



Proyecto final de ingeniería industrial

## **Modernización de una línea de corrugado**

Autores:

|                      |       |
|----------------------|-------|
| Javkin, Ariel        | 51234 |
| Marino, Damian Ruben | 51213 |
| Robiolio Bose, Ivo   | 50082 |

Tutor:

Coccolo, Pablo Bartolome

### Resumen ejecutivo

La empresa CARTOX se dedica a la fabricación de embalajes de cartón corrugado. En el presente trabajo se realizó un análisis de la factibilidad de modernizar la línea de producción de cartón corrugado. El mismo consiste no solo en el análisis económico sino también el ingenieril, donde se estudiaron las necesidades particulares de la empresa para tomar las mejores decisiones de implementación y viabilidad operacional.

La corrugadora con la que opera la empresa tiene más de cuarenta años y la tecnología que utiliza se encuentra atrasada, disminuyendo la productividad y calidad de las operaciones. Las corrugadoras que actualmente se ofrecen en el mercado poseen una tecnología que les permite operar a una velocidad mayor y con costos unitarios sustancialmente menores que las antecesoras.

Sumado a esto la capacidad de la corrugadora es insuficiente para el nivel de producción que tiene la empresa, debiendo tercerizar un 27% de la producción de cartón. Por lo tanto, la adquisición de la nueva máquina traerá aparejado menores costos de producción y mayor capacidad productiva que permitirá poder vender más y dejar de tercerizar.

Teniendo en cuenta los costos asociados al proyecto, que se componen de las inversiones a realizar en activo fijo y activo de trabajo, y los ingresos esperados, divididos en cuatro grupos: Ahorro por no tercerización, ahorro por menores costos de producción, nuevas ventas de cajas y nuevas ventas de planchas, se llega a la conclusión que es un proyecto rentable. La tir del proyecto es del 56% mientras que el VAN es de 3.028.648 dólares.

### **Brief**

The Company *CARTOX* produces corrugated cardboard for packaging. This paper is about the analysis of the feasibility of modernizing a cardboard production line. The document includes both an economic and an engineering analysis, where the particular needs of the company were studied in order to make the best decision regarding implementation and operational viability.

The corrugating machine that the company operates today has been more than forty years in service and its technology is out of date. This impairs productivity and lessens the quality of the products. The corrugating machines that the market offers nowadays possess a technology that allows them to operate at higher speed and lower costs per unit, substantially lower than their predecessors.

Moreover, the capacity of the machine is insufficient for the level of production of the company at present. In effect, the company has to outsource approximately 30% of the cardboard production. Therefore, the acquisition of a new machine will bring lower costs of production and increased production capacity, which in turn will allow the company the possibility to sell more cardboard and stop outsourcing.

Having assessed the costs associated with the project, consisting of the investments in fix assets and working assets, and the expected income, which can be divided in four groups: savings from ending the outsourcing agreements, savings due to lower production costs, new sales of boxes and new sales of cardboard sheets, the conclusion is that this project is indeed profitable. The IRR of the project is 56%, and the NPV is USD 3,028,648.

## Índice

|  |               |
|--|---------------|
| <b>1 - INTRODUCCIÓN.....</b>                         | <b>- 1 -</b>  |
| 1.1- La empresa.....                                 | - 1 -         |
| 1.2 - Organigrama .....                              | - 1 -         |
| 1.3 - Historia del proceso productivo.....           | - 1 -         |
| 1.4 - Cartón corrugado .....                         | - 3 -         |
| 1.4.1 - ¿Que es el cartón corrugado? .....           | - 3 -         |
| 1.4.2 - Materias primas .....                        | - 5 -         |
| 1.4.3 - Tipos de onda .....                          | - 8 -         |
| 1.5 - Industria del corrugado en Argentina .....     | - 10 -        |
| 1.5.1- Composición empresarial de la industria ..... | - 10 -        |
| 1.5.2 - Mercados a los que abastece .....            | - 11 -        |
| 1.5.3 - Clientes de <i>CARTOX</i> .....              | - 12 -        |
| 1.5.4 - Proveedores del sector .....                 | - 13 -        |
| <b>2 – PROCESO PRODUCTIVO .....</b>                  | <b>- 15 -</b> |
| 2.1- Etapa de corrugación .....                      | - 15 -        |
| 2.1.1 - Elaboración del adhesivo .....               | - 16 -        |
| 2.1.2 - Corrugación.....                             | - 17 -        |
| 2.1.3 - Productividad de corrugación .....           | - 21 -        |
| 2.2 - Etapa de terminación .....                     | - 21 -        |
| 2.2.1 - Cajas simples grandes.....                   | - 24 -        |
| 2.2.2 - Cajas complejas (o troqueladas) .....        | - 25 -        |
| 2.2.3 - Cajas simples chicas.....                    | - 25 -        |
| 2.3 - Etapa de embalaje .....                        | - 28 -        |
| <b>3 – DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>             | <b>- 29 -</b> |
| <b>4 – ANÁLISIS DE CUELLO DE BOTELLA .....</b>       | <b>- 31 -</b> |
| 4.1 - Etapa de Corrugación Actual .....              | - 31 -        |
| 4.1.1 - Caja Tipo: .....                             | - 32 -        |
| 4.1.2 - <i>SET-UP</i> .....                          | - 33 -        |
| 4.1.3 - <i>WARM-UP</i> (Puesta a punto).....         | - 33 -        |
| 4.2 - Etapa de terminación .....                     | - 35 -        |
| 4.3 - Corrugación propuesta .....                    | - 37 -        |
| 4.4 - Análisis.....                                  | - 40 -        |
| <b>5 – SELECCIÓN DE PROVEEDOR .....</b>              | <b>- 41 -</b> |

|   |               |
|---|---------------|
| <b>6 – NUEVA CORRUGADORA .....</b>                            | <b>- 42 -</b> |
| 6.1 - Características y especificaciones de los módulos ..... | - 44 -        |
| 6.1.1 - Porta bobinas.....                                    | - 45 -        |
| 6.1.2 - Grupo corrugador canal B.....                         | - 46 -        |
| 6.1.3 - Grupo corrugador canal C.....                         | - 47 -        |
| 6.1.4 - Puente almacén .....                                  | - 48 -        |
| 6.1.5 - Pre calentador.....                                   | - 48 -        |
| 6.1.6 - Doble encoladora.....                                 | - 49 -        |
| 6.1.7 - Mesa de secado .....                                  | - 50 -        |
| 6.1.8 - Apilador de paquetes.....                             | - 51 -        |
| 6.2 - Plano de la máquina .....                               | - 52 -        |
| 6.3 - Servicios auxiliares .....                              | - 54 -        |
| 6.3.1 - Vapor .....   | - 54 -        |
| 6.3.2 - Gas .....   | - 56 -        |
| 6.3.3 - Electricidad .....                                    | - 57 -        |
| 6.3.4 - Sistema neumático.....                                | - 57 -        |
| 6.3.5 - Sistema hidráulico .....                              | - 57 -        |
| <b>7 – LAY-OUT .....</b>                                      | <b>- 58 -</b> |
| 7.1 - Alternativa 1.....                                      | - 59 -        |
| 7.2 - Alternativa 2.....                                      | - 60 -        |
| 7.3 - Alternativa 3.....                                      | - 62 -        |
| 7.4 - <i>LAY-OUT</i> Definitivo .....                         | - 63 -        |
| <b>8 - PROCESO DE INCORPORACIÓN .....</b>                     | <b>- 64 -</b> |
| 8.1 - FASE 1: Movimientos previos .....                       | - 65 -        |
| 8.2 - FASE 2: Instalaciones previas .....                     | - 66 -        |
| 8.3 - FASE 3: Incorporación de la máquina .....               | - 67 -        |
| 8.4 - FASE 4: Movimientos finales.....                        | - 69 -        |
| 8.5 - Diagrama de tareas .....                                | - 70 -        |
| <b>9 - INVERSIÓN EN ACTIVO FIJO .....</b>                     | <b>- 73 -</b> |
| 9.1 - Máquina corrugadora.....                                | - 73 -        |
| 9.2 - Caldera.....  | - 74 -        |
| 9.3 - Obra civil, instalaciones y flete .....                 | - 74 -        |
| 9.4 - Puesta en marcha.....                                   | - 75 -        |
| 9.5 - Imprevistos .....                                       | - 75 -        |

|   |                |
|---|----------------|
| .....   | - 76 -         |
| <b>10 - PROYECCIÓN DE VENTAS .....</b>                  | <b>- 77 -</b>  |
| 10.1- Estrategia de inserción en el mercado .....       | - 77 -         |
| <b>11 - COSTOS DE PRODUCCIÓN .....</b>                  | <b>- 79 -</b>  |
| 11.1 - Costo de producción actual .....                 | - 79 -         |
| 11.2 - Costos de Materia prima .....                    | - 79 -         |
| 11.2.1 - Papel <i>Liner</i> .....                       | - 79 -         |
| 11.2.2 - Papel Onda .....                               | - 80 -         |
| 11.2.3 - Cola .....                                     | - 81 -         |
| 11.3 - Gastos generales de fabricación .....            | - 81 -         |
| 11.3.1 - Electricidad .....                             | - 81 -         |
| 11.3.2 - Gas .....                                      | - 81 -         |
| 11.3.3 - Mano de obra directa .....                     | - 82 -         |
| 11.3.4 - Mano de obra indirecta .....                   | - 83 -         |
| 11.3.5 - Mantenimiento.....                             | - 84 -         |
| 11.3.6 - Importación.....                               | - 84 -         |
| 11.4 - Cuadro resumen.....                              | - 84 -         |
| <b>12 - INGRESOS.....</b>                               | <b>- 87 -</b>  |
| 12.1 - AHORRO EN PRODUCCIÓN .....                       | - 87 -         |
| 12.2 - AHORRO POR FABRICACIÓN Y NO TERCERIZACIÓN: ..... | - 88 -         |
| 12.3 - INGRESO POR VENTA DE CAJAS: .....                | - 89 -         |
| 12.4 - INGRESO POR VENTA DE PLANCHAS DE CARTÓN: .....   | - 90 -         |
| 12.5 - Resumen de ingresos.....                         | - 92 -         |
| <b>13 - INVERSIÓN EN ACTIVO DE TRABAJO.....</b>         | <b>- 95 -</b>  |
| <b>14 - CUADRO DE RESULTADOS .....</b>                  | <b>- 96 -</b>  |
| 14.1 - Valor de liquidación.....                        | - 97 -         |
| <b>15 - FLUJO DE FONDOS DEL PROYECTO .....</b>          | <b>- 98 -</b>  |
| 15.1 - Tasa de descuento.....                           | - 98 -         |
| 15.2 - Egresos e ingresos .....                         | - 98 -         |
| <b>16 - ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....</b>              | <b>- 101 -</b> |
| 16.1 - Escenario pesimista .....                        | - 102 -        |
| <b>17 - CONCLUSIÓN.....</b>                             | <b>- 104 -</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                | <b>- 106 -</b> |
| <b>ANEXO.....</b>                                       | <b>- 107 -</b> |

## Modernización de una línea de corrugación

## 1 - INTRODUCCIÓN

Nota aclaratoria: La empresa en la cual se desarrolla el trabajo desea permanecer en el anonimato, por ende a efectos del trabajo se la reconocerá con el nombre de fantasía: "**CARTOX**".

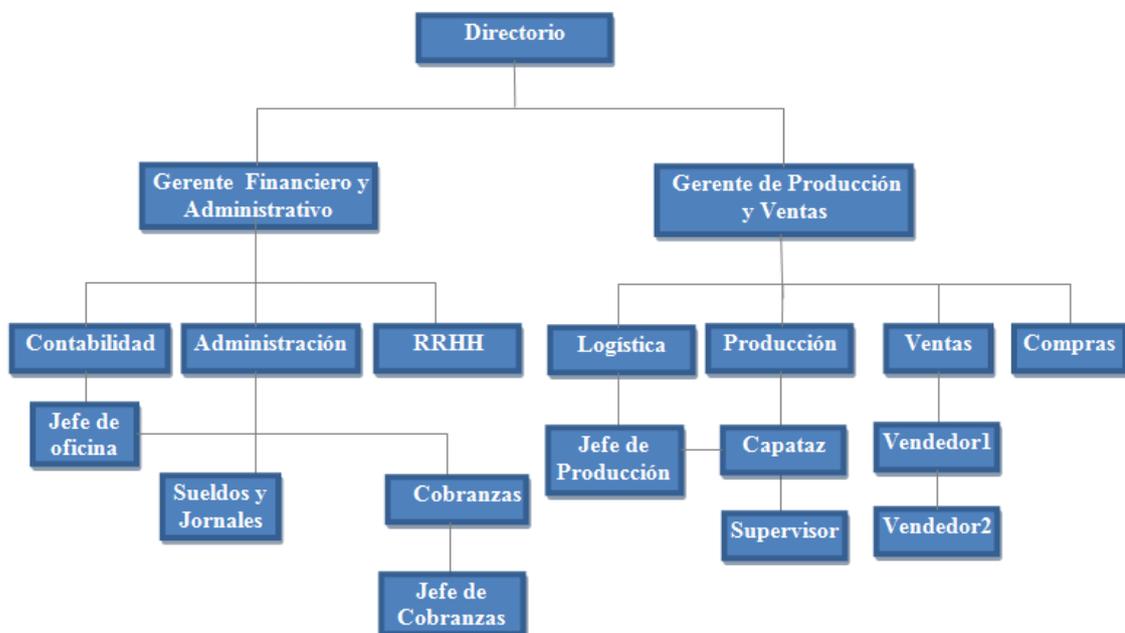
### 1.1- La empresa

La empresa **CARTOX**, dedicada a la fabricación de embalajes de cartón corrugado, fue fundada en 1967. En sus inicios se dedicaba a la fabricación de rollos simple faz para lo cual contaba con una corrugadora, única maquinaria de toda la empresa. A lo largo de los años, la empresa fue expandiéndose en capacidad y adquiriendo nueva maquinaria que le permitió incorporar más procesos en la línea de producción. Actualmente en la empresa se realiza todo el proceso de transformación, desde las bobinas de papel hasta las cajas ya terminadas.

Hoy en día la empresa cuenta con un único predio de 3600 m<sup>2</sup> ubicado en la localidad de Lanús, en donde trabajan 32 empleados de los cuales 22 son operarios de planta y los 10 restantes realizan tareas administrativas. En el último año se produjeron cinco millones de metros cuadrados de cartón corrugado utilizando la línea de corrugación y las dos líneas de terminación que la empresa posee.

La estrategia comercial de la empresa se enfoca en el nicho de partidas relativamente pequeñas y de alta calidad, sin perjuicio de poder atender pedidos de mayores volúmenes y una menor calidad cuando algún cliente lo solicite.

### 1.2 - Organigrama



### 1.3 - Historia del proceso productivo

El proceso de fabricación de cajas se puede dividir en dos etapas, la corrugación y la terminación. La etapa de corrugación se encarga de transformar las bobinas de papel en planchas de cartón corrugado de simple, doble o triple faz mientras que la

etapa de terminación imprime, corta y pega las planchas de cartón corrugado para lograr una caja terminada lista para enviar al cliente. Existen empresas en el sector que se especializan en corrugación, terminación o en ambas etapas conjuntamente. A continuación se describirá la historia de la empresa *CARTOX* donde se observa una marcada tendencia hacia integrar las distintas etapas y armonizar el proceso productivo.

La empresa *CARTOX* se fundó en el año 1967 en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires dedicándose a la producción de cartón corrugado de simple faz (comúnmente denominado "rollo") utilizado para proteger superficies y embalar productos diversos. Se expandió fuertemente en los primeros años incorporando cuatro corrugadoras de rollos acompañando el crecimiento de la demanda. En el año 1974 el proceso productivo comenzó una transformación incorporando una máquina corrugadora de doble faz, o "cartón".

Continuando con este cambio en el negocio, en el año 1980 se decidió concretar la compra de la primera máquina "*Print-Slotter*" y una cosedora manual permitiéndole a la empresa producir sus propias cajas de cartón corrugado. Con el objetivo de aumentar la producción de cajas terminadas, se encargó en 1985 la compra de una pegadora automática y una impresora de mayor calidad.

Como parte del cambio estratégico de la empresa, se discontinuó en 1992 la producción de rollos simple faz haciendo foco en la producción de planchas de cartón corrugado doble faz y envases de cartón. Cuatro años después, se incorpora otro cabezal corrugador para producir cartón corrugado de doble y triple faz permitiéndole a la empresa abarcar una mayor cantidad de pedidos en cuanto a calidad y tipo de corrugado.

Como consecuencia del crecimiento de la empresa, surgió la necesidad de contar con más lugar para albergar maquinas, almacenar materia prima y materiales en proceso. Estas urgencias generaron que en el año 2001 se concretase la mudanza de la planta industrial hacia un predio ubicado en zona sur con el doble de superficie útil disponible (3600 m<sup>2</sup>). Durante el proceso de mudanza, se incorporó una máquina terminadora automática que imprime, corta, dobla y pega la caja con una productividad mayor que los equipos anteriormente instalados, sin embargo, el cuello de botella seguía siendo la corrugadora que producía una cantidad deficitaria de planchas de cartón corrugado para alcanzar la producción. A partir de ese momento, la necesidad de comprar a terceros las planchas de cartón corrugado fue incrementándose hasta el punto de comprar el 30% del cartón corrugado a terceros para suplir los pedidos. La última incorporación de tecnología fue una cosedora automática para reducir la mano de obra en ese proceso que era manual hasta 2013.

