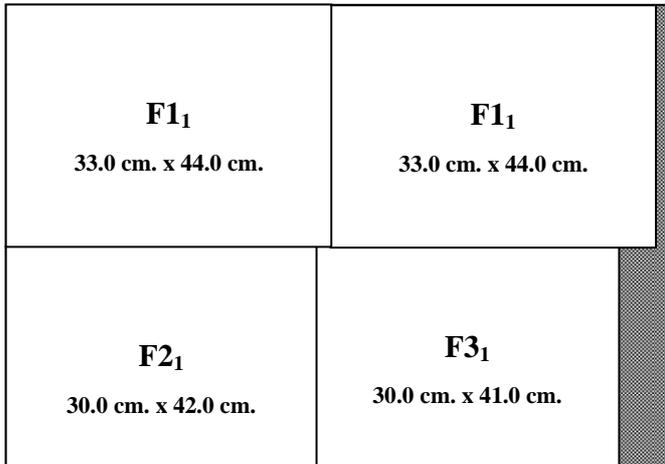
Variante de corte # 59 (X₅₉)
 $D_{59} = 737,0 \text{ cm}^2$



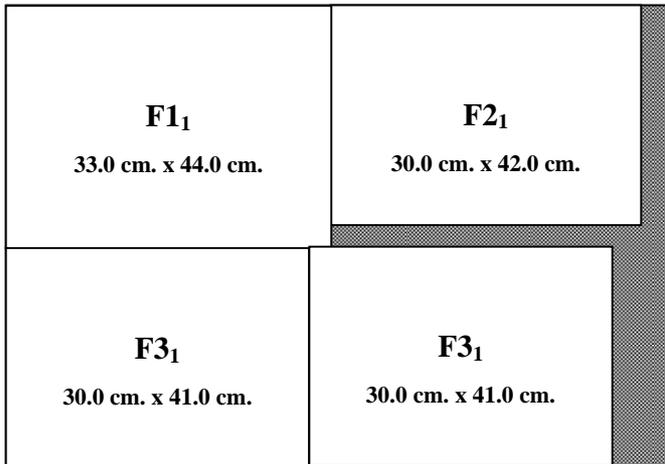
Variante de corte # 60 (X₆₀)
 $D_{60} = 468,0 \text{ cm}^2$

Escala 1 cm: 10 cm.

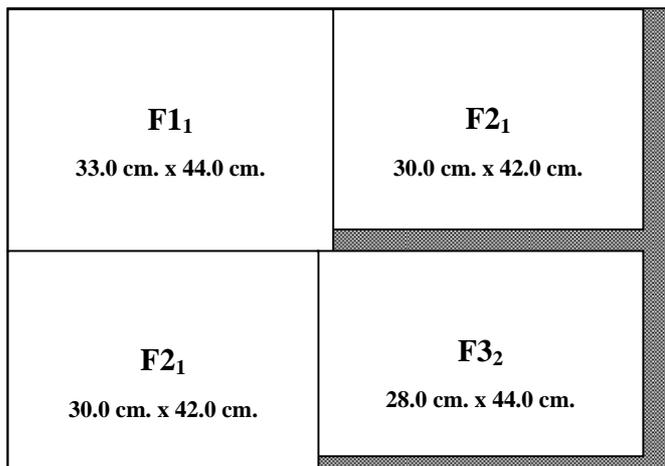
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 61 (X₆₁)
 $D_{61} = 276,0 \text{ cm}^2$



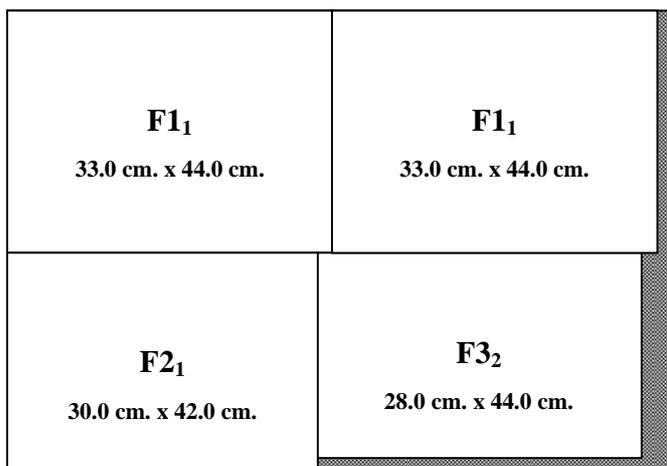
Variante de corte # 62 (X₆₂)
 $D_{62} = 498,0 \text{ cm}^2$



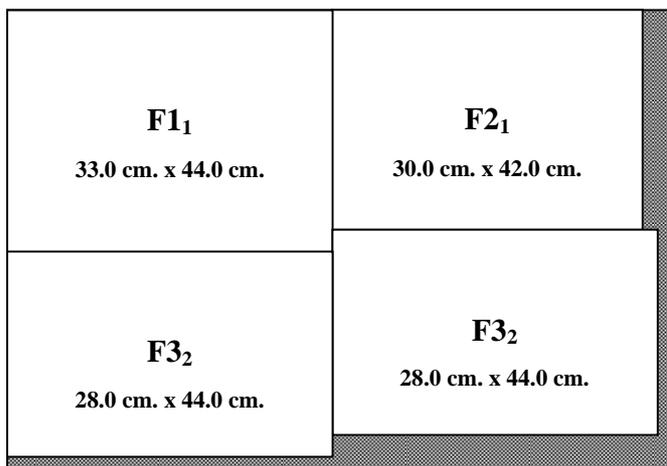
Variante de corte # 63 (X₆₃)
 $D_{63} = 466,0 \text{ cm}^2$

Escala 1 cm: 10 cm.