La Historia de la empresa relata cambios en la estrategia del negocio incorporando máquinas y equipos que acompañaron el crecimiento mediante aumentos de la capacidad productiva, tercerizaciones y contratos de fazón. Actualmente la empresa desea seguir el camino de expansión y se ve obligada a tomar una decisión que le permita producir las planchas de cartón corrugado que la empresa demanda para satisfacer sus pedidos.

### 1.4 - Cartón corrugado

#### 1.4.1 - ¿Que es el cartón corrugado?

El cartón corrugado es un material utilizado fundamentalmente para la fabricación de envases y embalajes. Generalmente se compone de tres o cinco papeles siendo los exteriores lisos y los interiores ondulados, lo que le otorga a la estructura una gran resistencia mecánica.

El cartón corrugado es un material de celulosa que está formado por la unión de varias hojas lisas que uno o varios ondulados mantienen equidistantes, confiriéndole la propiedad de ser indeformable.

- Las hojas lisas exteriores se llaman "**Liners**" o "**caras**".
- Las hojas lisas intermedias se llaman "**caras lisas**".
- Las hojas onduladas se llaman "**onda**" o "**médium**".

Se utilizan entonces dos tipos de papel:

- El papel exterior, denominado **LINER**, confiere la característica de impermeabilidad al cartón y aporta resistencia al embalaje, es el encargado de transferirle resistencia a la perforación. Es la parte visible (exterior) y su composición microscópica está dada por fibras bidireccionales (en cuadrilla) que le otorgan esa propiedad física. *Ver figura 1.1*
- El papel interior, denominado **ONDA**, que aporta la resistencia a la compresión del cartón (en forma longitudinal), aumenta la rigidez a la flexión y confiere una elasticidad parcial ante situaciones de aplastamiento. Su composición a nivel microscópico, a diferencia del *liner*, está dada por fibras unidireccionales (en línea). *Ver figura 1.1*

**Figura 1.1**



La combinación de estos dos tipos de papel es la que le otorga al cartón , y posteriormente la caja, la propiedad de ser indeformable.

Existen sin embargo, distintas estructuras del cartón corrugado, dependiendo de la finalidad que tenga el mismo y la resistencia final que se desea obtener. Las distintas combinaciones de las capas anteriormente mencionadas le otorgan al cartón diferentes propiedades.

## Modernización de una línea de corrugación

- El **SIMPLE FAZ**: Está formado por un *liner* y un ondulado (*onda*), unidos entre sí con cola. Este es el modulo elemental de todo cartón corrugado, impuesto por la tecnología de fabricación.



Actualmente sirve como cartón de embalaje y como complemento (para interiores de caja, como los separadores). El crecimiento de otros productos alternativos para embalaje simple, como el papel film, ha logrado que la demanda de este producto baje significativamente, por lo que hoy en día casi no se comercializa.

- El **DOBLE FAZ**: Al añadir una segunda capa de *liner* en el lado opuesto del simple faz, se forma el doble faz también llamado “*simple wall*”.



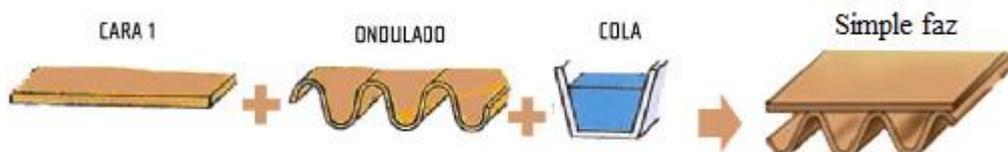
Actualmente es el que más se fabrica, puesto que la mayoría de las cajas utilizan este tipo de cartón dada su rigidez y simpleza.

- El **TRIPLE FAZ**: Si al cartón corrugado doble faz se le agrega un simple faz, se obtiene un cartón con doble onda, más grueso y más resistente.

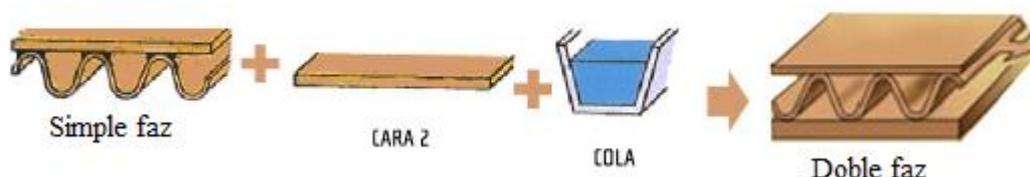


Aunque es menos utilizado que el doble faz, este cartón es ideal para cajas que requieren mucha resistencia. El cartón es más grueso y su costo es mayor, pero le otorga al mismo propiedades mecánicas mucho más notables que el doble faz. Los siguientes diagramas muestran, a grandes rasgos, como se realizan las diferentes estructuras del cartón y que materias primas son utilizadas.

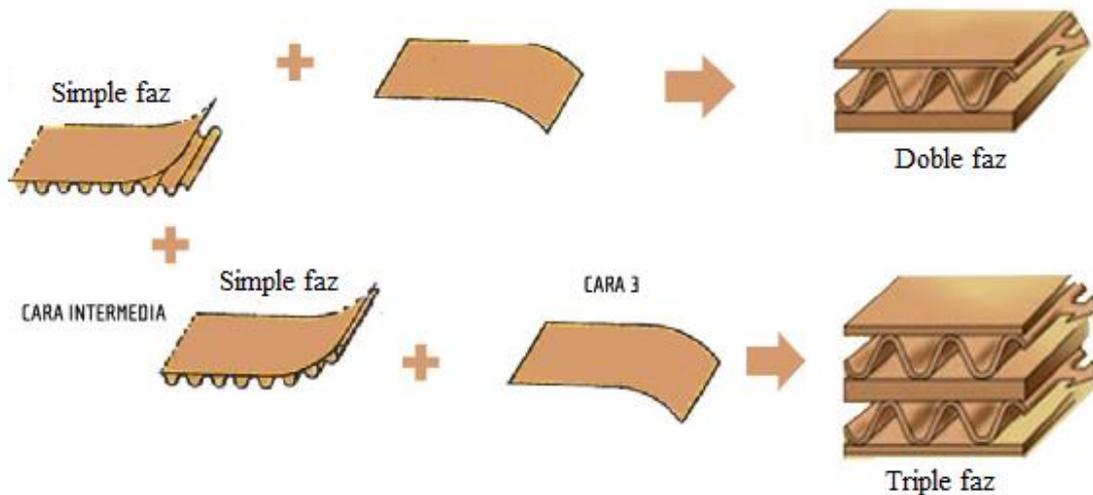
### Simple faz:



### Doble Faz:



### Triple Faz:



### Aspectos que caracterizan el cartón corrugado:

El cartón corrugado permite, en las mejores condiciones, la manipulación, el almacenamiento, la entrega y la presentación de los productos. Además, es un elemento imprescindible para el transporte de los mismos, ya que conserva su calidad original desde los lugares de producción hasta destino final.

El cartón corrugado es, hoy en día, el material más utilizado en embalaje, porque es el único que cumple simultáneamente funciones tan distintas como:

- Agrupación de productos.
- Protección de estos contra impacto, vibraciones, luz, polvo y robo durante la manipulación, el almacenamiento y la entrega.
- Identificación de los productos.
- Presentación y promoción, mediante la utilización de las cubiertas exteriores como soporte de información y publicidad.

Gracias a su gran adaptabilidad, el cartón corrugado es un embalaje hecho a medida, concebido y realizado para responder específicamente, y al menor costo, a todas las necesidades del usuario. Además cumple con las exigencias de transporte y distribución por sus cualidades prácticas y es un excelente soporte para la impresión.

Por otra parte, es un material que se puede salvar, que en la industria papelera se recupera y recicla para fabricar nuevos embalajes. También es biodegradable, lo que le otorga una ventaja con respecto a los plásticos.

### 1.4.2 - Materias primas

Como se mencionó anteriormente el papel corrugado está formado por tres materias primas básicas:

- Papel (**Liner**)
- Papel (**Onda**)
- Adhesivo de cola.

Las funciones de la **onda** son:

- Aporta la resistencia a la compresión de la caja.
- Fundamentalmente dan resistencia al apilado.
- Aumenta la rigidez a la flexión.
- Confiere una elasticidad parcial ante situaciones de aplastamiento y resistencia a impactos de la caja.
- Da un grosor inicial al cartón.

Las funciones de los *liners* son:

- Aportan resistencia al embalaje.
- Confieren características de imprimibilidad a la caja.
- Resistencia a la flexión.
- Resistencia al estallido.
- Resistencia al desgarro.
- Resistencia al apilado.

Las funciones del adhesivo son:

- Une de forma rápida y duradera los distintos papeles.

### Papel

El papel es una hoja continua, compuesta de fibras de origen vegetal unidas entre sí. La red fibrosa constituida contiene gran cantidad de aire, siendo este más de la mitad de su volumen. Por ende, el material es poroso, lo que la diferencia de las películas plásticas. La unión de las fibras son las que le dan cohesión y resistencia al material. Esta unión puede ser natural, donde la unión se consigue con el agua, o artificial, donde se añaden productos químicos que la favorecen. Por consiguiente, las fibras celulósicas son la materia prima para la fabricación del papel. Las mismas se pueden presentar de dos maneras:

- **Pasta de papel:** Provenientes directamente de la madera (fibras vírgenes).
- **Papel reciclado:** Es un papel ya fabricado que se vuelve a emplear como materia prima, después de haber cumplido sus función.

La resistencia del papel está en función del grado de unión que hay entre las fibras, es decir:

1. Del número de fibras.
2. Del número de uniones que hay entre diversas fibras.
3. De la resistencia o fuerza de esas uniones.

Las propiedades del papel se pueden categorizar según:

- Propiedades físicas:
  1. Aspecto del papel: Color (blanqueado o crudo), estado de la superficie, etc.
  2. Estructura y textura: Gramaje, espesor, humedad, permeabilidad, etc.
- Propiedades mecánicas: Resistencia y rigidez.
- Propiedades específicas: Relacionadas con la humedad y permeabilidad.
- Propiedades de uso: En lo que se refiere a la aptitud de uso; transformación, ondulación, apto para contacto con los alimentos, etc.

1. Aspecto: Dado que la **onda** esta oculta entre los **liners** la misma no es visible y por ende su color siempre será crudo. En cambio, el **liner** puede tener un color blanco o crudo, dependiendo de las necesidades del cliente.
2. Gramaje: El gramaje es un término que determina la cantidad de masa de papel que hay por unidad de superficie. Se expresa en gramos por m<sup>2</sup>. Es una propiedad fundamental del papel ya que diversas características, como la resistencia mecánica, están directamente relacionadas con esta propiedad. Sin embargo, es una fuente frecuente de errores ya que el gramaje no es sinónimo de calidad del papel. La calidad del papel corresponde a como fue fabricado; así un papel fabricado con pulpa virgen es de mayor resistencia y mayor calidad que un papel reciclado. Los papeles vírgenes (**Kraft** o **Kraftliner**) tienen la misma resistencia a la rotura que los papeles reciclados (**Testliners**) con un gramaje mucho menor. Otra característica es que los **Kraftliners** al aumentar su gramaje aumentan su resistencia casi proporcionalmente, mientras que los reciclados llegan un punto donde se estancan y agregar gramaje no agrega ninguna ventaja.

El gramaje también es fundamental dado que las bobinas de papel se compran por tonelada, pero se usan por metros, por ende a mayor gramaje la bobina presentará menor cantidad de metros disponibles para utilizar.

Los papeles para la **onda** pueden tener un gramaje de 90 a 210 g/m<sup>2</sup> siendo los más utilizados los de 110 a 150 g/m<sup>2</sup>. El papel para los **liner** va de 120 a 440 g/m<sup>2</sup> siendo lo más común de 140 a 200 g/m<sup>2</sup>.

3. Humedad: Se expresa como el porcentaje que hay entre la cantidad de agua que contiene el papel y su peso. La cantidad de agua modifica las propiedades del papel, si la misma es muy baja el papel se torna quebradizo y difícil de corrugar, mientras que si es muy alta pierde resistencia además de estar comprando menos papel y más agua. El porcentaje aceptable está entre un 5% y un 9%, siendo el ideal un 6% o 7%.
4. Permeabilidad líquido: Capacidad que tiene el papel de absorber un líquido, en general el agua. Los papeles **Kraft** tienen una permeabilidad casi nula, por lo que tienen la ventaja de no deteriorarse rápidamente frente a la exposición a la humedad.
5. Resistencia a la compresión: Se realizan ensayos sobre el papel para determinar su resistencia a la compresión utilizándose normas americanas (TAPPI). La resistencia a la compresión es de fundamental importancia en el papel de onda, aunque también se realiza para las caras. La resistencia a la compresión determina la carga de estiba que puede soportar la caja.
6. Resistencia al estallido: Define la capacidad que tiene el papel de resistir una presión local ejercida de manera progresiva. Se realizan ensayos sobre el papel para determinar su resistencia y es una característica importante de las caras del cartón. Se mide en Kilo-Pascales.

### Clasificación de los papeles:

- Kraftliners: Son papeles fabricados con fibra virgen (pasta *Kraft*) y se utilizan para los *liners*. Son los papeles de mayor calidad dado que no tienen porcentaje de reciclados. A un mismo gramaje que otros papeles presentan mucho mayor resistencia, además de que al aumentar el gramaje aumenta la resistencia casi linealmente. En Argentina, la mayor parte de este papel es importado desde Brasil.
- Testliners: Son papeles crudos donde predomina la fibra reciclada y también son utilizados para las caras. Su calidad es variable dependiendo de qué porcentaje de fibra virgen y fibra reciclada contenga. En el caso de estos papeles, la resistencia no aumenta linealmente con el gramaje, ya que llega un punto donde se produce una meseta y aumentar el gramaje no aumenta la resistencia. Existen varias plantas que fabrican este tipo de papel en Argentina.
- Onda semiquímica: Este papel se usa para las ondas. Su composición es una mezcla de reciclado y pasta virgen a la cual se la agregan productos químicos y virutas de madera para darle mayor dureza.
- Onda reciclada: Es un papel que se usa para onda, y si hacemos una analogía con los *liners* sería un *Testliner* dado que presenta un alto porcentaje de fibra reciclada.
- White top: Son dos papeles laminados que se utilizan para las caras. Del lado exterior tiene color blanco y del lado interior es crudo. El lado interior puede ser *Kraft* o *Test*.

### La cola

La cola es un elemento necesario y fundamental para la fabricación del cartón corrugado. Su función es la de unir las caras con las ondas, asegurando la estabilidad del producto final.

Para la fabricación del cartón corrugado se utilizan colas acuosas, a base de almidón. El almidón es el elemento activo en la adherencia de la cola. El almidón, en presencia de agua y elevada temperatura, entra en un proceso de gelatinización que es lo que le da la propiedad de adherencia.

Además del almidón se usan otros compuestos químicos para la fabricación del adhesivo que son:

- Sosa caustica: Su función es disminuir la temperatura necesaria para la gelatinización.
- Bórax: Reduce la viscosidad de la cola facilitando su distribución.
- Fungicida: previene desarrollos bacterianos.

### 1.4.3 - Tipos de onda

Teóricamente, el perfil de la onda debería tener forma de "V" para obtener la mejor relación resistencia del cartón / consumo de papel. En la práctica, la tecnología

## Modernización de una línea de corrugación

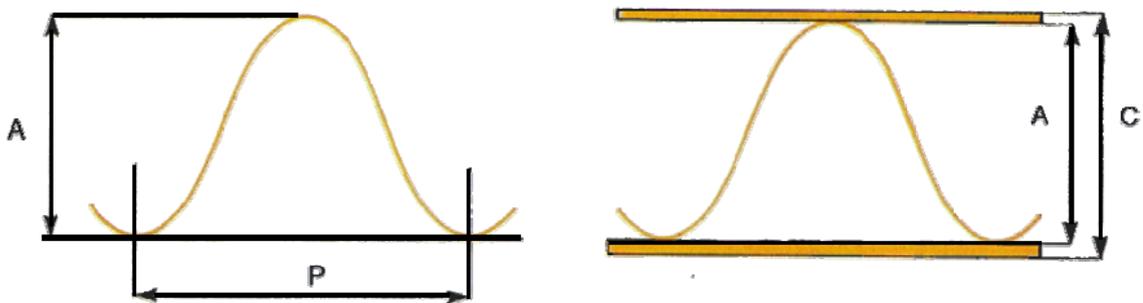
no permite la utilización de perfiles triangulares, por ende se usan perfiles sinusoidales que se asemejan a los engranajes mecánicos.

Ahora bien, existen distintos perfiles sinusoidales y a cada uno se lo caracteriza por:

- **Altura:** Distancia que hay entre el vértice y la base ancha.
- **Paso:** Distancia entre los vértices de dos canales consecutivos.
- **Número de ondas por metro.**
- **Coefficiente de ondulación:** Es la relación teórica que hay entre el largo del papel de la onda y el largo de la cara.

Cabe resaltar que la altura del corrugado es inferior al espesor del cartón ya que en la misma no se tiene en cuenta el grosor de las caras. A continuación una imagen que describe gráficamente las características de las ondas.

***Figura 1.2***



**Donde:**

A= Altura.

P= Paso.

C= Espesor del cartón.

En la industria existen una serie de ondas estandarizadas las cuales poseen diferentes características:

| Tipo de onda        | Altura [mm] | Paso [mm] | Numero de ondas por metro | Coefficiente de ondulación |
|---------------------|-------------|-----------|---------------------------|----------------------------|
| k (onda muy grande) | 6           | 11,7      | 90                        | 1,5                        |
| A (onda grande)     | 4,4 a 4,8   | 8,1 a 9,5 | 123 a 105                 | 1,48 a 1,60                |
| C (onda mediana)    | 3,5 a 4,0   | 7,0 a 8,1 | 143 a 123                 | 1,39 a 1,50                |
| B (onda pequeña)    | 2,4 a 2,8   | 6,0 a 6,8 | 167 a 147                 | 1,30 a 1,51                |
| E (micro)           | 1,1 a 1,4   | 3,0 a 4,2 | 333 a 238                 | 1,17 a 1,43                |
| F (mini micro)      | 0,75        | 2,4 a 2,7 | 416 a 370                 | 1,20 a 1,40                |

***Tabla 1.1: Tipos de onda***

Para darle la forma ondulada al papel, la máquina corrugadora necesita de rodillos especiales para cada tipo de onda. Estos rodillos son muy costosos y es por eso

que es muy común que las empresas cuenten solamente con dos o tres tipos de ondas distintos.

Al fabricante le interesa elegir un perfil que cumpla con los requerimientos de resistencia a la compresión utilizando la menor cantidad de papel posible. Los perfiles más utilizados son los B, C, E y F.

Las ondas E y F entran en la categoría de microcorrugado, que si bien pertenecen a la industria del cartón corrugado, tienen características muy diferentes al resto de las ondas. Generalmente este tipo de material no se utiliza como embalaje de productos industriales ya que no tienen la resistencia suficiente, pero dado que tienen una muy buena superficie lisa por su alto número de ondulaciones por metro, presenta una muy buena imprimibilidad, lo que la convierte en el cartón competidor de la cartulina. En la jerga se dice que las empresas que se dedican a este tipo de corrugado son más bien imprentas que corrugadoras.

Las ondas B y C son las más utilizadas en la fabricación de las cajas, siendo la C la principal con más de un 90 % de la producción total. Se utiliza más la onda C dado que la B presenta poca rigidez por el reducido espesor que tiene, mientras que la C presenta buena rigidez y buena resistencia a la compresión.

La empresa en cuestión cuenta solamente con la capacidad para producir las ondas C y B, siendo la C su mayor producción por amplio margen. La onda B se reserva para casos especiales que el cliente requiera un bajo espesor por cuestiones de espacio y para cuando se realizan planchas de triple faz, donde una onda es de tipo B y la otra es de tipo C.

### 1.5 - Industria del corrugado en Argentina

En Argentina hay 136 empresas pertenecientes a la industria del corrugado, empleando a 6200 personas de manera directa.

#### 1.5.1- Composición empresarial de la industria

De las 136 empresas dedicadas a la producción y comercialización de productos de la industria del cartón corrugado, 125 son consideradas Pymes. Las empresas se pueden segmentar por tamaño y por nivel de integración. Las empresas integradas son aquellas que además de producir el cartón corrugado producen el papel que se utiliza en la producción del cartón, por lo cual son empresas con una estructura mucho más grande y de capital intensivo. Estas empresas integradas pueden tener déficit o superávit de papel, por lo cual dependiendo de cada caso necesitan comprar más papel a un tercero o vender el excedente que no utilizan.

Según la cámara argentina de fabricantes de cartón corrugado (CAFCCO) la segmentación del mercado de cartón corrugado se compone de:

| Categoría               | Participación | Acumulado | Empresas | Ejemplos                    |
|-------------------------|---------------|-----------|----------|-----------------------------|
| Grandes integrados      | 57%           | 57%       | 3        | Cartocor; Zucamor y Smurfit |
| Medianos Integrados     | 16%           | 73%       | 7        | Santa angela; Don Torcuato  |
| Medianos Chicos y Micro | 15%           | 88%       | 17       | Impaco; curupel             |
| Total                   | 12%           | 100%      | 109      | CARTOX                      |
|                         | 100%          | 100%      | 136      |                             |

**Tabla 1.2: Participaciones de mercado por categorías**

Con un volumen de producción de cinco millones de metros cuadrados en el último año, la empresa *CARTOX* entra en la categoría de pequeña. Por lo que realizar la renovación del equipo con mayor capacidad sería un incremento importante en la capacidad de la fábrica.

### 1.5.2 - Mercados a los que abastece

Los productos del sector del cartón corrugado se venden a empresas y organismos en los cuales existe la necesidad de envases y embalajes, bien sea para uso interno, por exigencias de logística, de mercado o de marco legal. Las empresas pueden ser estatales o privadas de muchos sectores distintos. El consumo de embalajes es algo inherente a los productos, bienes o servicios y, en consecuencia, una necesidad primaria para cualquier empresa que necesite embalar, almacenar, transportar y vender bienes de consumo.

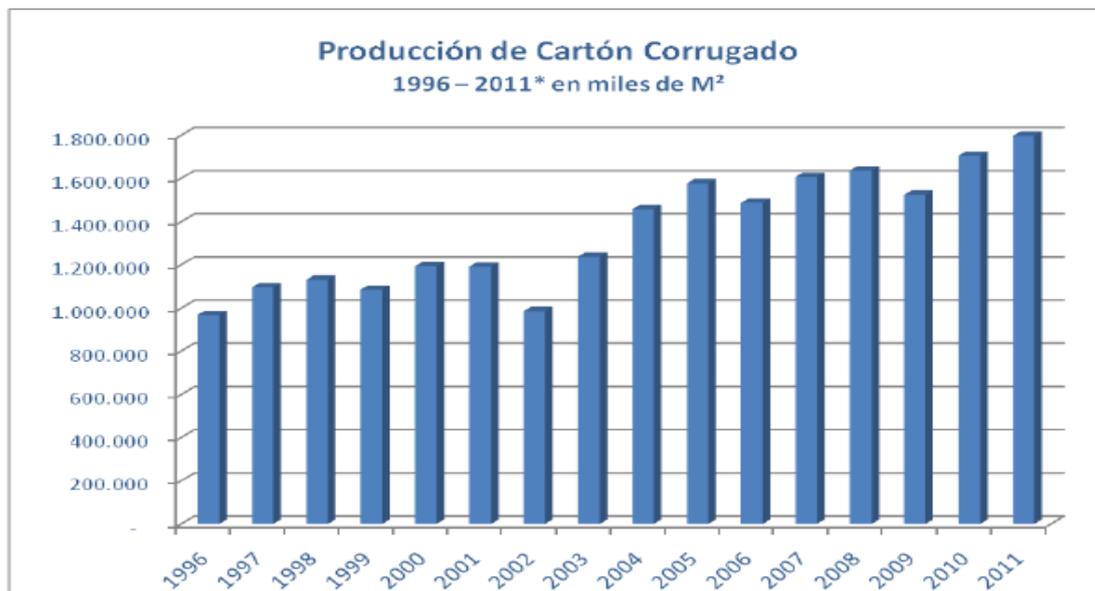
Los sectores de la industria que más demandan envases y embalajes de cartón corrugado son:

- Productos agrícolas
- Productos alimenticios
- Bebidas
- Audio, electrónica, automoción
- Productos químicos, limpieza y perfumería
- Cerámica, vidrio y caucho
- Papelería
- Tabaco
- Textil
- Otros

La venta de embalajes de cartón corrugado está encuadrada mayoritariamente en la venta a empresas productoras o comercializadoras de productos industriales. La demanda de estos productos está íntimamente ligada con el PBI ya que la gran mayoría de las empresas utilizan este tipo de embalajes y envases para proteger sus productos y comercializarlos.

El sector suele tener un recorrido similar al del crecimiento general de la economía. Siendo eminentemente pro-cíclico. Las series históricas permiten inferir que por cada punto porcentual de crecimiento del PBI, es sector se expande en un 1,1/1,2%.

En los próximos años el sector tiene una expectativa de evolución importante, principalmente con el desarrollo de segmentos como el del microcorrugado (ondas bajas como la E o la F), que permitan avanzar desde el depósito hasta la punta de góndola, siguiendo una tendencia global al respecto. Además se espera una continuidad de la sustitución de otros materiales por cartón, como se da con el plástico y la madera.



***Grafico 1.1: Producción histórica nacional de cartón corrugado***

Como se observa en el gráfico, a lo largo de los años la producción de cartón corrugado ha ido copiando los ciclos económicos que sucedieron en el país a lo largo de los últimos 20 años y, lógicamente, lo seguirá haciendo siempre y cuando no haya un cambio radical en la manera de embalar y envasar productos.

### 1.5.3 - Clientes de *CARTOX*

La empresa *CARTOX* a lo largo de su historia ha suplido la demanda de diversos clientes pertenecientes a diferentes sectores de la industria pero de manera no intencionada, en los últimos años tomó mucha fuerza en el sector industrial dedicado a la construcción. Los embalajes y envases que se demandan son a medida en su mayoría y de complejidad creciente para cumplir con sus exigencias.

Los embalajes y envases utilizados en griferías, inodoros, bidets, lavamanos, etc. tienen que ser resistentes y adaptarse al producto para lograr una protección eficiente, es por ello que se demandan embalajes troquelados que se adaptan al producto y a la caja, para evitar que en el transporte exista movimiento relativo entre ellos.

Es importante destacar que en el sector existen estrategias comerciales basadas en la calidad, volumen, especialización y precio. La empresa *CARTOX* se ha focalizado en captar clientes exigentes que priman la calidad para sus envases y que necesitan soluciones innovadoras para productos a medida. Este nicho de clientes suele ser más rentable y de menor volumen que aquellos que buscan precios bajos y grandes cantidades.

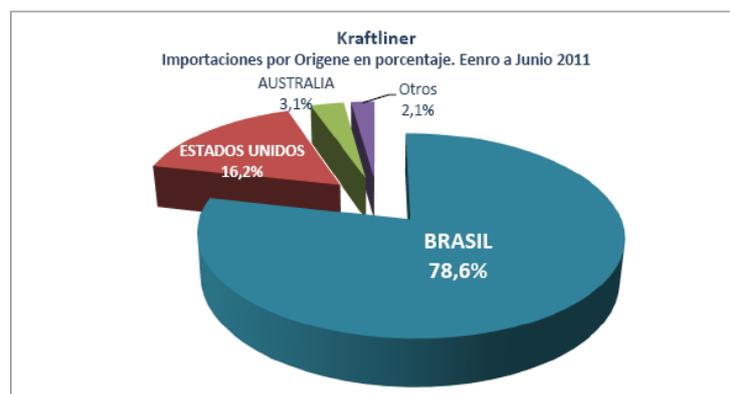
La empresa, entonces, se focaliza más en cajas de alta calidad y de mayor complejidad con pedidos relativamente pequeños. La elección de este nicho se debe, por un lado a la imposibilidad de competir en precio con las grandes empresas, que producen enormes volúmenes para clientes que buscan baja o media calidad y gran cantidad, donde el factor decisivo es el precio. Y por otro lado, la ventaja de captar un mercado no atendido de clientes con pedidos relativamente chicos que las empresas grandes no atienden.

### 1.5.4 - Proveedores del sector

Los proveedores de papeles los podemos diferenciar en 3 grandes grupos:

- *Kraftliner*
- *Testliner*
- Onda reciclada

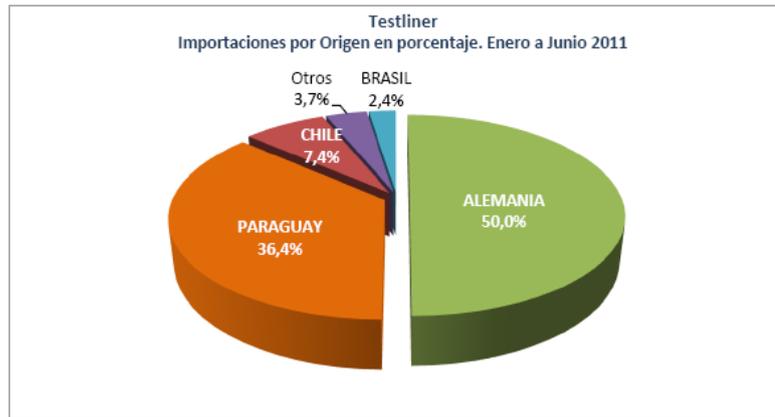
*Kraftliner*: Existe en el país un único proveedor de esta materia prima tan demandada por el sector y es deficitario aportando solo el 10% del total de las necesidades de *kraftliner* en el país, debiéndose importar el 90% restante. En el *gráfico 1.2* se puede observar cómo se componen las importaciones de este material.



**Gráfico 1.2:** Importaciones de *Kraftliner* por orígenes en porcentaje.

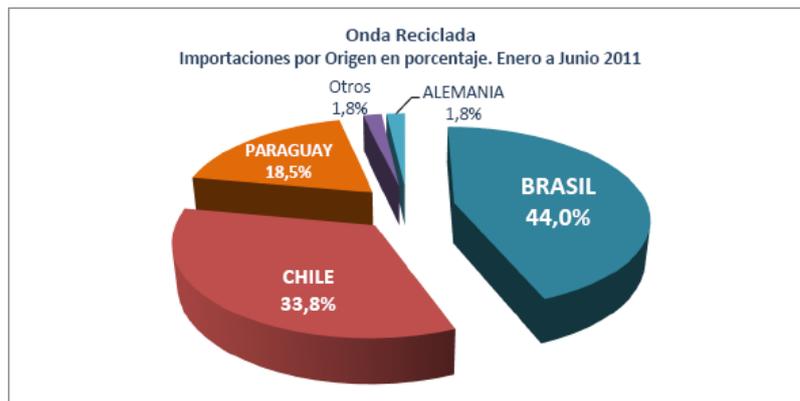
*Testliner*: Esta materia prima es de inferior calidad que el *kraftliner* ya que posee un porcentaje de cartón reciclado. La producción local de este material no llega a cubrir las necesidades del sector y se debe importar grandes volúmenes de países como Alemania y Paraguay como muestra el *gráfico 1.3*.

## Modernización de una línea de corrugación



***Gráfico 1.3: Importaciones de Testliner por orígenes en porcentaje.***

Onda reciclada: Al igual que el *Testliner*, este papel se compone de un porcentaje de cartón reciclado que varía según la calidad requerida. Actualmente se debe importar porque al igual que lo que ocurre con las demás materias primas, la producción local es deficitaria debiéndose importar países como Brasil y Chile (ver gráfico 1.4).



***Gráfico 1.4: Importaciones de Testliner por orígenes en porcentaje.***

## 2 – PROCESO PRODUCTIVO

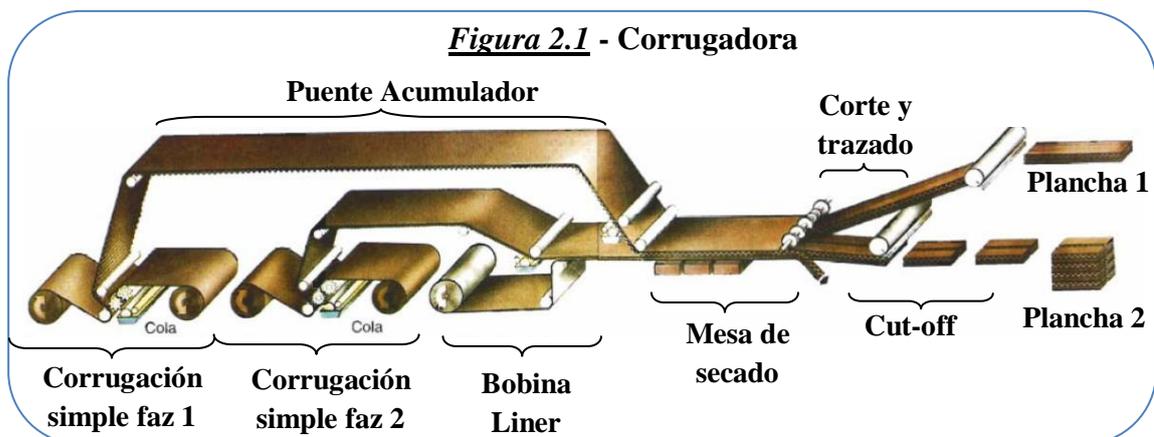
Todo el proceso de fabricación de cajas, desde sus insumos, hasta su almacenaje, se divide en dos grandes sectores, que en la empresa *CARTOX* están debidamente sectorizados: La etapa de corrugación y la etapa de terminación.