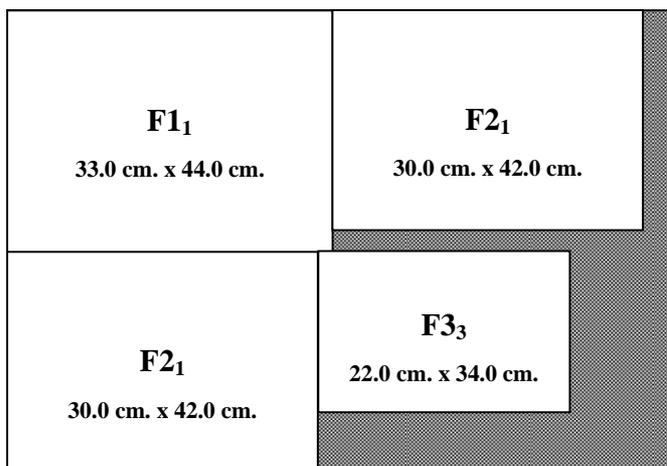
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 64 (X₆₄)
D₆₄= 274,0 cm²



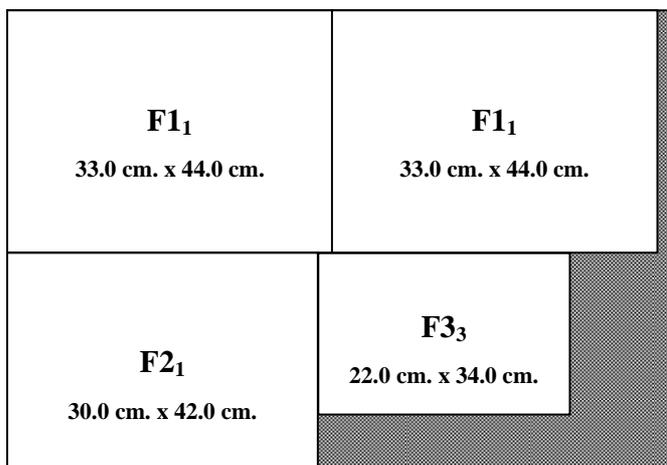
Variante de corte # 65 (X₆₅)
D₆₅= 494,0 cm²



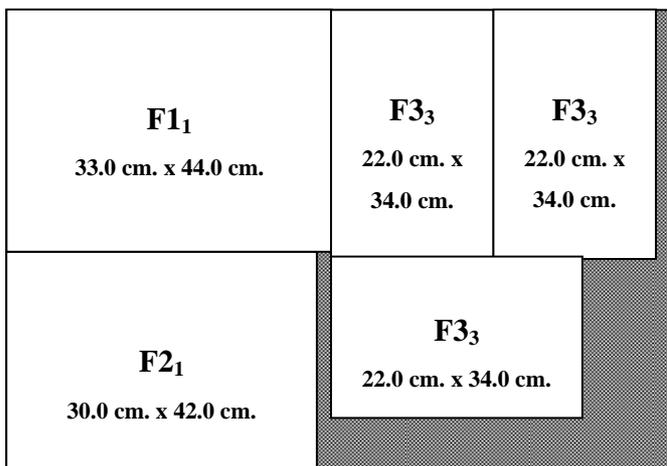
Variante de corte # 66 (X₆₆)
D₆₆= 950,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

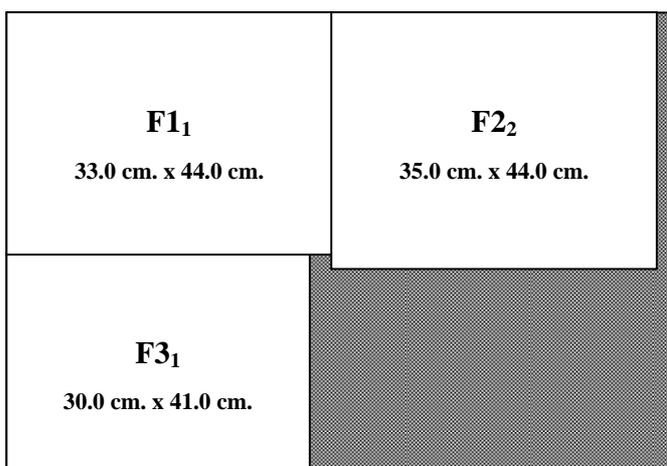
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 67 (X₆₇)
 $D_{67} = 758,0 \text{ cm}^2$



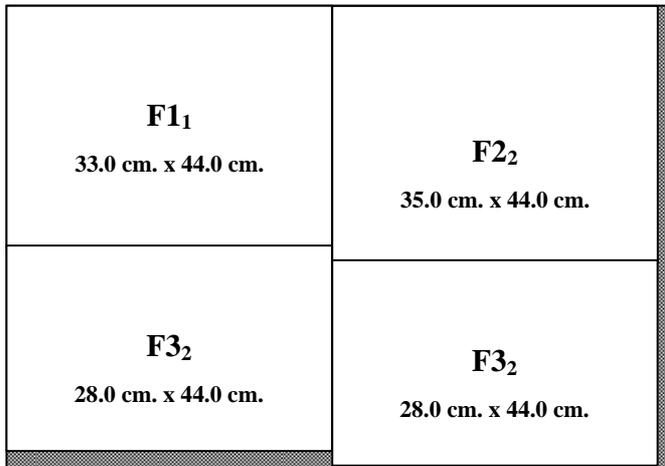
Variante de corte # 68 (X₆₈)
 $D_{68} = 714,0 \text{ cm}^2$



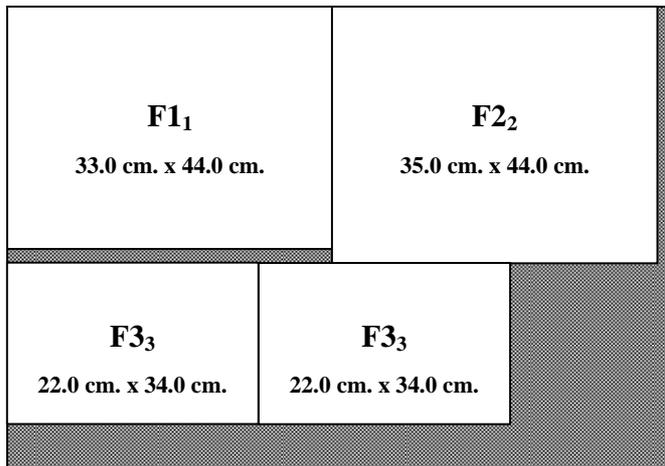
Variante de corte # 69 (X₆₉)
 $D_{69} = 1448,0 \text{ cm}^2$

Escala 1 cm: 10 cm.