### 2.1- Etapa de corrugación

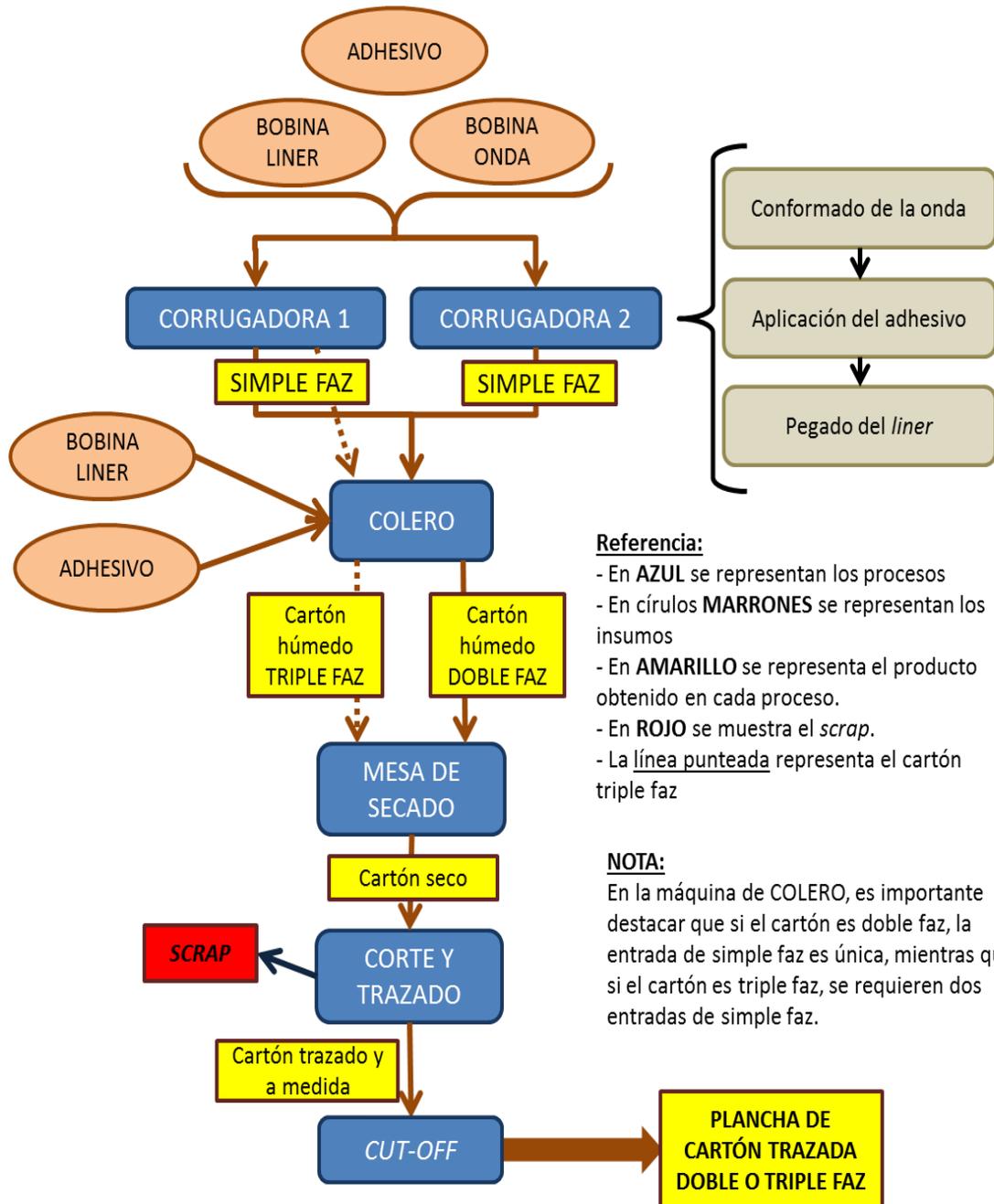
En esta etapa se pueden distinguir varios procesos:

- Elaboración del adhesivo
- Corrugación
- Secado
- Corte y trazado
- *Cut-off*

Todos estos procesos, se llevan a cabo en una gran máquina denominada Corrugadora. La corrugadora se compone de varios módulos que realizan las operaciones necesarias para obtener el producto final de esta etapa (planchas de cartón corrugado cortadas y trazadas). A continuación se puede observar un esquema básico de corrugadora en el cual se aprecian los distintos módulos y el recorrido que realiza las láminas de papel y el cartón en su proceso de conformación final.



Para poder comprender el proceso, es necesario reconocer y entender cada una de las operaciones de conversión involucradas. Antes de explicar los diferentes procesos de la corrugadora se elaboró un diagrama de procesos para explicitar paso a paso cuales son los procesos, insumos, producción en proceso y productos terminados a lo largo de la línea.



**Esquema 2.1:** Representación esquemática del proceso de producción de planchas de cartón corrugado.

### 2.1.1 - Elaboración del adhesivo

Para la elaboración del adhesivo, que se encarga de unir las capas de *liner* con la onda interior, la empresa fabrica un engrudo compuesto principalmente por almidón y agua. Para aumentar la resistencia, la velocidad de secado y otras propiedades más, a esa mezcla, se le agregan ciertos aditivos como la sosa caustica.

Esta mezcla se realiza en un tanque (ver foto 2.1), diariamente y continuamente. La razón de su constante producción no solo es por la cantidad que se utiliza, sino además, dada su composición orgánica y su humedad, no puede ser almacenada por

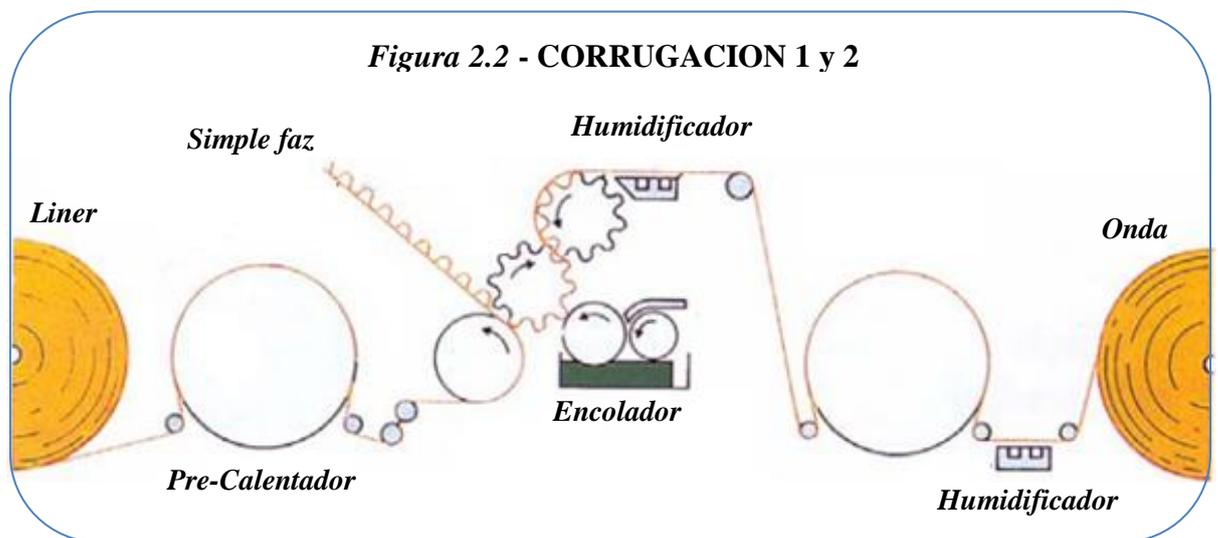
más de 24 horas, sin que la misma comience un proceso de putrefacción y se vuelva inutilizable.

Una vez obtenido el adhesivo, el mismo es bombeado a otro tanque de almacenamiento superior y luego es suministrado a las máquinas de corrugado mediante tuberías por el solo accionar de la gravedad.

### 2.1.2 - Corrugación

La transformación propiamente dicha del papel en cartón corrugado tiene lugar en la etapa de corrugación.

La línea de producción comienza con la disposición de los bobinados de papel (ver foto 2.2) de ambos tipos (*liner* y *onda*) en las máquinas, de forma horizontal. Las mismas alimentan de forma continua las máquinas **Corrugadoras**.



La empresa posee actualmente dos máquinas corrugadoras (ver foto 2.3a y 2.3b). Estas, mediante la utilización de rodillos dentados de metal a alta temperatura, se encargan de darle la forma ondulada, al papel onda, mediante la combinación de presión y calor. Inmediatamente después de haberse conformado la ondulación en el papel onda, el material es impregnado con adhesivo para poder ser unido al papel *liner*, saliendo así de la máquina un cartón simple faz que se dirige hacia una estructura elevada denominada **punto acumulador**. Este punto cumple la función de:

- Transportar el cartón.
- Almacenar temporalmente y propiciar un secado adecuado del pegamento.
- Construir una reserva entre simple y doble faz ya que estos funcionan a distintas velocidades a la hora de cambiar las bobinas.

Ambas corrugadoras tienen el mismo funcionamiento y poseen la misma tecnología. Están dispuestas en línea, y su *out-put* es transferido a la parte superior de la línea (aproximadamente 2 metros de altura del suelo). La línea continúa sobre el nivel superior para dar espacio a la segunda corrugadora y a las bobinas de papel.

## Modernización de una línea de corrugación

Una vez obtenidos los simple faz de ambas corrugadoras, la línea continua hacia el **Colero** (ver foto 2.4). Esta máquina se encarga de pegar el simple faz con la capa *liner* final. Dependiendo de qué tipo de cartón se quiera obtener, la máquina tendrá distintas configuraciones para así lograr conseguir el doble faz o triple faz. Las configuraciones son:

Doble faz: simple faz (de corrugadora 1 o 2) + *liner*

Triple faz: simple faz (de corrugadora 1) + simple faz (de corrugadora 2) + *liner*

Una vez obtenido el cartón, la línea pasa por la **Mesa de Secado** (ver foto 2.5) donde se le aplica calor mediante mecheros a gas desde la parte inferior. En la parte superior se colocan pequeñas planchas de metal, estas generan una pequeña presión por peso sobre el cartón mientras este se desliza. De esta forma el calor es uniforme y a la salida se obtiene un cartón seco y con sus partes adecuadamente adheridas.

Al final de la mesa de secado, se ubica un módulo encargado de arrastrar el cartón ya corrugado mediante una serie de ruedas de gomas. En el comienzo de la producción o cuando debe hacerse cambios de materia prima, es necesario direccionar manualmente el cartón corrugado hacia este medio de tracción para que el proceso pueda seguir de manera autónoma.

Finalmente, luego del secado, el cartón corrugado pasa por la máquina de **Corte y Trazado** (ver foto 2.6). La misma cumple dos funciones: cortar al cartón longitudinalmente de manera continua (donde corresponda) teniendo en cuenta las medidas de la caja, y aplicar presión tal que el cartón adquiera una marca (trazado) en los lugares donde posteriormente se hará un pliegue.

Durante este proceso, se genera un desperdicio (o *scrap*) que corresponde a la diferencia entre las especificaciones de la caja (luego del corte longitudinal) y el ancho real de la bobina de papel.

Por último, el cartón corrugado ya con su respectiva medida y trazado, pasa por la máquina de **Cut-Off** (ver foto 2.7a y 2.7b) que corta al cartón transversalmente, generando así planchones de cartón corrugado con sus respectivos trazados. Los planchones finales son apilados en un pallet para luego ser almacenados o, en su defecto, pasar al siguiente proceso.

A continuación se muestran y describen las fotos de cada etapa del proceso de corrugación.



**Foto 2.1:** Tanque de mezcla para adhesivo (en la parte inferior se puede observar el motor de la bomba que se encarga de suministrar el fluido al tanque superior)



**Foto 2.2:**  
Bobina de papel



**Foto 2.3a y 2.3b:**

**Corrugadora** (corresponde a la primera en la línea). En la primera foto se puede observar la parte superior donde se dispone el cartón simple faz. En la segunda foto se observa la llama que calienta los rodillos para el conformado de la onda.



**Foto 2.4: Colero.** En este caso se muestra la conformación de un “triple faz”. En la imagen se observan las tres líneas correspondientes a las dos hojas simple faz y el *liner* (debajo).



**Foto 2.5: Mesa de Secado.** La parte superior corresponde a las planchas de acero, estas no solo mantienen el calor uniforme en todo el cartón, sino que aplican cierta presión para ayudar a adherir las partes.



**Foto 2.6: Corte y Trazado.** Se puede observar en los laterales, el *scrap* que se genera luego de los cortes. Aunque imperceptibles en la imagen, el cartón además de los cortes posee trazados para sus posteriores pliegues.



**Foto 2.7a y 2.7b: Cut-Off.** En la imagen de la izquierda se puede observar la plancha final de cartón corrugado. A la derecha la pila final de los planchones.

### 2.1.3 - Productividad de corrugación

Es una costumbre del sector medir la productividad de una línea de corrugación en base a la cantidad de metros cuadrados que la máquina es capaz de corrugar en un determinado tiempo (por ejemplo  $m^2/h$ ). Este tipo de indicador no se relaciona de manera directamente proporcional con la tecnología de la corrugadora ya que lo que el fabricante de la máquina asegura es una **velocidad** de corrugación lineal, esto quiere decir que la **productividad superficial** de corrugación dependerá del ancho de la bobina de papel que se esté corrugando en la máquina. Por esta razón es que la capacidad de consolidar pedidos que permitan corrugar con un ancho de bobina mayor incrementará la **productividad superficial** manteniendo la velocidad de corrugación constante. Independientemente de la tecnología que posea la máquina corrugadora, corrugar triple faz es más lento que corrugar doble faz y ello indefectiblemente repercute en los costos.

## 2.2 - Etapa de terminación

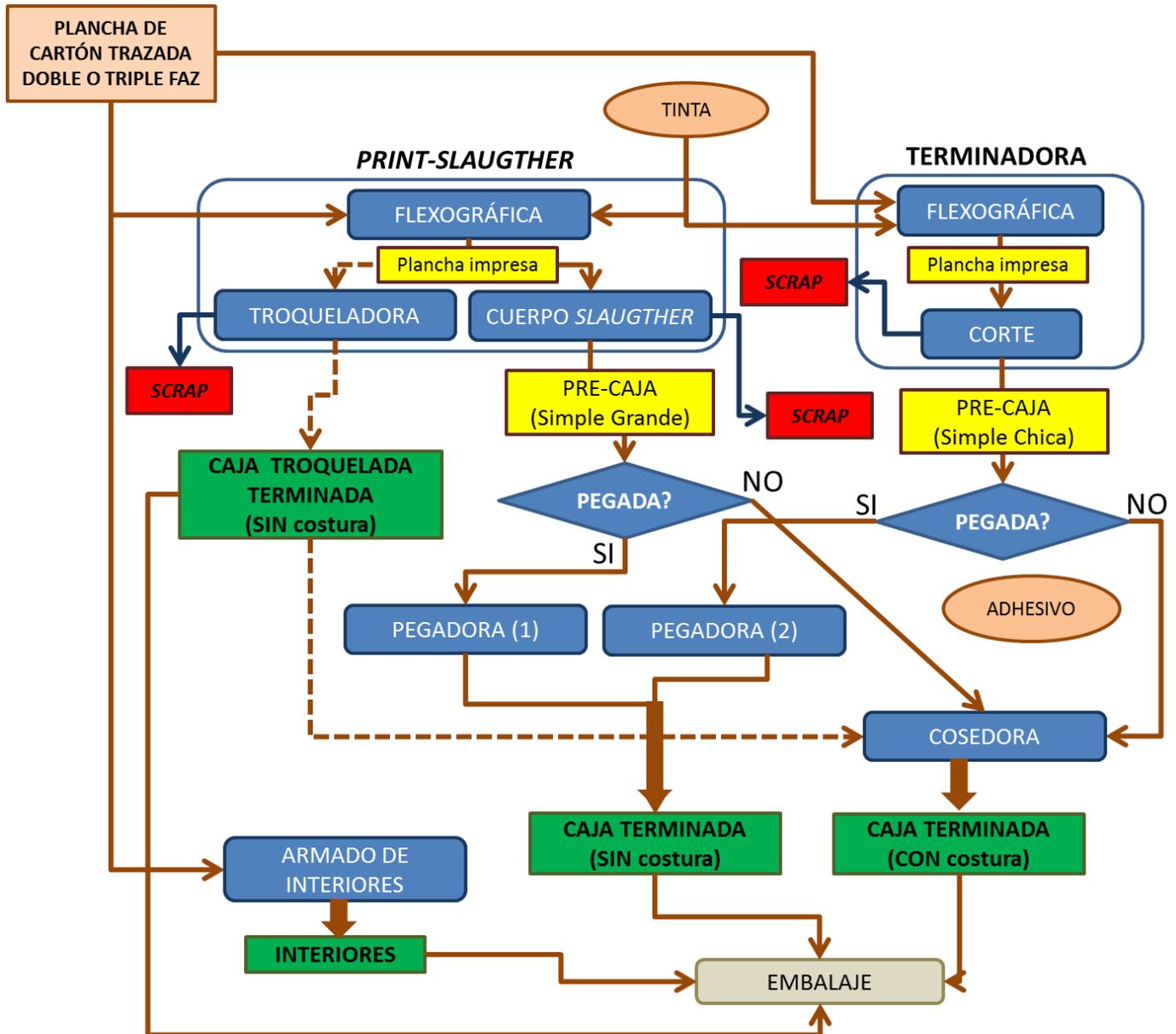
Hasta este punto el proceso es continuo, puesto que a medida que se desenrollan los bobinados el producto va cambiando hasta convertirse en planchas de cartón trazado con sus medidas específicas. Una vez obtenidas estas planchas, el proceso de terminación se realiza por caja.

En esta etapa se pueden distinguir los siguientes procesos:

- Impresión
- Corte o Troquelado
- Pegado
- Cosido

## Modernización de una línea de corrugación

A modo esquemático y para comprender mejor el proceso, a continuación se muestra el diagrama correspondiente a la etapa de terminación, desde la plancha de cartón previamente trazada y cortada, hasta la obtención final de la caja:



### Referencia:

- En AZUL se representan los procesos.
- En MARRÓN se representan los insumos.
- En AMARILLO se representa el producto obtenido en cada proceso.
- En ROJO se muestra el scrap.
- En VERDE los productos terminados.
- La línea segmentada representa las "complejas"

**Esquema 2.2:** Representación esquemática del proceso de producción de terminación de las cajas de cartón.

Como se puede observar, dependiendo del producto que se desee obtener, el proceso finaliza en distintas etapas, variando según la especificación del cliente.

Para la etapa de terminación, la empresa cuenta con dos líneas de producción diferentes y, dependiendo de las especificaciones de la caja a fabricar se utiliza una u otra. La diferencia viene dada por si la caja necesita o no ser troquelada y su tamaño:

La primera es la *print-slotter* (ver foto 2.8): Esta máquina, realiza la impresión de la plancha, luego se tiene la opción de pasar por la troqueladora (donde se realiza el troquelado), o por la parte “*slotter*” (donde se realiza el proceso de corte). Por último, si corresponde, se tiene la parte de pegado, donde se le adhiere pegamento a las solapas. Este artefacto, al ser más versátil, cuenta con sus distintas estaciones separadas, acopladas entre sí por dos rieles sobre el suelo que permiten configurar la máquina manualmente según el tipo de caja que se desee obtener.

La segunda es la TERMINADORA (ver foto 2.12): Esta máquina realiza el proceso de impresión, corte y pegado de manera continua y más velozmente que la *print-slotter*.

En esta etapa de terminación entonces, se diferencian dos tipos de cajas que, a su vez, se dividen en dos grupos:

- Las cajas “**simples**” o “**de solapa**”: son las cajas cuyos cortes (o pliegues) internos solo involucran ángulos rectos (de 90°). Suelen ser las cajas rectangulares estándar, donde lo único que varía son el tamaño y las medidas. Este tipo de cajas se ensamblan uniendo las solapas y, dada su simpleza y baja complejidad, no requieren del uso de la troqueladora. A su vez, estas cajas pueden ser:
  - **Chicas:** tamaños inferiores o iguales a: 940 x 2280 (en milímetros)
  - **Grandes:** tamaños mayores a al anterior hasta un máximo de 1570 x 2630 (en milímetros)

Aclaración: Las medidas de 1570 x 2630mm queda restringida por las características técnicas de las maquinas que la empresa posee.

- Las cajas “**complejas**”: son las cajas cuyos cortes internos involucran diseños curvos o ángulos no rectos (distintos a 90°). Son la minoría de las cajas y su diseño depende de la especificación del cliente. Es el caso de, por ejemplo, cajas con agarraderas (óvalos para sujetar la caja), interiores de artefactos electrónicos, cajas especiales, etc.  
Dada su complejidad, para su confección se requiere utilizar un troquel (ver foto 2.10). La máquina encargada de realizar el corte e imprimir el trazado en cada caja, se denomina troqueladora (ver foto 2.11). Estas cajas a su vez se pueden diferenciar en dos grupos:
  - **De ensamble:** Dada la complejidad de la caja troquelada, habitualmente la mayoría de estas cajas suelen ser de ensamble. Esto significa que por su configuración de corte, la caja puede ser armada y ensamblada sin necesidad de pegado, con el solo pliegue de sus partes.
  - **De pegado:** Son las cajas troqueladas que además requieren de pegado. Para estas cajas se requiere una máquina especial que la empresa no posee, por lo que los pedidos de este tipo de cajas se rechazan.

A continuación se detalla el proceso para cada uno de los tres tipos de caja que se producen:

### 2.2.1 - Cajas simples grandes

#### **Impresión:**

Una vez obtenida la plancha de cartón trazado (longitudinalmente) de la etapa de corrugación, y con las medidas específicas según el requerimiento del cliente, la misma pasa por una etapa de impresión. Allí, mediante el uso de una máquina impresora flexográfica (*ver foto 2.8*), se le adhiere el dibujo (diseño) que podrá contar con hasta 3 tipos de colores distintos.

La impresora flexográfica es una máquina que mediante rodillos y clichés (*ver foto 2.9*) imprime cierto dibujo al cartón, utilizando tintas al agua. El cliché (o placa) es una plancha de goma (generalmente fotopolímero) cuya característica es la flexibilidad y su capacidad de adaptar su forma a superficies curvas.

Una vez obtenidos los clichés (mediante terceros según las características que el cliente haya especificado) los mismos son colocados en las impresoras flexográficas para la posterior impresión de las planchas, correspondientes a un pedido de cajas. Finalizado el lote, si el diseño de pedido subsiguiente es distinto, tanto las tintas a utilizar como los clichés son reemplazados.

En este proceso, cada estación corresponde a un color y por ende a un conjunto de rodillos y clichés. Una vez estampada la primera figura, la plancha pasa inmediatamente a la segunda estación donde se repite el proceso con el color subsiguiente (si corresponde). Este proceso se puede repetir hasta tres veces, con tres colores distintos en cada uno. El secado de la tinta es instantáneo, dadas las características de la tinta y del papel, por lo que no se generan distorsiones en el diseño ni en los colores a medida que avanza el cartón.

#### **Corte:**

En este proceso, la caja ya impresa (o lisa según el cliente haya o no solicitado una impresión) pasa por un proceso donde se le generan los cortes (y trazados transversales) para el posterior armado final de la caja. La plancha entonces, pasa por la parte *slotter* de la *print-slotter* mencionada anteriormente.

En este paso, la plancha de cartón pasa por rodillos debidamente posicionados que mediante cuchillas logran realizar el corte sobre el cartón.

Al finalizar este proceso se obtiene la pre-caja.

#### **Pegado:**

Si la caja corresponde a pegado, la pre-caja obtenida en el proceso anterior continúa hacia la pegadora (PEGADORA 1 en el diagrama) puesto que corresponde a la zona de pegado de la *print-slotter*. Allí, primero se le coloca adhesivo a las solapas (el mismo utilizado para corrugar) y luego se las une para conformar la caja final (sin armar). Al finalizar, las cajas se apilan sobre un pallet dónde termina la línea, para luego ser embalados.

Siendo que la cantidad de adhesivo que se coloca en la solapa no es significativamente grande, la etapa de secado se realiza con las planchas apiladas listas para el embalaje.

### **Cosido:**

Si a la caja, en vez de pegado, correspondería un cosido final, en vez de direccionarse a la etapa de pegado, las planchas son enviadas a la cosedora.

### **2.2.2 - Cajas complejas (o troqueladas)**

#### **Impresión:**

La etapa de impresión corresponde a la misma que para las cajas simples grandes, explicado anteriormente.

#### **Troquelado:**

A diferencia de las cajas simples grandes que van a corte, las cajas troqueladas, que requieren una configuración más compleja, pasan por la troqueladora, que en la fábrica se encuentra posicionada inmediatamente después de la parte *slotter* de la *print-slotter*.

La troqueladora, como se menciona previamente, logra imprimir cortes y trazados más complejos mediante el uso de troqueles. Estos últimos son armados a medida según las especificaciones del cliente.

El troquel es una plancha de madera curva (con la forma del rodillo) que cuenta con láminas de corte y trazado debidamente posicionadas. Se recuerda que el corte implica una separación puntual del cartón en la zona donde se desea cortar, mientras que el trazado solo implica una marca para un futuro pliegue.

Al finalizar esta etapa se obtiene la caja final troquelada, o la pre-caja (si la misma requiere un cosido final).

#### **Cosido:**

De corresponder, al igual que las cajas simples grandes, las planchas pasan a la cosedora.

### **2.2.3 - Cajas simples chicas**

#### **Impresión:**

El proceso de impresión es el mismo que para las cajas anteriormente mencionadas, aunque en este caso se utiliza la TERMINADORA. Al ser más moderna la máquina funciona tres veces más rápido que la *print-slotter*, pero solo admite cajas simples chicas dadas las dimensiones de la máquina.

El proceso de impresión en si es equivalente al mencionado para las cajas simples grandes y, al igual que estas últimas, también se pueden aplicar hasta tres colores distintos.

## Modernización de una línea de corrugación

La plancha de cartón en este caso, pasa por un proceso continuo donde inmediatamente después de aplicar las impresiones se le aplica el corte.

### Corte:

Siguiendo con la línea continua, la plancha ya impresa pasa por dos rodillos donde se le aplican los cortes y trazados transversales. A pesar que la máquina es más veloz, el proceso es el mismo que el mencionado para cajas simples grandes.

Al finalizar este proceso se obtiene la pre-caja.

### Pegado:

De corresponder el pegado, la línea (con las pre-cajas finalizadas) continúa hasta la pegadora (PEGADORA 2) en el diagrama. Donde se le aplica adhesivo a las solapas, al igual que las cajas grandes. Luego las solapas son ensambladas para lograr la caja final (sin costura).

La etapa de secado, al igual que las cajas grandes, se realiza con las cajas apiladas listas para el embalaje.

### Cosido:

Si correspondiese un cosido para la etapa final de la caja, en vez de pasar por la etapa de pegado, la línea se interrumpe previamente a este proceso y es direccionada a la cosedora. Luego de aplicar la costura, se obtiene la caja final (con costura).

### Foto 2.8 Print-Slotter:

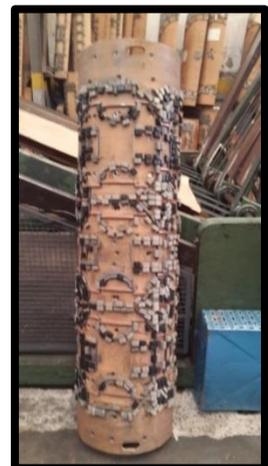
A) En la parte posterior (derecha) se puede observar la impresora flexográfica con tres clichés en el rodillo. B) En el centro se puede ver la parte *slotter* para cajas “simples” grandes.



**Foto 2.9: Cliché:** Un ejemplo de cliché de impresión para la impresora flexográfica. Como se puede observar, el texto está invertido.



**Foto 2.10: Troquel:** Un ejemplo de un troquel fuera de uso. Se puede ver la complejidad de los cortes finales





***Foto 2.11 Troqueladora:*** Se puede observar a un operario colocando un troquel en la troqueladora, las planchas de cartón pasan por entremedio de los rodillos, donde la presión de los mismos sobre el troquel logran imprimir la forma final.



***Foto 2.12 Terminadora:*** Se puede ver como la máquina, más moderna, posee el proceso continuo de impresión, corte y pegado. A la izquierda se puede observar el desperdicio (*scrap*) luego de la etapa de corte. En la foto se pueden diferenciar cinco

rodillos en el centro: tres corresponden a la parte de impresión (uno para cada color) y dos a la parte de corte.

### Interiores:

Para finalizar con la etapa de terminación, cabe agregar que la empresa cuenta con una zona más pequeña para la conformación de interiores. Los mismos son utilizados como adicionales en las cajas y se colocan en el interior, habitualmente, para prevenir golpes y roturas del material a colocar en las cajas.

Para el proceso de armado de interiores se requieren las mismas planchas que para las cajas, aunque usualmente suelen ser de simple o doble faz. Además, para economizar, la empresa intenta usar, en lo posible, los cortes sobrantes de otras cajas que de otra forma terminarían siendo desperdicio.

La siguiente foto muestra la zona donde se confeccionan los interiores.



***Foto 2.13: Armado de interiores.***

### **2.3 - Etapa de embalaje**

Para finalizar con el proceso, la empresa cuenta con una zona de embalaje al final de la línea productiva. Donde las cajas terminadas se apilan en el pallet y se las envuelve con un film *stretch* para poder manipular el pallet sin comprometer desequilibrios de carga. Otra característica de este método de embalaje es que protege al producto de la humedad, polvo y otros agentes que pudieran dañarlo en el depósito de productos terminados.

***Foto 2.14: Embaladora:*** se puede observar la máquina que coloca el film protector a las cajas ya finalizadas. El pallet, una vez embalado se mandará a depósito.



### 3 – DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

A lo largo de su historia, la empresa ha ido invirtiendo parte de su capital en activos fijos, lo que le permitió ir aumentando su capacidad instalada. En estas sucesivas inversiones y expansiones se ha ido intercalando el proceso o maquinaria que limitaba la producción total de la empresa. Así, hubo épocas en donde el cuello de botella se encontraba en la etapa de terminación, por lo que se mandaba a fazonear o se vendían planchas de cartón corrugadas sin terminación, como también hubo épocas en donde la capacidad instalada en la etapa de terminación era mayor a la de corrugación por lo que se compraban planchas de cartón a terceros y se armaban cajas con esas planchas para aprovechar ese excedente de capacidad.

Las últimas inversiones se realizaron en máquinas correspondientes a la etapa de terminación, por lo que su capacidad de procesamiento es mayor que el abastecimiento que le puede otorgar la corrugadora, siendo esta última el cuello de botella actual de toda la línea de producción. En los últimos años, dado un aumento en el nivel de demanda y por ende de ventas, la capacidad de corrugación de la fábrica ha sido insuficiente para poder suplir a esa demanda, por lo que la empresa se vio obligada a recurrir a la compra de planchas de cartón ya corrugadas a terceros.

A modo de ejemplificar la gravedad del problema, el último año aproximadamente un 30% de la totalidad del cartón utilizado fue comprado a terceros. Como es lógico suponer, la incapacidad de poder autoabastecerse en un 100% de las planchas de cartón y tener que recurrir a la compra a otras empresas, aumentan los costos operativos de la empresa y reducen los márgenes de ganancia. Además de impedir un mayor nivel de flexibilidad y autonomía a la hora de planificar la producción.

Además del problema en la capacidad de producción, se encuentra el problema del atraso tecnológico de la corrugadora actual. Como se comentó en la explicación del proceso productivo, para el proceso de corrugación es necesario otorgar calor. El método tradicional y más antiguo para otorgarlo es el conocido como llama directa, en donde los rodillos de la corrugadora se calientan poniéndolos en contacto directo con una llama. Alrededor de la década del 60 se produce un salto tecnológico y se comienzan a desarrollar máquinas donde el calor es otorgado por vapor de agua. En estas máquinas los rodillos son huecos y permiten el paso del vapor en su interior, de esta manera se obtiene una temperatura de los rodillos más homogénea y controlable. Actualmente la empresa trabaja con una máquina del año 1974, que utiliza la tecnología de llama directa, por lo que la compra de la nueva máquina significaría no solo un aumento en la capacidad instalada si no una modernización tecnológica.

A priori, es razonable analizar la posibilidad de una inversión tan importante para la empresa por las siguientes razones:

1. **Insuficiencia de la capacidad instalada actual:** Como se explicó en este apartado, la compra de planchas a terceros aumenta los costos operativos de la empresa y reduce los márgenes de ganancia.

## Modernización de una línea de corrugación

2. **Aumento de la productividad:** La nueva máquina tendrá una mejor relación  $\text{m}^2/\text{hora-hombre}$ .
3. **Reducción de *scrap*:** Se espera una reducción considerable en los niveles de desperdicio.
4. **Reducción del tiempo de *set-up*:** Dada la estrategia comercial de la empresa (partidas de alta calidad y relativamente baja cantidad) se deben realizar varios *set-ups*. Una reducción en estos tiempos es de considerable valor.
5. **Aumento en la calidad:** Al obtener un corrugado de mayor calidad, se pueden utilizar papeles que hasta ahora la empresa no utilizaba.

Por lo tanto el desafío del presente trabajo es analizar la factibilidad de realizar la inversión en la modernización de la línea de producción, haciendo principalmente hincapié en las necesidades ingenieriles del cambio.

## 4 – ANÁLISIS DE CUELLO DE BOTELLA

Como se ha mencionado anteriormente, la etapa de corrugación es un cuello de botella en el proceso de fabricación de cajas para la empresa *CARTOX*. Es de interés poder determinar las capacidades actuales y futuras de las distintas etapas del proceso productivo para poder anticipar los efectos reales de la modernización de la línea de corrugación en términos de aumento de producción y facturación.

Como consecuencia del aumento de la demanda y de la limitada capacidad de la corrugadora actual para producir las planchas de cartón necesarias para ser procesadas en la etapa de terminación, se recurre a realizar horas extras durante la semana y también durante algunos sábados del año (generalmente los de los meses de mayor demanda).

El primer paso para realizar este estudio consiste en recabar información sobre cada una de las máquinas involucradas en las etapas del proceso. Los parámetros más importantes a considerar son:

- Velocidad promedio de utilización de la máquina.
- Tiempos de *set-up* promedio.
- Cantidad de *set-ups* diarios.
- Tiempo de utilización real.

A lo largo de la explicación del cálculo de capacidades, se detallarán las consideraciones particulares para cada uno de estos parámetros.

### 4.1 - Etapa de Corrugación Actual

Tal como se explicó en la sección 2.1, esta etapa es llevada a cabo por una máquina llamada corrugadora, compuesta por varios módulos. Cada uno de estos módulos cuenta con capacidades diferentes de producción debido a características técnicas de la máquina o bien por particularidades del proceso que se lleva a cabo en la misma. Como ejemplo de ello podemos mencionar que la corrugadora actual se ve limitada en su velocidad de operación por el fenómeno físico de transmisión de calor entre los rodillos calientes y el papel. Incrementar la capacidad de este módulo resulta una tarea difícil ya que la tecnología de llama directa es limitada en comparación con los sistemas actuales basados en la utilización de rodillos huecos con circulación de vapor. Esto quiere decir que toda la máquina corrugadora se ve limitada por el módulo corrugador.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros utilizados en el cálculo de la productividad de la línea.

| CORRUGADORA ACTUAL (datos)                |      |       |
|---|------|-------|
| Velocidad de corrugación doble faz        | 30   | m/min |
| Velocidad de corrugación triple faz       | 20   | m/min |
| Ancho promedio de corrugación             | 1,56 | m     |
| Tiempo promedio de <i>set-up</i> (medida) | 10   | min   |

|   |        |                    |
|---|--------|--------------------|
| Cantidad de <i>set-up</i> promedio (medida) | 9      | veces/día          |
| % sobre el total de doble faz               | 85%    |                    |
| % sobre el total de triple faz              | 15%    |                    |
| Caja tipo                                   | 0,7    | m <sup>2</sup>     |
| Corrugación en metros cuadrados             | 2667,6 | m <sup>2</sup> /hr |

***Tabla 4.1: Datos de la corrugación actual.***

Como se observa, la línea opera con una velocidad de 30 m/min para corrugar doble faz y con una velocidad de 20 m/min para corrugar triple faz, lo cual es esencialmente más complejo y requiere de un mayor tiempo de secado para obtener un producto de calidad. Según el histórico de pedidos de la empresa, se corruga un 15% del total de lo producido en triple faz y un 85% en doble faz con un ancho promedio de corrugación de 1,56 metros. Esto permite obtener una productividad promedio de 2667,6 metros cuadrados de cartón corrugado por hora.

$$Produccion\ potencial = (v_{df} \times \%Df + v_{tf} \times \%Tf) \times \overline{Ancho} \quad (1)$$

### Referencias

$V_d$ =Velocidad de corrugación doble faz

$\%_d$ = Porcentaje de corrugación doble.