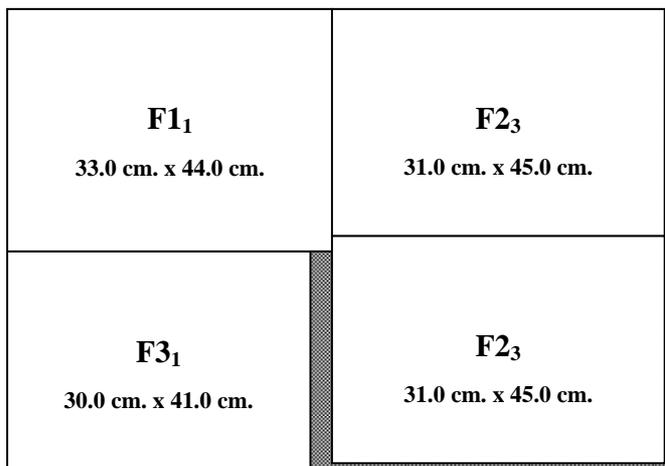
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 70 (X₇₀)
D₇₀= 214,0 cm²



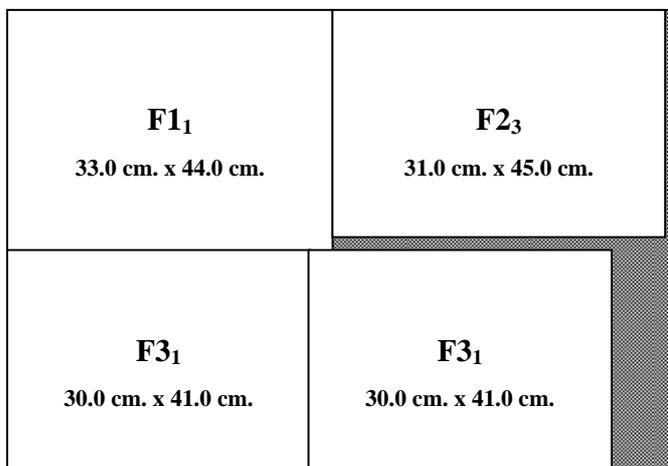
Variante de corte # 71 (X₇₁)
D₇₁= 1182,0 cm²



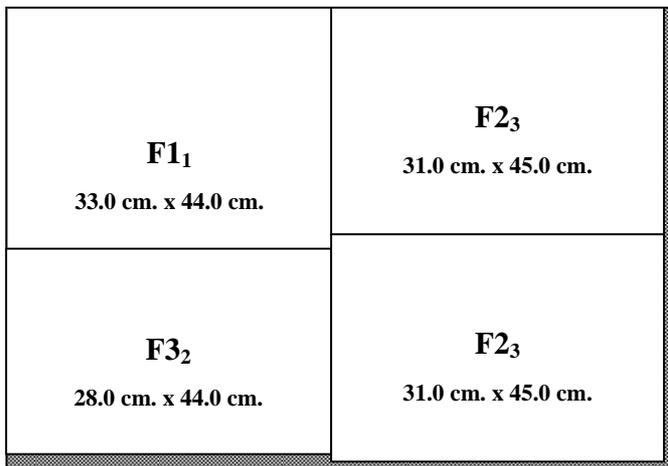
Variante de corte # 72 (X₇₂)
D₇₂= 198,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

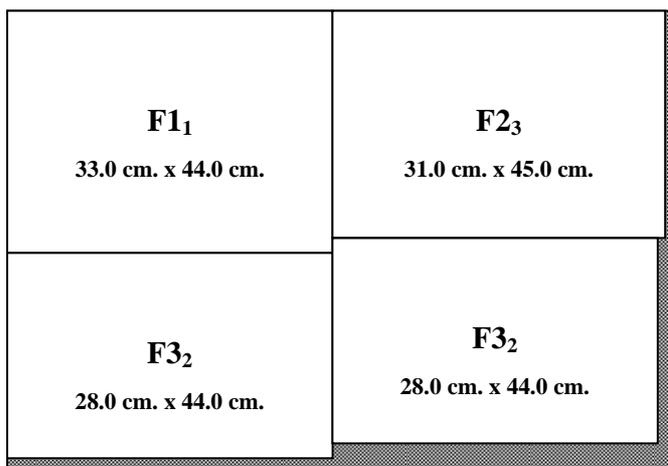
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 73 (X₇₃)
 $D_{73} = 363,0 \text{ cm}^2$



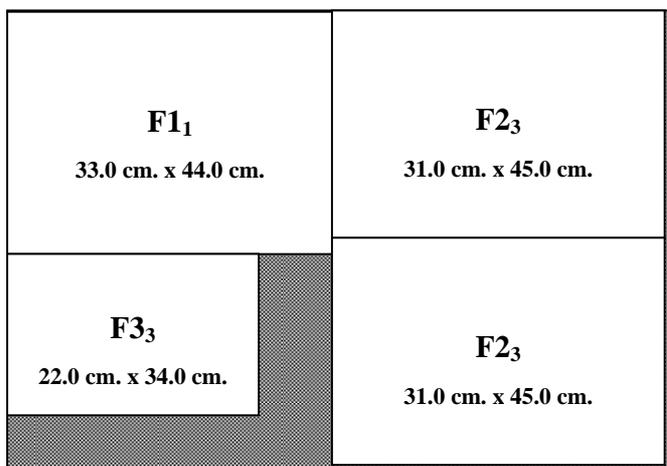
Variante de corte # 74 (X₇₄)
 $D_{74} = 196,0 \text{ cm}^2$



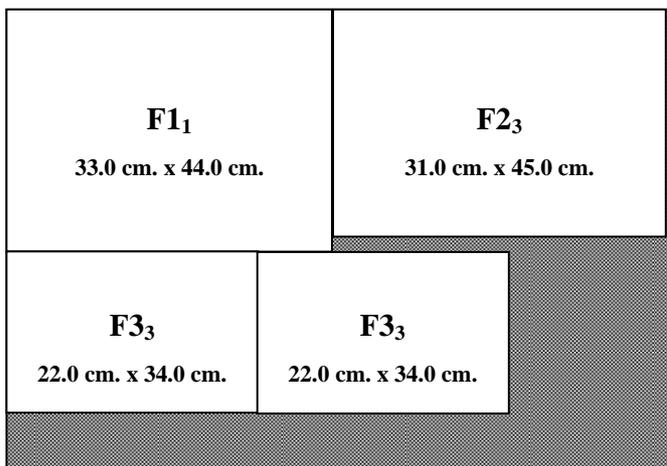
Variante de corte # 75 (X₇₅)
 $D_{75} = 359,0 \text{ cm}^2$

Escala 1 cm: 10 cm.

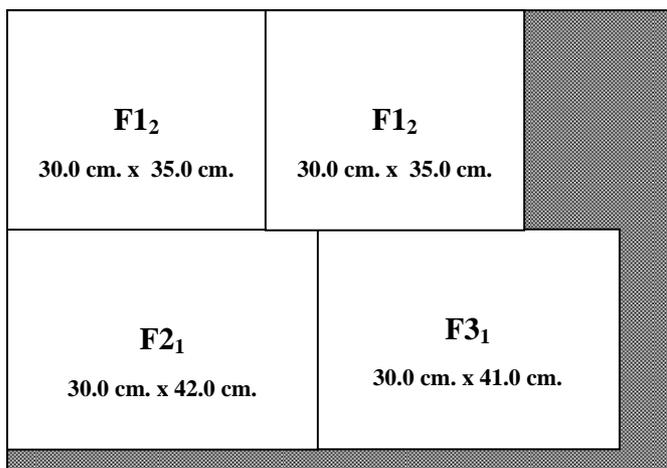
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 76 (X₇₆)
 $D_{76} = 680,0 \text{ cm}^2$



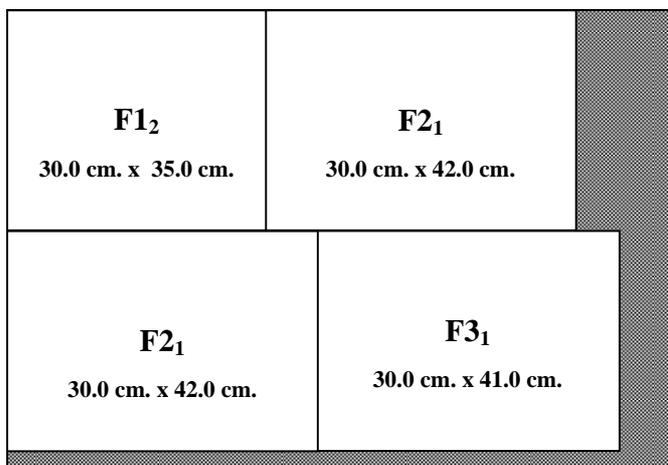
Variante de corte # 77 (X₇₇)
 $D_{77} = 1327,0 \text{ cm}^2$



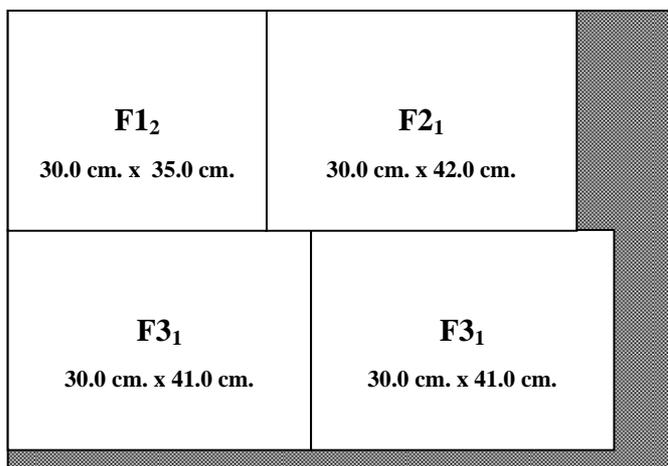
Variante de corte # 78 (X₇₈)
 $D_{78} = 870,0 \text{ cm}^2$

Escala 1 cm: 10 cm.

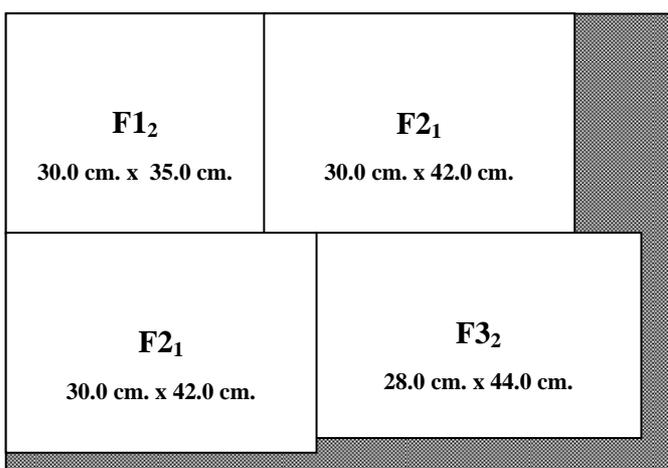
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 79 (X₇₉)
 $D_{79} = 1080,0 \text{ cm}^2$



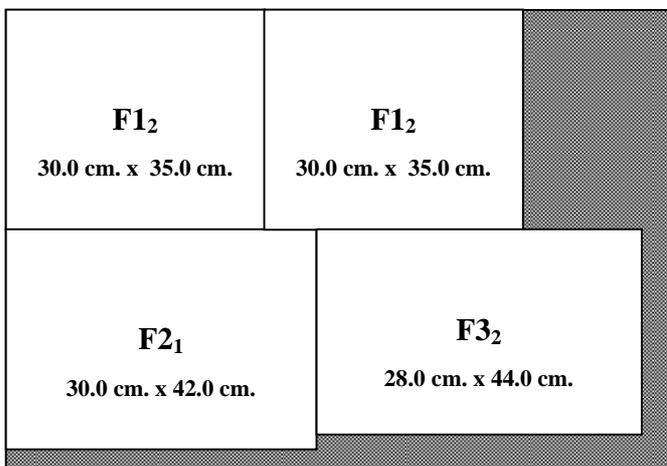
Variante de corte # 80 (X₈₀)
 $D_{80} = 900,0 \text{ cm}^2$



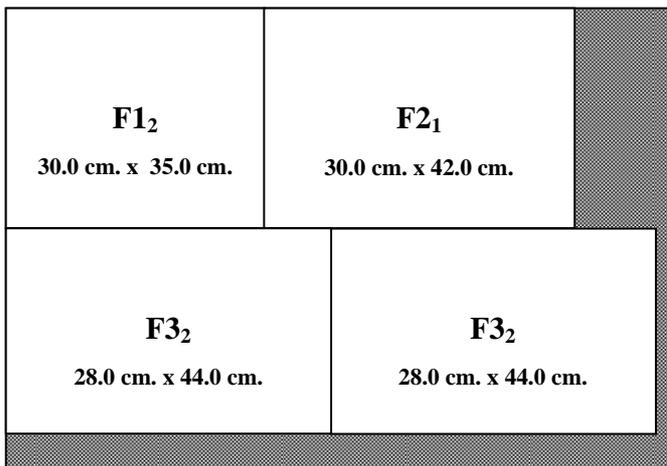
Variante de corte # 81 (X₈₁)
 $D_{81} = 868,0 \text{ cm}^2$

Escala 1 cm: 10 cm.