$V_t$ =Velocidad de corrugación triple faz.

$\%_t$ = Porcentaje de corrugación triple.

$V_p$ = Velocidad de corrugación promedio.

$\overline{Ancho}$  = Ancho promedio de corrugación.

Antes de continuar con el procedimiento analítico es necesario explicar las consideraciones particulares en la definición de Caja Tipo, *Set-ups* y Puesta a Punto:

#### 4.1.1 - Caja Tipo:

Para hacer un análisis de las capacidades de cada máquina y el tipo de producción es importante saber que, como se vio en la etapa de proceso, el mismo se divide en corrugación y terminación. En cada una de estas etapas, la unidad de medida varía. Para la velocidad de corrugación se utilizan metros corrugados por minuto (m/min) y para su producción o productividad en metros cuadrados (m<sup>2</sup>), mientras que en la etapa de terminación se utiliza cantidad de cajas por hora (cajas/hora). Esta diferencia en la medición, dificulta el cálculo de las capacidades puesto que el tamaño de las cajas (y por ende la superficie de cartón que requieren) varía según el pedido, por lo que pueden demandar más o menos cartón corrugado. La etapa de terminación en cambio solo discrimina entre “chicas” y “grandes”, y si son troqueladas o no, pero la velocidad en cuanto a cajas/hora dentro de cada grupo no varía.

Para simplificar los cálculos en cuanto a capacidades, se decidió conformar una “caja tipo” en base a la demanda observada en el último año y las cantidades de cada pedido (aproximado). Esta caja representa el promedio ponderado aproximado de la superficie del total de las cajas fabricadas. Según la empresa, este índice se sitúa en **0,7 m<sup>2</sup>/caja**.

### 4.1.2 - SET-UP

El *set-up* de la máquina se realiza cada vez que las especificaciones de las cajas a fabricar cambian, ya sea por un nuevo pedido de un cliente o por un cambio dentro del mismo pedido. Existen cuatro tipos distintos de razones por las que se realiza un *set-up* o mejor dicho, una modificación en la configuración de la corrugadora:

- Cambio de medida: cambio en la configuración del *CUT-OFF* (corte transversal de la plancha) y *SLITTER* (configuración de corte y dobleces) recordar que esta es la máquina que corta y marca la plancha longitudinalmente. El cambio demora aproximadamente 9 minutos por set y se realiza en promedio 10 veces al día (existen días donde no se realiza y días donde se debe realizar más de 20 veces, dependiendo de la cantidad de cajas por pedido que existan, en promedio aproximado, según el gerente de *CARTOX*, es de 10 por día). Además, el cambio de medida requiere que la máquina se detenga, sin necesidad de quitar el cartón en proceso, simplemente se le aplica un corte y se re-configuran los dos módulos involucrados. Como resultado, el tiempo promedio de *set-up* diario es de 1,5 hs (90 minutos).
- Cambio de FAZ: Consiste en cambiar de doble a triple faz (o viceversa) en el armado de las planchas. Está muy ligado e incluye al cambio en la medida. Como el tiempo de puesta en marcha de los módulos que correspondientes al cambio de faz, son menores a los del cambio de medida, se consideran despreciables, siendo que se pueden hacer en paralelo al resto de los cambios.
- Cambio de formato: Consiste en el cambio del ancho de la plancha de cartón. Para esto se necesita cambiar la bobina de papel y la máquina debe ser detenida y se debe remover el remanente de cartón en la corrugadora. El promedio ponderado de este tipo de *set-up* entonces es de 0,4 hs al día.
- Cambio de Calidad: consiste en cambiar el tipo de papel que se utiliza. Siempre que se cambie la calidad se requiere un cambio de medida, y este último consume un tiempo mayor.

Para el análisis de capacidades entonces, se tomaron en cuenta el cambio de medida y el cambio de formato como referentes del tiempo promedio diario de *set-up*.

### 4.1.3 - WARM-UP (Puesta a punto)

El *warm-up* o puesta a punto, es el tiempo que se demora en poner la máquina en funcionamiento al comienzo de cada día de producción. El *warm-up* incluye: Calentamiento de los rodillos de la corrugadora, calentamiento de la mesa de secado, chequeo de los parámetros generales de la máquina y preparación del adhesivo. Hoy en día la empresa cuenta con un empleado nocturno (sereno) que, además de realizar tareas de seguridad nocturna, se encarga de preparar los rodillos (calentamiento) y la mesa de secado. El tiempo neto de *warm-up* entonces está dado por el tiempo muerto que se emplea en la preparación del adhesivo y del chequeo inicial de las máquinas. Estas tareas no las puede realizar el sereno ya que no cuenta con los conocimientos necesarios y, además, para la preparación del adhesivo se requiere de mayor número de

personal.

Este tiempo se estima de 30 minutos por día (promedio aproximado), cada vez que la empresa comienza sus actividades.

Con las consideraciones mencionadas anteriormente podemos obtener el tiempo real en el que la máquina se encuentra produciendo. Como se observa en la siguiente expresión, la producción real es equivalente al tiempo real de producción multiplicado por la capacidad de producción de la máquina.

$$Produccion\ real = (T_t - T_{pp} - T_{cm} - T_{cf}) \times Produccion\ potencial \quad (2)$$

Donde:

$T_t$  = Tiempo Total

$T_{pp}$  = Tiempo de Puesta a punto

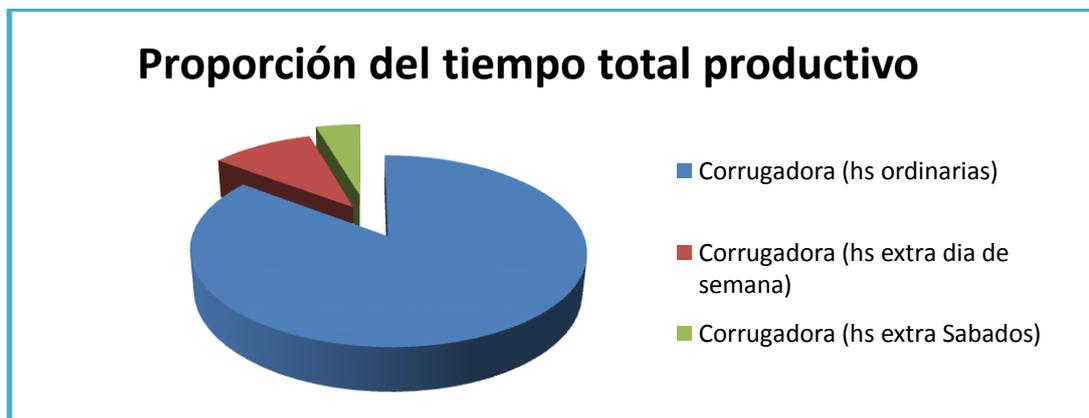
$T_{cm}$  = Tiempo de cambio de medida

$T_{cf}$  = Tiempo de cambio de formato

Relevando la situación actual de la empresa, se construyó un diagrama de torta donde se muestran las proporciones de horas extra sobre el total del tiempo disponible de la máquina, considerando que la empresa opera de la siguiente manera:

- Días de semana de 7hs a 16hs.
- Se trabaja una hora extra día por medio.
- Quince sábados al año se trabajan jornadas de 8hs.

Esta situación genera incrementos sustanciales en los costos de producción debidos al aumento de las remuneraciones para las horas extraordinarias.



**Gráfico 4.1: Proporción del tiempo total productivo.**

Como se puede observar, aproximadamente un 13% del tiempo total se incurre en el gasto de horas extras para poder aumentar la producción del cuello de botella. De esta forma se evita disminuir la cantidad de planchas que se compran a terceros a un costo incluso mayor al incurrido durante estos periodos extraordinarios.

A continuación se realizó el cálculo detallado de la capacidad real de la línea corrugadora actual:

## Modernización de una línea de corrugación

| Corrugadora (hs ordinarias)                       |                  |                          |
|---|------------------|--------------------------|
| Disponibilidad                                    | 250              | días/año                 |
| Jornada   | 9                | hs/día                   |
| Warm-up   | 0,5              | hs/día                   |
| Cambio de medida                                  | 1,50             | hs/día                   |
| Cambio de formato                                 | 0,4              | hs/día                   |
| Horas al año                                      | 1.646            | hs/año                   |
| Corrugadora (hs extra día de semana)              |                  |                          |
| Disponibilidad                                    | 125              | días/año                 |
| Jornada   | 2                | hs/día                   |
| Cambio de medida                                  | 0,33             | hs/día                   |
| Cambio de formato                                 | 0,1              | hs/día                   |
| Horas al año                                      | 197              | hs/año                   |
| Corrugadora (hs extra Sábados)                    |                  |                          |
| Disponibilidad                                    | 15               | días/año                 |
| Jornada   | 8                | hs/día                   |
| Warm-up   | 0,5              | hs/día                   |
| Cambio de medida                                  | 1,33             | hs/día                   |
| Cambio de formato                                 | 0,4              | hs/día                   |
| Horas al año                                      | 87               | hs/año                   |
| <b>Total hs al año</b>                            | <b>1.930</b>     | <b>hs/año</b>            |
| Producción estimada                               | 5.147.233        | m <sup>2</sup> /año      |
| % Scrap   | 8%               |                          |
| <b>Producción en m<sup>2</sup> libre de scrap</b> | <b>4.735.454</b> | <b>m<sup>2</sup>/año</b> |
| <b>Cajas tipo por año</b>                         | <b>6.764.935</b> | <b>cajas/año</b>         |

***Tabla 4.2: Capacidad de corrugación real actual.***

Una vez obtenida la producción estimada por año, en metros cuadrados, se le debe restar la proporción de la producción que es *scrap* (desperdicio). Para la empresa este porcentaje es del 8% sobre el total. Resulta esencial poder determinar una caja tipo producida por *CARTOX* que permita trabajar con una unidad común de producción, tanto en la etapa de terminación como en la de corrugación, pasando de una unidad de producción de m<sup>2</sup>/año a cajas/año.

### 4.2 - Etapa de terminación

La etapa de terminación se encarga de convertir las planchas de cartón corrugado en cajas listas para ser enviadas al cliente. La empresa cuenta con la posibilidad de producir cajas troqueladas, cajas grandes y cajas chicas. Para la elaboración de los distintos tipos de cajas es necesario utilizar máquinas especializadas con características y capacidades diferentes. Podemos decir que la etapa de terminación

entonces cuenta con una línea dedicada a producir cajas chicas convencionales y otra línea que se encarga de producir cajas grandes y troqueladas.

Para esta etapa se cuenta con la siguiente información:

| TERMINACIÓN                                    |           |                  |
|--|-----------|------------------|
| <b>Troqueladora</b>                            |           | 15%              |
| Capacidad                                      | 4000      | cajas/hr         |
| <b>Slotter</b>                                 |           | 85%              |
| <b>Cajas grandes</b>                           |           | 25%              |
| capacidad de producción                        | 4000      | Cajas/hr         |
| <b>Cajas chicas</b>                            |           | 75%              |
| Capacidad de producción                        | 10000     | cajas/hr         |
| <b>Cantidad de set-ups</b>                     | <b>9</b>  | <b>veces/día</b> |
| <b>tiempo de set-up troquel/slotter grande</b> | <b>39</b> | <b>Minutos</b>   |
| <b>Cantidad de setups</b>                      | <b>20</b> | <b>veces/día</b> |
| <b>tiempo de set-up slotter chica</b>          | <b>20</b> | <b>Minutos</b>   |

***Tabla 4.3: Parámetros de la etapa de terminación.***

Es necesario aclarar que en la etapa de terminación el *set-up* consta de cambiar los *clichés* de las impresoras, cambiar los colores de los tinteros, hacer ajustes y regular las medidas de la mesa de doblado. Todo esto se engloba en lo que denominamos "Tiempo de *set-up*". Existe una diferencia sustancial entre los tiempos de *set-up* para *printer-slotter* grande en comparación a los invertidos en la máquina *printer-slotter* para cajas chicas, ya que esta última es más moderna y cuenta con un grado de automatización superior (nada tiene que ver el tamaño de la caja).

Con esta información y con un procedimiento similar al que se utilizó en la determinación de la producción de la etapa de corrugación, se elaboró la siguiente tabla donde se muestra la capacidad de terminación.

## Modernización de una línea de corrugación

| Troqueladora/Grandes (hs ordinarias)        |                  |                       | Slotter chica (hs ordinarias)          |                  |                  |
|---|------------------|-----------------------|--|------------------|------------------|
| Disponibilidad                              | 250              | días/año              | Disponibilidad                         | 250              | días/año         |
| hs por día                                  | 9                | hs/día                | hs por día                             | 9                | hs/día           |
| warm-up                                     | 0,33             | hs/día                | warm-up                                | 0,33             | hs/día           |
| Set-up                                      | 5,85             |                       | Set-up                                 | 6,67             |                  |
| horas al año                                | 705              | hs/año                | horas al año                           | 501              | hs/año           |
| Troquelado/Grandes (hs extra día de semana) |                  |                       | Slotter chica (hs extra día de semana) |                  |                  |
| Disponibilidad                              | 125              | días/año              | Disponibilidad                         | 125              | días/año         |
| hs por día                                  | 2                | hs/día                | hs por día                             | 2                | hs/día           |
| Set-up                                      | 1,30             | hs/día                | Set-up                                 | 1,48             | hs/día           |
| horas al año                                | 88               | hs/año                | horas al año                           | 65               | hs/año           |
| Troqueladora grandes (hs extra Sábados)     |                  |                       | Slotter chica (hs extra Sábados)       |                  |                  |
| Disponibilidad                              | 15               | días/año              | Disponibilidad                         | 15               | días/año         |
| hs por día                                  | 8                | hs/día                | hs por día                             | 8                | hs/día           |
| warm-up                                     | 0,33             | hs/día                | warm-up                                | 0,33             | hs/día           |
| Set-up                                      | 5,20             | hs/día                | Set-up                                 | 5,93             | hs/día           |
| horas al año                                | 37               | hs/año                | horas al año                           | 26               | hs/año           |
| <b>Total</b>                                | <b>830</b>       | <b>hs/año</b>         | <b>Total</b>                           | <b>592</b>       | <b>hs/año</b>    |
| <b>Total de cajas</b>                       | <b>3.318.200</b> | <b>cajas/año</b>      | <b>Total de cajas</b>                  | <b>5.918.093</b> | <b>cajas/año</b> |
|   |                  | <b>Total de cajas</b> | <b>9.236.293</b>                       | <b>cajas/año</b> |                  |

**Tabla 4.4: Capacidades de la etapa de terminación.**

Como se puede observar en este análisis, la capacidad de producción de la etapa de terminación es superior a 9,2 millones de cajas/año, mientras que la de la etapa de corrugación es más de 6,7 millones de cajas/año. Esta situación que atraviesa la empresa la ha llevado a tener que comprar planchas de cartón corrugado a un tercero para aprovechar el excedente en la capacidad de la etapa de terminación y así aumentar sus ventas aunque con un menor margen. Cuando se compran las planchas de cartón, estas tienen un sobrecosto disminuyendo la competitividad y la utilidad.

### 4.3 - Corrugación propuesta

Para poder abastecer a la etapa de terminación con planchas de cartón corrugado producido por la propia empresa a un costo menor al actual e incluso con mejor calidad, se decidió modernizar la etapa de corrugación con la adquisición de una nueva máquina. Esta máquina presenta un sustancial aumento en la velocidad de operación gracias a un salto tecnológico de décadas.

El fabricante de la corrugadora moderna, cuya elección será explicada más adelante, establece una velocidad promedio de trabajo de 150 metros por minuto, La misma se puede alcanzar si la máquina se encuentra desplegada en 100 metros lineales de longitud en la planta. Sin embargo, teniendo en cuenta las dimensiones de la planta industrial en la cual *CARTOX* se encuentra establecido, no es viable considerar adquirir la corrugadora que el fabricante propone y será necesario eliminar algunos módulos que no son indispensables y acortar la mesa de secado. Estas modificaciones

repercutirán en la velocidad promedio de corrugación obteniéndose los valores que figuran en la siguiente tabla:

| CORRUGADORA ACTUAL                        |      |                    |
|---|------|--------------------|
| Velocidad de corrugación doble faz        | 100  | m/min              |
| Velocidad de corrugación triple faz       | 80   | m/min              |
| Ancho promedio de corrugación             | 1,7  | M                  |
| Tiempo promedio de <i>setup</i>           | 0,28 | Min                |
| Cantidad de <i>setup</i> promedio por día | 35   | veces/día          |
| % sobre el total de doble faz             | 0,85 |                    |
| % sobre el total de triple faz            | 0,15 |                    |
| Caja tipo                                 | 0,7  | m <sup>2</sup>     |
| Corrugación en metros cuadrados           | 9894 | m <sup>2</sup> /hr |

**Tabla 4.5: Datos de la corrugadora propuesta.**

La descripción de la nueva tecnología será explicada más adelante en la sección 6 de esta Tesis.

A diferencia de la corrugadora actual, esta nueva máquina permitirá corrugar bobinas de un ancho de hasta 1800 mm, lo cual aumentará el ancho promedio de corrugación. Si bien el ancho de corrugación depende de los pedidos de los clientes, se podrá consolidar mayor cantidad de pedidos en una sola bobina utilizando todo su ancho. Otro cambio sustancial se observa en el tiempo promedio de cada *set-up* que se reducirá de 10 minutos a solo 0,28 minutos. Este tiempo de *set-up* debió ser calculado ya que la nueva máquina no necesita ser detenida para cambiar su configuración. Esta operación se realiza de manera automática bajando la velocidad de la máquina a unos 15 m/minuto durante 20 segundos y luego retomando la velocidad normal de operación cercana a 100 m/min.

A continuación se muestra un breve procedimiento acerca de cómo se obtuvo el tiempo de *set-up* de la nueva corrugadora:

$$V_p = V_d \times \%_d + V_t \times \%_t \quad (3)$$

$$P_p = T_c \times (V_p - V_c) \quad (4)$$

$$T_s = \frac{P_p}{V_p} = 16.8 \text{ seg} \quad (5)$$

**Donde:**

$V_d$ =Velocidad de corrugación doble faz.

$\%_d$ = Porcentaje de corrugación doble.

$V_t$ =Velocidad de corrugación triple faz.

$\%_t$ = Porcentaje de corrugación triple.

$V_p$ = Velocidad de corrugación promedio.

$T_c$ = Tiempo invertido en el cambio de medida.

$P_p$ = Producción perdida cuando se baja la velocidad.

$T_s$ = Tiempo equivalente de *set-up*.

## Modernización de una línea de corrugación

Considerando que la incorporación de la nueva corrugadora generará un aumento en la producción diaria, es lógico pensar que a su vez se generará un incremento en la cantidad de *set-ups* durante el jornal. Incorporando los tiempos perdidos en el cambio de formato junto con el precalentamiento de la máquina, se obtiene la producción estimada anual de la nueva máquina de la siguiente manera:

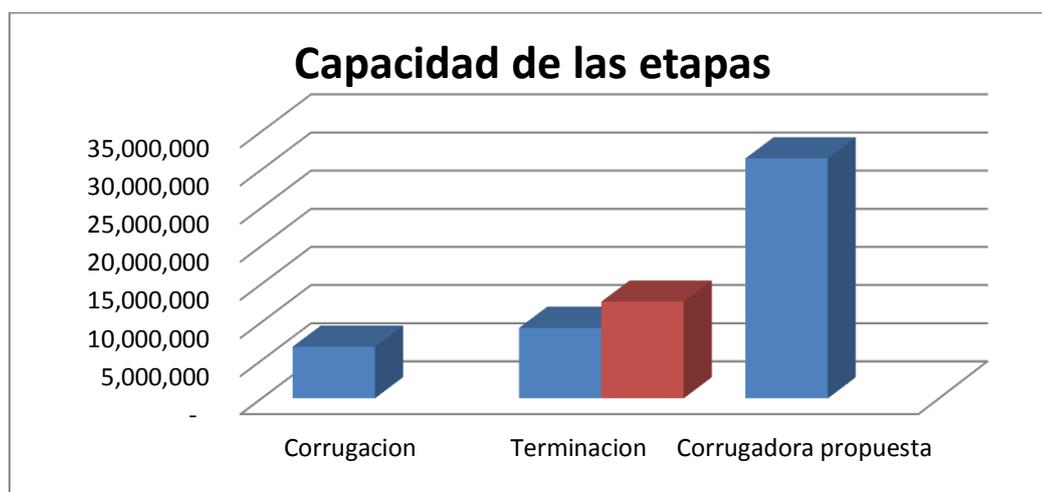
| Corrugadora (hs ordinarias)          |                   |                  |
|--------------------------------------|-------------------|------------------|
| Disponibilidad                       | 250               | días/año         |
| hs por día                           | 9                 | hs/día           |
| <i>warm-ups</i>                      | 0,5               | hs/día           |
| <i>set ups</i>                       | 0,16              | hs/día           |
| cambio de formato                    | 0,42              | hs/día           |
| horas al año                         | 1980              | hs/año           |
| Corrugadora (hs extra día de semana) |                   |                  |
| Disponibilidad                       | 125               | días/año         |
| hs por día                           | 2                 | hs/día           |
| <i>set ups</i>                       | 0,036             | hs/día           |
| cambio de formato                    | 0,093             | hs/día           |
| horas al año                         | 234               | hs/año           |
| Corrugadora (hs extra Sábados)       |                   |                  |
| Disponibilidad                       | 15                | días/año         |
| hs por día                           | 8                 | hs/día           |
| <i>warm-ups</i>                      | 0,5               | hs/día           |
| <i>Set-ups</i>                       | 0,146             | hs/día           |
| cambio de formato                    | 0,37              | hs/día           |
| horas al año                         | 105               | hs/año           |
| <b>Total hs al año</b>               | <b>2.319</b>      | <b>hs/año</b>    |
| Producción estimada                  | 22.940.778        | m2/año           |
| % Scrap                              | 3.5%              |                  |
| Producción en m2 libre de scrap      | 22.137.851        | m2/año           |
| <b>Cajas por año</b>                 | <b>31.625.501</b> | <b>cajas/año</b> |
| Corrugadora PROPUESTA (sin Hs Extra) |                   |                  |
| Producción en m2 libre de scrap      | 18.904.466        | m2/año           |
| Δ Producción en m2                   | 14.169.011        | m2/año           |
| <b>Cajas por año</b>                 | <b>27.006.380</b> | <b>cajas/año</b> |

***Tabla 4.6: Capacidad corrugadora propuesta.***

Como se puede observar, se logrará un aumento en la producción de cartón de un **465%** en relación a la corrugadora actual. Esta situación generará un desplazamiento del cuello de botella hacia el área de terminación.

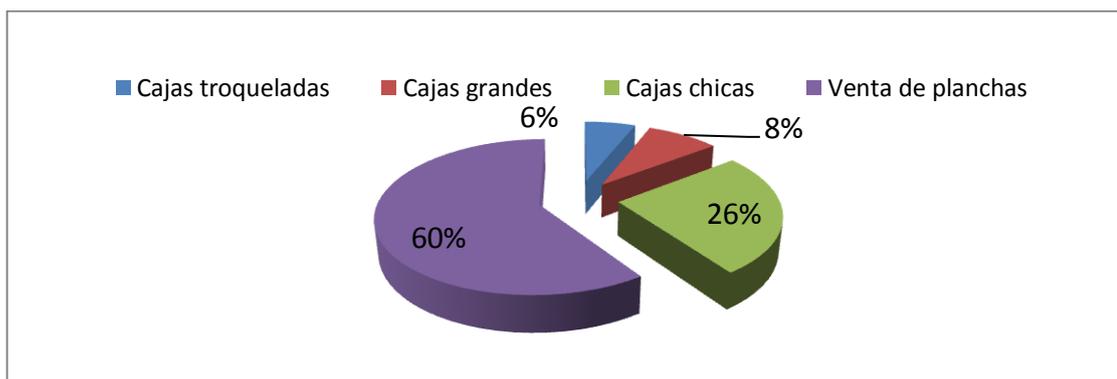
#### 4.4 - Análisis

Como se ve en el siguiente gráfico de capacidad de las etapas, la terminación solamente es capaz de procesar un 33% de lo que la corrugadora producirá. Este porcentaje podría incrementarse ya que actualmente las velocidades de terminación se encuentran restringidas por la necesidad de adaptarse a la demanda y mantener una producción constante a lo largo del tiempo. Eventualmente, con la incorporación de personal y otros incentivos se podría incrementar la velocidad de la troqueladora de 4000 cajas/hr a 6000 cajas/hr y la terminación de cajas chicas de 10000 cajas/hr a 13000 cajas/hr reduciendo el excedente en la producción de planchas de cartón corrugado. En **rojo** se muestra cual será la producción esperada para el área de terminación con la incorporación de estas mejoras. De esta forma, la capacidad máxima será de 12.670.000 cajas tipo al año.



**Gráfico 4.4.1:** Capacidad de las etapas en cajas/año

Bajo este panorama, el destino de la producción de la corrugadora quedará conformado de la siguiente manera:



**Gráfico 4.4.2:** Nuevo destino de la producción de planchas.

Inmediatamente después de entrar en régimen con la nueva corrugadora, la producción de *CARTOX* quedara significativamente desbalanceada lo cual merecerá un estudio futuro para incrementar la capacidad de la etapa de terminación ya que se prevé que la disminución de costos operativo en la producción de las planchas de cartón permitirá aplicar políticas comerciales para aumentar la cartera de clientes para cajas terminadas.

## 5 – SELECCIÓN DE PROVEEDOR

Para la selección de la nueva corrugadora a analizar se utilizó el criterio impuesto por los expertos de la empresa en base a su conocimiento y experiencia. La empresa ya cuenta con un proveedor de maquinaria, que se especializa en la industria del cartón corrugado, por lo que existe una comunicación entre ambas que genera la confianza necesaria. La máquina troqueladora, adquirida en el 2002, fue comprada a este mismo proveedor con resultados más que satisfactorios, quedando en el historial de la empresa como un referente de confianza. Es por esto que se decidió volver a consultar al mismo proveedor del cual ya se tienen muy buenas referencias (propias) ya que al realizar inversiones de esta magnitud, para una pyme es algo fundamental a tener en cuenta a la hora de tomar una decisión.

La empresa proveedora a la cual se hace referencia es "Talleres Serra S.A.", empresa de origen español radicada en la ciudad de Barcelona. Según datos extraídos de su página web, cuentan con 32 años fabricando maquinaria para el sector del cartón corrugado, exportando a más de 33 países en los cinco continentes. Es una empresa muy reconocida en el sector, destacándose por su innovación. Además cuenta con varias patentes propias que lo confirman.

Actualmente Talleres Serra, por cuestiones de costos, tiene un contrato con una fabricante de máquinas china (J.S. Machine) en la cual algunos tipos de maquinaria se producen en esta segunda empresa. Este es el caso de las corrugadoras, por lo cual, si se decide realizar la compra, la máquina provendrá de China y no de España.

Cabe aclarar que *CARTOX* ya tuvo algunos contactos con la proveedora para modernizar su corrugadora. Estos contactos fueron de carácter informativo para que *CARTOX* sepa que opciones se encuentran vigentes en el mercado, que soluciones se pueden aplicar en su empresa y cuál era el rango de precios. En estos intercambios se trató de encontrar una solución a medida para la empresa y Talleres Serra le ofreció algunas alternativas. El siguiente análisis sobre la máquina a comprar se basa en la alternativa que la proveedora y la empresa creen es la mejor para esta última, por lo que todos los datos a continuación descriptos fueron obtenidos de este intercambio.

## 6 – NUEVA CORRUGADORA

Como se mencionó anteriormente la nueva máquina representa un salto tecnológico con respecto a la anterior. La principal diferencia es la forma en la cual se entrega el calor necesario para imprimirle la forma, obtener un buen encolado y posteriormente un buen secado. La nueva tecnología cuenta con rodillos huecos por donde pasa vapor que los calienta, otorgando un calentamiento más homogéneo y regulable, repercutiendo en la calidad y velocidad de producción del cartón.

Para recordar, las máquinas corrugadoras son lo que se llaman modulares. Esto quiere decir que están compuestas por varias “*sub-maquinas*” que se ensamblan en módulos logrando formar una máquina mayor que es la corrugadora propiamente dicha. Generalmente las corrugadoras cuentan con los siguientes módulos:

| CORRUGADORA          |                   |
|----------------------|-------------------|
| Nº Máquina           | Indispensabilidad |
| 1 Porta-bobinas      | Indispensable     |
| 2 Pre-calentador     | No indispensable  |
| 3 Empalmador         | No indispensable  |
| 4 Grupo corrugador   | Indispensable     |
| 5 Porta-bobinas      | Indispensable     |
| 6 Pre-calentador     | No indispensable  |
| 7 Empalmador         | No indispensable  |
| 8 Grupo corrugador   | Indispensable     |
| 9 Puente almacenador | Indispensable     |
| 10 Colero doble      | Indispensable     |
| 11 Mesa de secado    | Indispensable     |
| 12 <i>Slitter</i>    | Indispensable     |
| 13 Mesa desviadora   | Indispensable     |
| 14 <i>Cut-Off</i>    | Indispensable     |
| 15 Apiladora         | No indispensable  |

En la tabla se repiten algunos módulos (porta-bobinas, pre-calentador, empalmador, grupo corrugador) dado que para hacer triple faz se necesitan dos grupos corrugadores sucesivos. A su vez se ve que hay equipos que son indispensables (sin la presencia de estos no se puede producir el cartón corrugado) y equipos no indispensables, los cuales en su ausencia se puede seguir produciendo el cartón, aunque con una disminución significativa de los rendimientos.

El pre-calentador es un rodillo hueco por el cual pasa el papel que se va corrugar para ir aumentando su temperatura antes de pasar por el grupo de corrugador. Este precalentamiento produce un incremento notable en la velocidad y calidad del producto final.

El empalmador es una máquina que permite cambiar las bobinas de papel de manera mucho más rápida, disminuyendo significativamente el tiempo de preparación ante un cambio de bobina.

## Modernización de una línea de corrugación

Luego de sucesivos intercambios entre *CARTOX* y la proveedora, en donde se vieron las necesidades tecnológicas, espaciales, presupuestarias y operacionales de la empresa se llegó a la siguiente propuesta por parte del fabricante:

| CORRUGADORA PROPUESTA |                          |             |   |
|-----------------------|--------------------------|-------------|---|
| Máquina               | Modelo                   | Cantidad    |   |
| 1                     | Porta-bobinas            | SWZJ 1800-A | 4 |
| 2                     | Grupo corrugador canal B | SDWB        | 1 |
| 3                     | Grupo corrugador canal C | SDWC        | 1 |
| 4                     | Puente almacén           | SGQ-II      | 1 |
| 5                     | Pre-calentador           | SYRA900     | 2 |
| 6                     | Pre-calentador           | SXYR420     | 2 |
| 7                     | Pre-calentador triplex   | Syra900     | 1 |
| 8                     | Doble encoladora         | SSJD-C 1800 | 1 |
| 9                     | Mesa de secado           | SZHB-1800   | 1 |
| 10                    | Mesa dúplex desviadora   | SHJA-II     | 1 |
| 11                    | Apilador doble           | SJDJ-II     | 1 |

En una configuración estándar son necesarias cinco Porta-bobinas, que son las que alimentan los cinco papeles que se usan para producir cartón triple faz. En la lista anterior se puede observar que solamente hay cuatro porta-bobinas. Esto es debido a que hace alrededor de dos años a la empresa se le rompió uno de sus porta-bobinas y se decidió comprar uno nuevo del mismo modelo, por lo tanto no es necesario reemplazar el mismo.

Algo similar pasa con el *slitter* y el *Cut-Off*. Hace aproximadamente tres años la empresa tuvo problemas de productividad y de mantenimiento de esos módulos, por lo que decidió comprar unos nuevos. Esta compra ya se hizo pensando en una renovación total de toda la corrugadora a futuro, por lo cual estos módulos son completamente compatibles con la máquina nueva propuesta.

Como *CARTOX* ya cuenta con estos tres módulos (un porta-bobinas, una *slitter* y un *Cut-Off*) relativamente nuevos, los mismos no se incluyen en la propuesta de la máquina.

Otro punto a aclarar es el hecho de que, si bien existen dos grupos corrugadores en línea, hay uno que se utiliza considerablemente más que el otro. En el caso de la empresa el grupo corrugador B solamente se utiliza para una de las fases cuando se fabrica triple faz o en casos notablemente excepcionales de doble faz por exclusivo pedido del cliente. Teniendo esto en cuenta se considera que no es necesario comprar dos grupos corrugadores iguales, cuando uno va a representar aproximadamente el 90% de la producción y el otro solamente el 10%.

La solución propuesta entonces, es la de comprar un módulo de mayor calidad, durabilidad, resistencia y con mayores prestaciones para el grupo corrugador más usado y comprar uno de menor nivel para el otro caso; de esta manera no se estará invirtiendo de más en un bien de capital fijo que se estará subutilizando.

Algo similar sucede con la maquinaria accesoria a cada grupo corrugador, este es el caso de los pre-calentadores donde se seleccionan dos de mayor calidad que los otros por estar más solicitados. En cuanto al calentador *triplex* se usa solamente a la hora de hacer triple faz.

Las máquinas modernas están pensadas de una manera que su configuración óptima tenga un largo de entre 90 y 120 metros según el modelo. Con esta configuración pueden presentar unas velocidades máximas de 200/250 metros por minuto de corrugación.

Dicho esto hay que aclarar que *CARTOX* tiene una limitante importante que es el espacio de su planta. El largo de la nave en donde se piensa colocar la máquina es de solo 70 metros, por lo que el largo de la máquina debería ser, como máximo, de 66 metros para dejar espacio suficiente en la entrada y salida del grupo. Para acortar la máquina original, de unos 95 metros aproximados, se pueden acortar dos partes. La primera es la mesa de secado: acortar la mesa de secado provoca una reducción en la velocidad de producción debido a que si se mantiene la misma velocidad el cartón no alcanza el secado correspondiente, por lo tanto se procede a reducir la velocidad de la máquina para así poder alcanzarlo. El segundo recorte se realiza en la apiladora final: el hecho de acortarla no permite que quede completamente automatizada, por lo que la velocidad con la que las personas pueden descargar la máquina termina siendo un limitante de la velocidad con la que puede producir la línea.