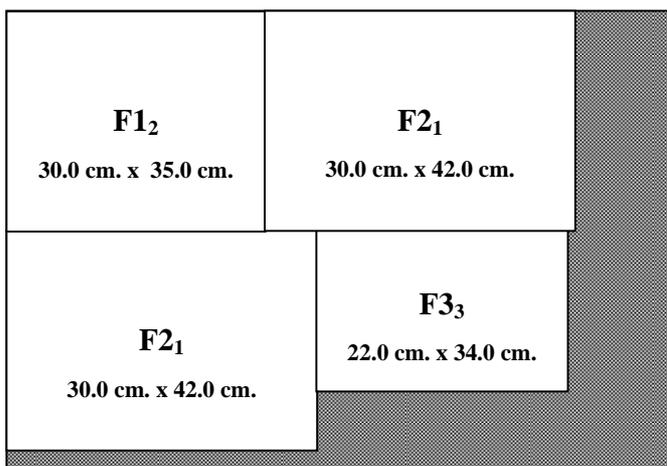
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 82 (X₈₂)
 $D_{82} = 1078,0 \text{ cm}^2$



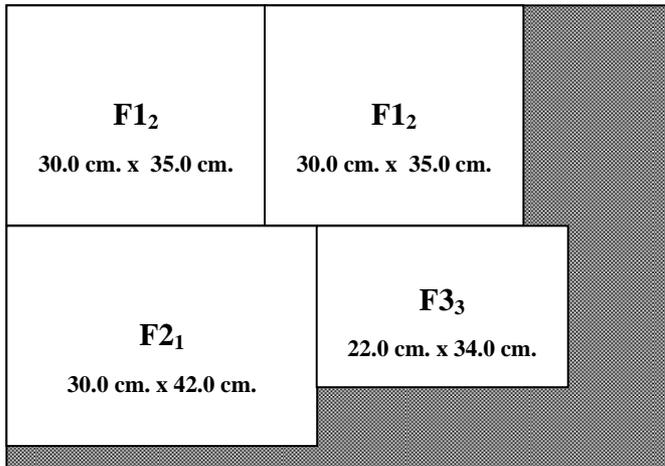
Variante de corte # 83 (X₈₃)
 $D_{83} = 896,0 \text{ cm}^2$



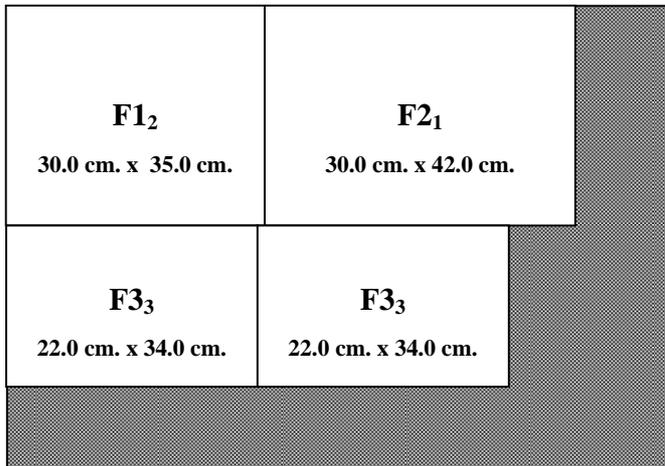
Variante de corte # 84 (X₈₄)
 $D_{84} = 1352,0 \text{ cm}^2$

Escala 1 cm: 10 cm.

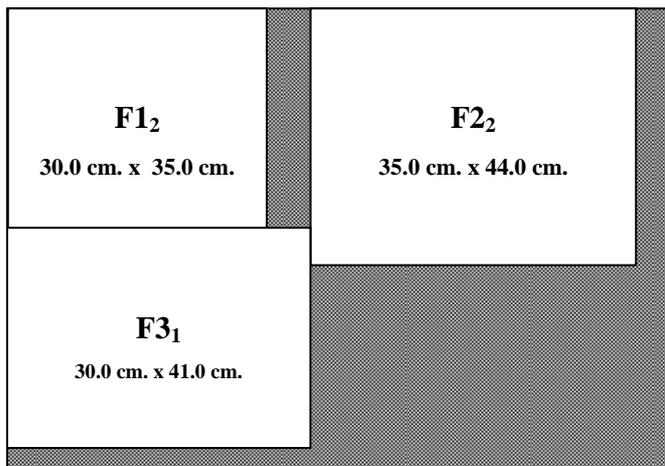
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 85 (X₈₅)
D₈₅ = 1562,0 cm²



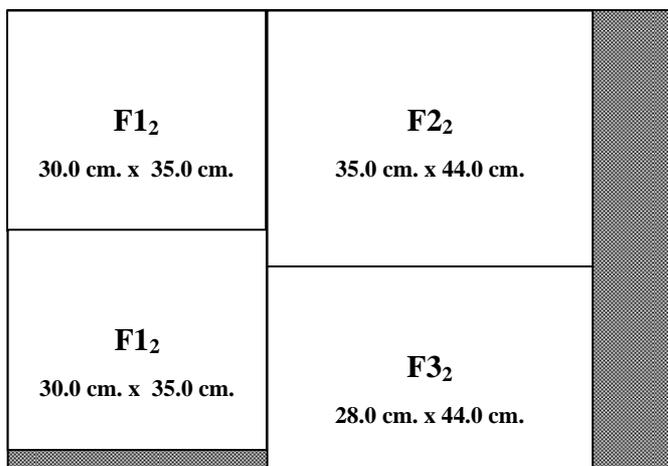
Variante de corte # 86 (X₈₆)
D₈₆ = 1864,0 cm²



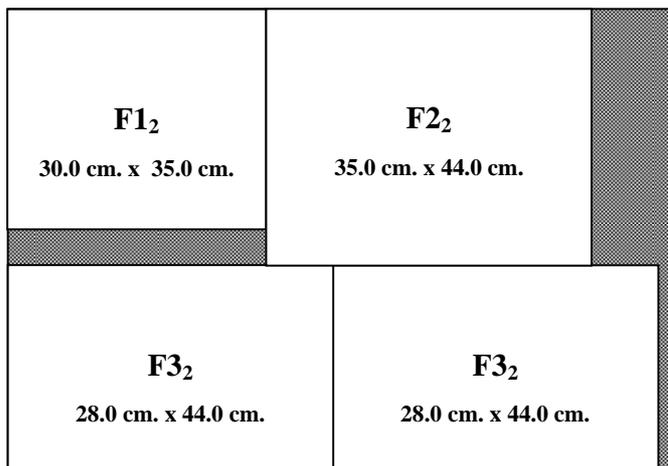
Variante de corte # 87 (X₈₇)
D₈₇ = 1850,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

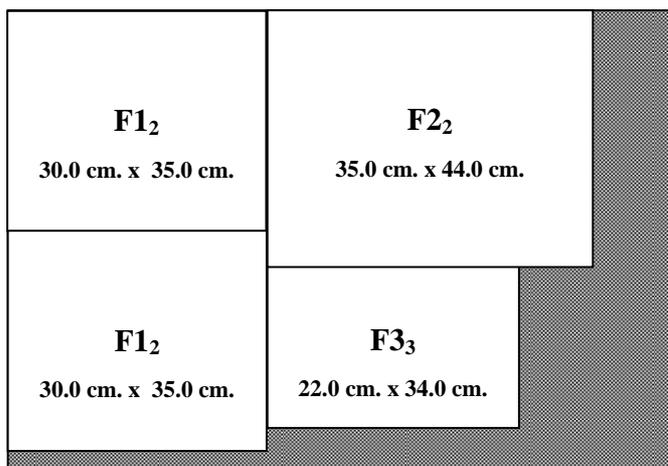
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 88 (X₈₈)
D₈₈= 798,0 cm²



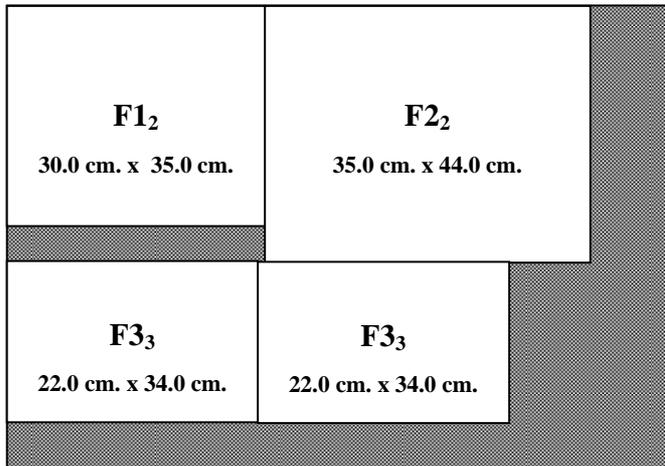
Variante de corte # 89 (X₈₉)
D₈₉= 616,0 cm²



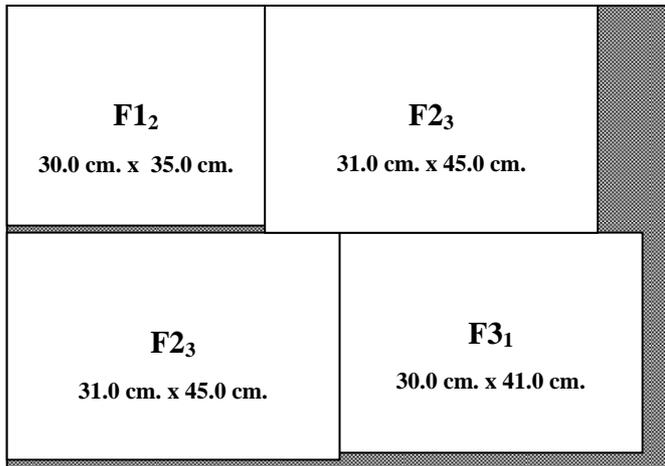
Variante de corte # 90 (X₉₀)
D₉₀= 1282,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

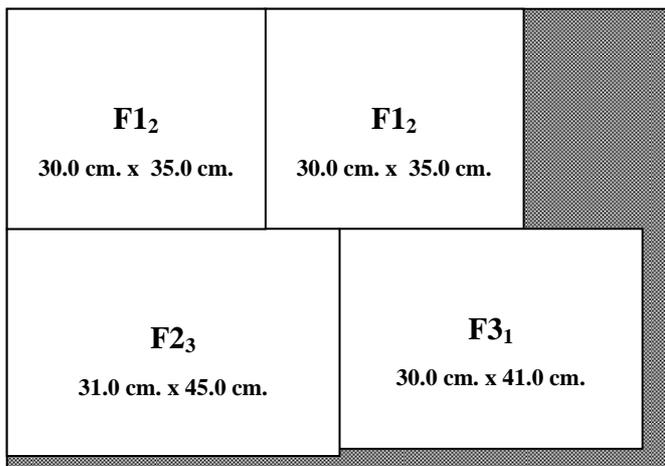
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 91 (X₉₁)
D₉₁= 1584,0 cm²



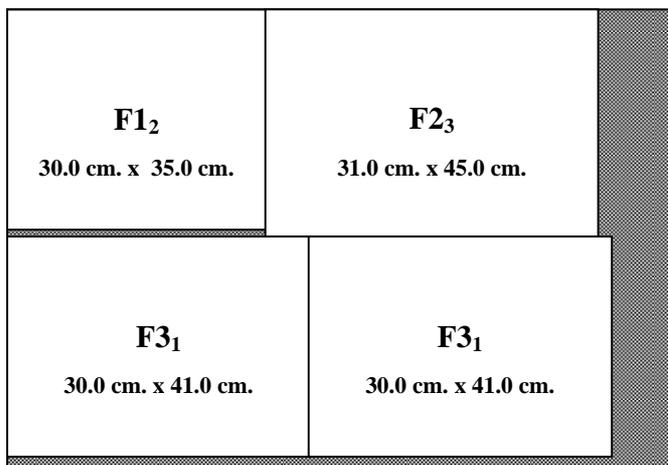
Variante de corte # 92 (X₉₂)
D₉₂= 600,0 cm²



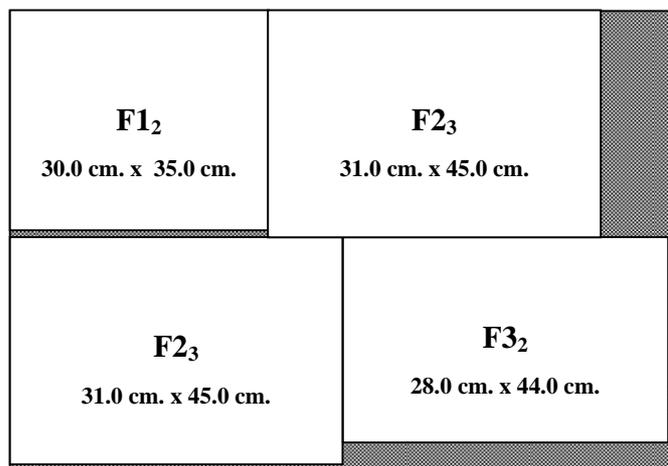
Variante de corte # 93 (X₉₃)
D₉₃= 945,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

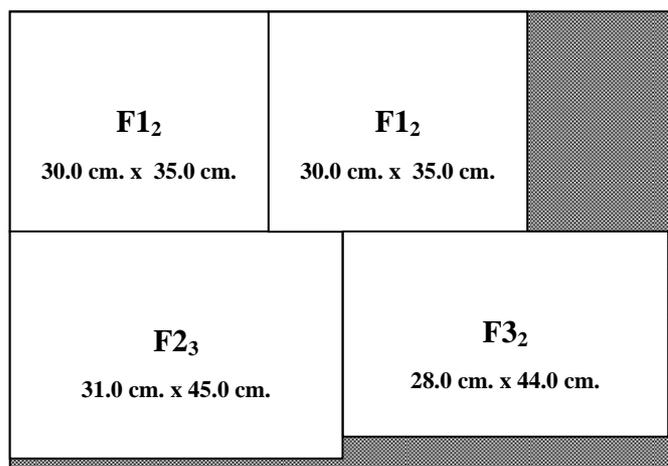
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 94 (X₉₄)
D₉₄= 765,0 cm²



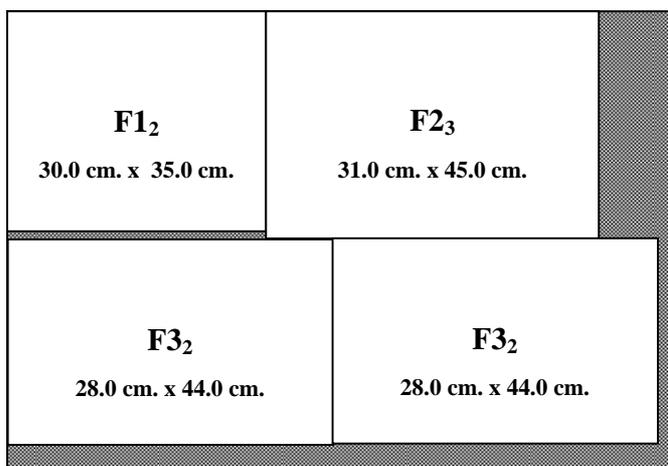
Variante de corte # 95 (X₉₅)
D₉₅= 598,0 cm²



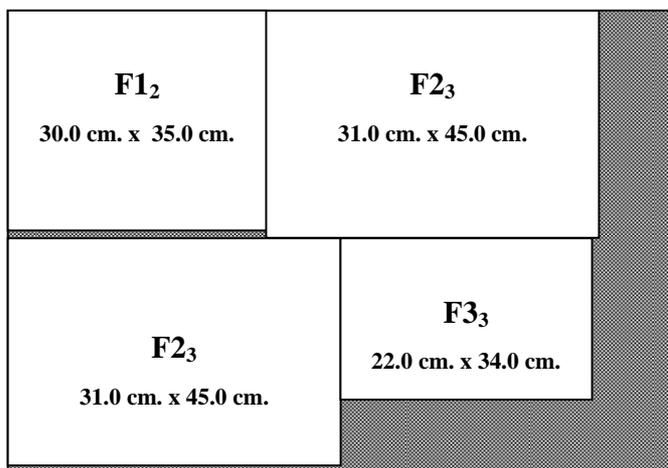
Variante de corte # 96 (X₉₆)
D₉₆=943,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

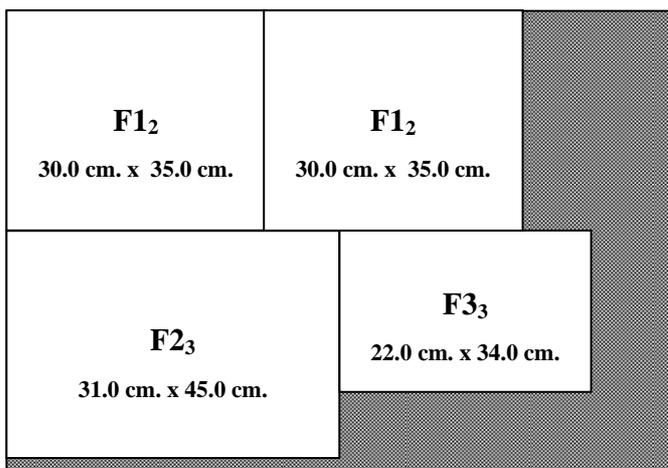
Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 97 (X₉₇)
D₉₇= 761,0 cm²



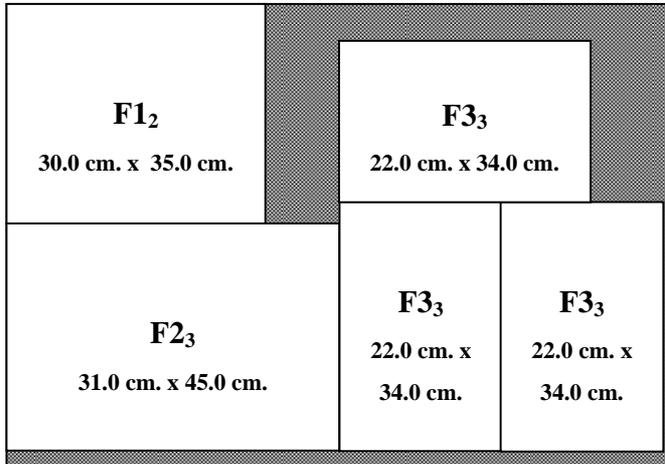
Variante de corte # 98 (X₉₈)
D₉₈= 1082,0 cm²



Variante de corte # 99 (X₉₉)
D₉₉= 1427,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

Anexo # 5 (Continuación).



Variante de corte # 100 (X₁₀₀)
D₁₀₀= 981,0 cm²

Escala 1 cm: 10 cm.

Anexo # 6: Resultados del Procesamiento computacional de los modelos.

Solución óptima del modelo # 1.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 1	1	276.6	276.7
Función Objetiva Min. D = 276.6			

Solución óptima del modelo # 2.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 2	1	147	147
Función Objetiva Min. D = 147			

Solución óptima del modelo # 3.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 3	1	63	63
Función Objetiva Min. D = 63			

Solución óptima del modelo # 4.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 4	1	259	259
Función Objetiva Min. D = 259			

Solución óptima del modelo # 5.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 5	1	9	9
Función Objetiva Min. D = 9			

Solución óptima del modelo # 6.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 6	1	217	217
Función Objetiva Min. D = 217			

Solución óptima del modelo # 7.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 7	1	175	175
Función Objetiva Min. D = 175			

Anexo # 6 (Continuación).

Solución óptima del modelo # 8.

Variable de decisión	Valor de X_j	Valor de d_{ij}	X_jd_{ij}
Variante de corte 8	1	75	75
Función Objetiva Min. D = 75			

Solución óptima del modelo # 9.

Variable de decisión	Valor de X_j	Valor de d_{ij}	X_jd_{ij}
Variante de corte 9	1	74.2	74.2
Función Objetiva Min. D = 74.2			

Solución óptima del modelo # 10.

Variable de decisión	Valor de X_j	Valor de d_{ij}	X_jd_{ij}
Variante de corte 10	1	118.2	118.2
Función Objetiva Min. D = 118.2			

Solución óptima del modelo # 11.

Variable de decisión	Valor de X_j	Valor de d_{ij}	X_jd_{ij}
Variante de corte 11	0	43.8	0
Variante de corte 12	1	24.6	24.6
Función Objetiva Min. D = 24.6			

Solución óptima del modelo # 12.

Variable de decisión	Valor de X_j	Valor de d_{ij}	X_jd_{ij}
Variante de corte 13	1	267.8	267.8
Función Objetiva Min. D = 267.8			

Solución óptima del modelo # 13.

Variable de decisión	Valor de X_j	Valor de d_{ij}	X_jd_{ij}
Variante de corte 14	1	142.8	142.8
Función Objetiva Min. D = 142.8			

Solución óptima del modelo # 14.

Variable de decisión	Valor de X_j	Valor de d_{ij}	X_jd_{ij}
Variante de corte 15	0	52.8	0
Variante de corte 16	1	30.6	30.6
Función Objetiva Min. D = 30.6			

Anexo # 6 (Continuación).

Solución óptima del modelo # 15.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 17	0	52.2	0
Variante de corte 18	1	30.2	30.2
Función Objetiva Min. D = 30.2			

Solución óptima del modelo # 16.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 19	1	122.6	122.6
Variante de corte 20	0	127	0
Función Objetiva Min. D = 122.6			

Solución óptima del modelo # 17.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 21	1	84	84
Variante de corte 22	0	105	0
Variante de corte 23	0	126	0
Función Objetiva Min. D = 84			

Solución óptima del modelo # 18.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 24	1	203	203
Función Objetiva Min. D = 203			

Solución óptima del modelo # 19.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 25	1	43.5	43.5
Variante de corte 26	0	78	0
Variante de corte 27	0	112.5	0
Función Objetiva Min. D = 43.5			

Solución óptima del modelo # 20.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 28	1	93	93
Variante de corte 29	0	111	0
Variante de corte 30	0	129	0
Función Objetiva Min. D = 93			

Anexo # 6 (Continuación).

Solución óptima del modelo # 21.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 31	1	92.4	92.4
Variante de corte 32	0	110.6	0
Variante de corte 33	0	128.8	0
Función Objetiva Min. D = 92.4			

Solución óptima del modelo # 22.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 34	0	162.8	0
Variante de corte 35	0	207.8	0
Variante de corte 36	1	102.4	102.4
Función Objetiva Min. D = 102.4			

Solución óptima del modelo # 23.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 37	0	72	0
Variante de corte 38	0	69	0
Variante de corte 39	1	66	66
Función Objetiva Min. D = 66			

Solución óptima del modelo # 24.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 40	0	71.4	0
Variante de corte 41	0	68.6	0
Variante de corte 42	1	65.8	65.8
Función Objetiva Min. D = 65.8			

Solución óptima del modelo # 25.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 43	0	141.8	0
Variante de corte 44	0	165.4	0
Variante de corte 45	1	114.2	114.2
Función Objetiva Min. D = 114.2			

Anexo # 6 (Continuación).

Solución óptima del modelo # 26.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 46	1	167	167
Función Objetiva Min. D = 167			

Solución óptima del modelo # 27.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 47	0	43.4	0
Variante de corte 48	1	12.6	12.6
Función Objetiva Min. D = 12.6			

Solución óptima del modelo # 28.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 49	0	113.8	0
Variante de corte 50	1	109.4	109.4
Función Objetiva Min. D = 109.4			

Solución óptima del modelo # 29.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 51	0	58.5	0
Variante de corte 52	0	42	0
Variante de corte 53	1	25.5	25.5
Función Objetiva Min. D = 25.5			

Solución óptima del modelo # 30.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 54	0	57.9	0
Variante de corte 55	0	41.6	0
Variante de corte 56	1	25.3	25.3
Función Objetiva Min. D = 25.3			

Solución óptima del modelo # 31.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 57	0	128.3	0
Variante de corte 58	0	138.4	0
Variante de corte 59	1	73.7	73.7
Función Objetiva Min. D = 73.7			

Anexo # 6 (Continuación).

Solución óptima del modelo # 32.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 60	0	46.8	0
Variante de corte 61	1	27.6	27.6
Variante de corte 62	0	49.8	0
Función Objetiva Min. D = 27.6			

Solución óptima del modelo # 33.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 63	0	46.6	0
Variante de corte 64	1	27.4	27.4
Variante de corte 65	0	49.4	0
Función Objetiva Min. D = 27.4			

Solución óptima del modelo # 34.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 66	0	95	0
Variante de corte 67	0	75.8	0
Variante de corte 68	1	71.4	71.4
Función Objetiva Min. D = 71.4			

Solución óptima del modelo # 35.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 69	1	144.8	144.8
Función Objetiva Min. D = 144.8			

Solución óptima del modelo # 36.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 70	1	21.4	21.4
Función Objetiva Min. D = 21.4			

Solución óptima del modelo # 37.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 71	1	118.2	118.2
Función Objetiva Min. D = 118.2			

Anexo # 6 (Continuación).

Solución óptima del modelo # 38.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 72	1	19.8	19.8
Variante de corte 73	0	36.3	0
Función Objetiva Min. D = 19.8			

Solución óptima del modelo # 39.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 74	1	19.6	19.6
Variante de corte 75	0	35.9	0
Función Objetiva Min. D = 19.6			

Solución óptima del modelo # 40.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 76	1	68	68
Variante de corte 77	0	132.7	0
Función Objetiva Min. D = 68			

Solución óptima del modelo # 41.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 78	0	108	0
Variante de corte 79	1	87	87
Variante de corte 80	0	90	0
Función Objetiva Min. D = 87			

Solución óptima del modelo # 42.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 81	1	86.8	86.8
Variante de corte 82	0	107.8	0
Variante de corte 83	0	89.6	0
Función Objetiva Min. D = 86.8			

Solución óptima del modelo # 43.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 84	1	135.2	135.2
Variante de corte 85	0	156.2	0
Variante de corte 86	0	186.4	0
Función Objetiva Min. D = 135.2			

Anexo # 6 (Continuación).

Solución óptima del modelo # 44.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 87	1	185	185
Función Objetiva Min. D = 185			

Solución óptima del modelo # 45.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 88	0	79.8	0
Variante de corte 89	1	61.6	61.6
Función Objetiva Min. D = 61.6			

Solución óptima del modelo # 46.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 90	1	128.2	128.2
Variante de corte 91	0	158.4	0
Función Objetiva Min. D = 128.2			

Solución óptima del modelo # 47.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 92	1	60	60
Variante de corte 93	0	94.5	0
Variante de corte 94	0	76.5	0
Función Objetiva Min. D = 60			

Solución óptima del modelo # 48.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 95	1	59.8	59.8
Variante de corte 96	0	94.3	0
Variante de corte 97	0	76.1	0
Función Objetiva Min. D = 59.8			

Solución óptima del modelo # 49.

Variable de decisión	Valor de X j	Valor de d i j	X j d i j
Variante de corte 98	0	108.2	0
Variante de corte 99	0	142.7	0
Variante de corte 100	1	98.1	98.1
Función Objetiva Min. D = 98.1			