Cabe aclarar que el acortar la máquina produce una pérdida significativa de la velocidad de producción y por ende de la productividad; sin embargo no provoca cambio alguno en cuanto a la calidad del producto final.

Con estas consideraciones la velocidad especificada por el fabricante será de 100 m/min, por lo que se ve que acortar la máquina la reduce significativamente.

### 6.1 - Características y especificaciones de los módulos

A continuación se muestran los módulos a instalar de la nueva corrugadora y sus especificaciones:

### 6.1.1 - Porta bobinas



***Imagen 6.1.1: Porta bobinas SWZJ-A.***

Estructura y características principales:

- Elevación y descenso de los brazos motorizados con mecanismo de control por sobrecarga.
- Motorización del cierre y apertura de los brazos con mecanismo de control por sobrecarga.
- Ajuste neumático de la tensión del papel.

Datos técnicos:

- Máximo diámetro del papel: 1500 mm.
- Mínimo diámetro del papel: 300 mm.
- Máxima capacidad de carga para cada lado: 1800 Kg.
- Potencia total: 3.7 Kw

### 6.1.2 - Grupo corrugador canal B



***Imagen 6.1.2: Grupo corrugador SDWB.***

Estructura y características principales:

- La aspiración por succión, sin peines, permite una perfecta formación de la onda.
- Control neumático para el control de la presión de los rodillos corrugadores.
- Control neumático para el acercamiento del grupo encolador.
- Sistema automático de circulación del adhesivo. Guías laterales de la cola motorizadas para ajustarse a las distintas anchuras del papel.
- Rodamientos principales lubricados con grasa de alta temperatura para lograr un mejor sellado.
- Motorización del ajuste de la cantidad de adhesivo para distintos anchos.
- Control de velocidad del motor principal.
- Lectura digital de la cantidad de adhesivo.
- Ajuste automático del adhesivo según la velocidad.
- Trampas de vapor Spirax Sarco.

Datos técnicos:

- Velocidad de diseño: 150m/min.
- Diámetro de rollo corrugador superior: 325mm
- Diámetro de rollo corrugador inferior: 325mm
- Presión de vapor: 1.0 - 1.4 MPa.
- Potencia total: 41.19 Kw
- Anchos de papel: 950 - 1800mm.

### 6.1.3 - Grupo corrugador canal C.



***Imagen 6.1.3: Grupo corrugador C SDWC.***

Estructura y características principales:

- La aspiración por succión, sin peines, permite una perfecta formación de la onda.
- Control neumático para el control de presión de los rodillos corrugadores.
- Control neumático para el acercamiento del grupo encolador.
- Sistema automático de circulación del adhesivo. Guías laterales de la cola motorizada para ajustarse a las distintas anchuras del papel.
- Control digital del ajuste de la cantidad de adhesivo.
- Motorización del ajuste fino entre el rodillo aplicador de adhesivo y el rodillo corrugador.
- Gran apertura neumática de la sección de adhesivo para permitir una mejor limpieza y un mantenimiento eficaz.
- Marcha en vacío del grupo encolador para evitar el secado del adhesivo durante las paradas de máquina.
- Programa de control PLC.
- Control de velocidad mediante variación de frecuencia.
- Sistema automático de la cantidad de adhesivo en función de la velocidad de la máquina.
- Trampas de vapor Spirax Sarco.

Datos técnicos:

- Anchura máxima: 1800 mm.
- Diámetro de rollo corrugador superior: 405 mm.
- Diámetro de rollo corrugador inferior: 323 mm.
- Velocidad de diseño: 200 m/min.

- Presión de vapor: 1.2 - 1.5 MPa.
- Potencia total: 68.27 Kw

### 6.1.4 - Puente almacén

Estructura y características principales:

- Estructura de acero, con los bancales principales en I.
- Pasamanos y placas de apoyo, cubiertas y reforzadas con protecciones de seguridad.
- Bandas para elevación del cartón simple desde la corrugadora al puente almacén.
- Motorización controlada de velocidad de la plancha simple.

Mecanismo de control de la tensión por aspiración:

- Aspiración para la tensión del cartón simple. La fuerza de la aspiración del vacío es ajustable.
- Motorización de la alineación del cartón simple.
- Dos conjuntos de paneles de control del operador, uno en el puente y otro junto a la doble encoladora.

### 6.1.5 - Pre calentador



***Imagen 6.1.5: Pre calentador SYRA900.***

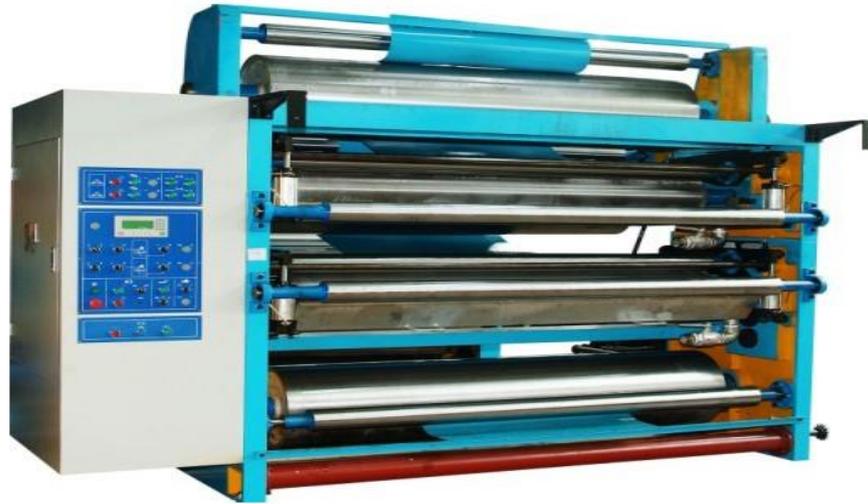
Estructura y principales características:

- Rotación del cilindro pre-calentador por la acción del papel con freno manual para la mejora de la conducción del vapor.
- Motorización del ángulo de abrazamiento del papel, según la calidad del papel y la velocidad de la máquina.
- Cilindro convexo mejora al conducción del calor.

Principales datos técnicos:

- Anchura: 1800 mm.
- Diámetro del pre-calentador: 900 mm.
- Angulo de ajuste: 60° - 220°.

### 6.1.6 - Doble encoladora



***Imagen 6.1.6: Doble encoladora SSJD-C.***

Estructura y características principales:

- Configuración simple, dúplex o triple para canal simple, doble o triple.
- Incluye rodillo de presión.
- Cromado duro del rodillo de presión, del rodillo dosificador, del pre-calentador y del rodillo guía.
- Control neumático para el acercamiento y alejamiento entre el rodillo de presión y el aplicador.
- Motorización del *gap* de ajuste entre el rodillo de presión y el aplicador.
- Motorización de la cantidad de adhesivo aplicado.
- Marcha en vacío para evitar el secado del adhesivo sobre los rodillos durante el paro de la máquina.
- Control variable de frecuencia.
- Pantalla digital para el control de la cantidad de adhesivo.
- Cantidad de adhesivo controlado según la velocidad de máquina.

Principales datos técnicos:

- Velocidad de diseño: 180 m/min.
- Anchura: 1800mm.
- Diámetro del rodillo aplicador: 210mm.
- Diámetro del rodillo dosificador: 148mm.
- Potencia total: 8.24 Kw

### 6.1.7 - Mesa de secado



***Imagen 6.1.7: Mesa de secado SZH-B.***

Estructura y principales características:

- Placas calientes de acero de 600 mm de anchura, con estructura interior favorable a la distribución del vapor.
- Zapatas de presión superiores elevadas hidráulicamente como un conjunto.
- Ajustes manuales para la presión individual del peso de los rodillos según las presiones requeridas.
- Tensión neumática de la manta superior
- Gran rodillo de tracción de la manta superior (625 mm de diámetro) recubierto de caucho para evitar que la manta patine sobre el rodillo.
- 14 placas calientes.
- Mecanismo de limpieza de la manta superior.
- Lectura de la temperatura de las placas calientes
- Trampas de vapor Spirax Sarco

Principales datos técnicos:

- Velocidad de diseño: 150 m/min
- Anchura: 1800 mm
- Potencia total: 90 Kw
- Placa cliente: 145 mm × 600 mm

### 6.1.8 - Apilador de paquetes



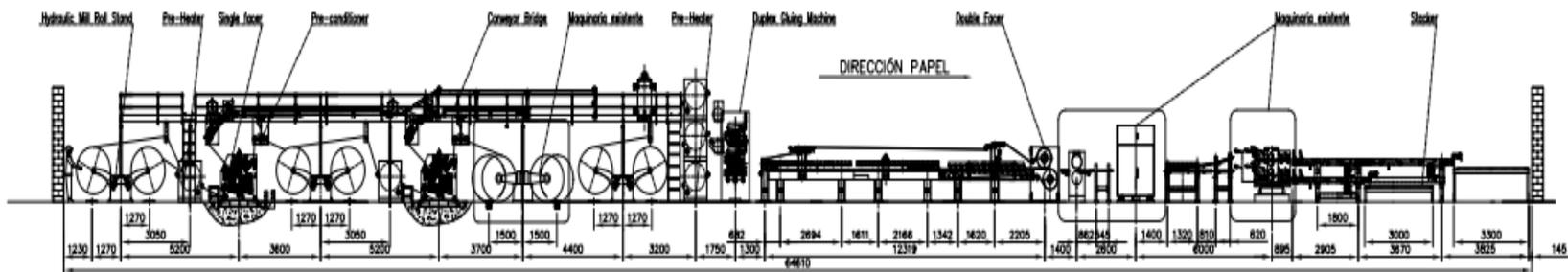
***Imagen 6.1.8: Apilador de paquetes.***

Estructura y características principales:

- Doble
- Transporte longitudinal de la plancha, dosificador neumático, apilado y transferencia lateral del paquete.
- Anchura: 1800 mm.
- Máxima longitud de la plancha: 3600mm.
- Máxima altura de la pila: 250 mm.
- Máxima velocidad de trabajo: 150 m/min.

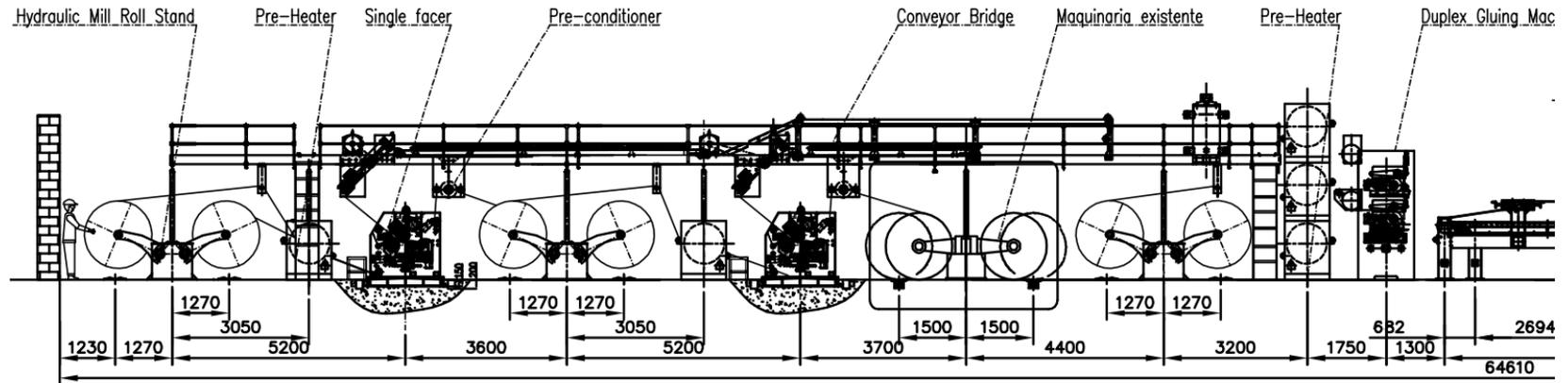
## 6.2 - Plano de la máquina

A continuación se muestra un plano de la máquina, en donde se pueden observar las dimensiones y los distintos módulos que la componen. Los módulos que se encuentran recuadrados son máquinas ya existentes que se ensamblarán a las nuevas. Este es el caso de un porta-bobinas, el *slitter* y el *cut-off*. El largo total de la máquina será de 64,610 m dejando espacio suficiente entre los dos extremos del galpón.

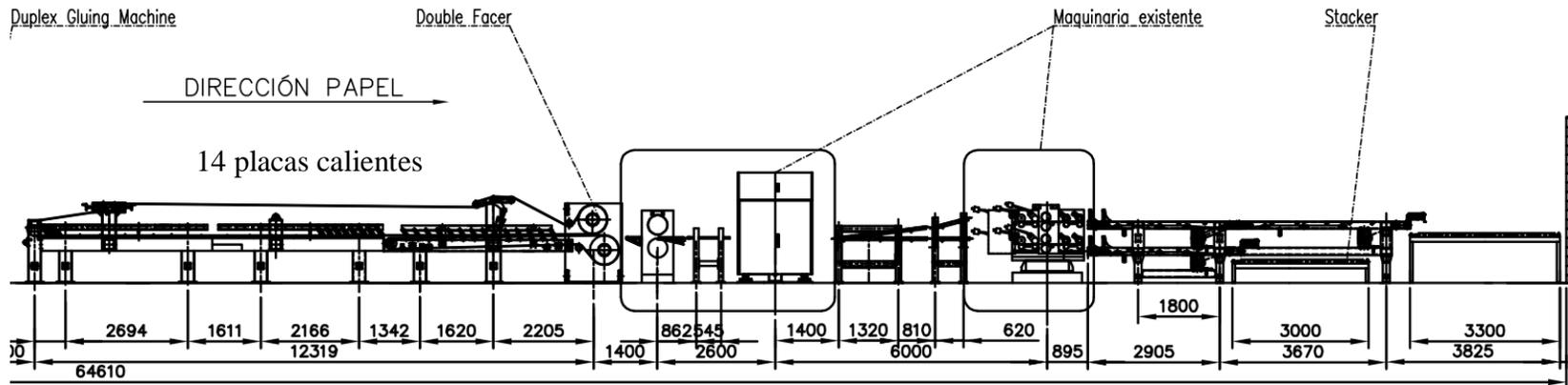


***Imagen 6.2.1: Plano total de la nueva corrugadora.***

Dado que la máquina es muy grande y la imagen no se puede visualizar bien, a continuación se muestra el plano de la máquina en dos partes. La primera corresponde a la zona que comienza en el primer porta-bobinas hasta el colero doble, mientras que la segunda empieza en la mesa de secado y termina en la mesa apiladora:



*Imagen 6.2.2: Nueva corrugadora (primera parte)*



*Imagen 6.2.3: Nueva corrugadora (Segunda parte)*

### 6.3 - Servicios auxiliares

Con el cambio de máquina y de tecnología también se produce un cambio en la necesidad de servicios auxiliares que se requiere para funcionar correctamente. A continuación se muestra un cuadro comparativo de los requerimientos entre las dos situaciones:

| <b>SERVICIOS AUXILIARES: comparación</b> |                          |
|--|--------------------------|
| <b>Corrugadora actual</b>                | <b>Nueva corrugadora</b> |
| Electricidad.                            | Electricidad.            |
| Gas natural.                             | Vapor.                   |
| Sistema neumático.                       | Gas natural/diesel.      |
|  | Sistema neumático.       |
|  | Sistema hidráulico.      |

La gran diferencia se encuentra en que la nueva máquina necesita de vapor mientras que la antigua no lo requería. A su vez, el consumo de gas natural se realiza de manera indirecta, es decir, que se lo utiliza para la generación del vapor y no como insumo directo de la máquina como era anteriormente.

En lo que corresponde a electricidad no se esperan grandes diferencias entre los consumos de las máquinas, lo mismo sucede con los sistemas neumáticos.

#### 6.3.1 - Vapor

La nueva corrugadora necesita de un suministro de vapor para funcionar, por lo cual va a ser necesaria la instalación dentro de la fábrica de una caldera de vapor que genere este insumo según los requerimientos de la máquina. El vapor es necesario básicamente en dos procesos de toda la línea de corrugado, estos son: en la formación de la onda del cartón y en el secado de las planchas una vez impresa la forma. Por lo tanto, considerando que hay dos grupos corrugadores, la máquina contará con tres lugares por donde se le alimentará el vapor.

Para la determinación de la construcción de una caldera hacen falta dos parámetros fundamentales que son función de los procesos a los cuales se les va a proporcionar el vapor. Estos parámetros son:

1. Presión de vapor.
2. Caudal de vapor.

En el caso de la nueva corrugadora el fabricante proporcionó la siguiente información referida al consumo necesario:

|                           |                          |            |
|---------------------------|--------------------------|------------|
| <b>Caudal de vapor</b>    | 4000 kg/hora             |            |
|                           | <b>Kg/cm<sup>2</sup></b> | <b>MPa</b> |
| <b>Presión de trabajo</b> | 12,2 a 14,3              | 1,2 a 1,4  |
| <b>Presión máxima</b>     | 15,8                     | 1,55       |

## Modernización de una línea de corrugación

Con los anteriores *inputs* para la construcción de la caldera se empezaron a buscar posibles fabricantes de calderas para pedir presupuestos. Por las buenas referencias que se obtuvieron por parte de distintos colegas del sector (haciendo referencia desde la empresa), se decidió ponerse en contacto con la firma "**Daniel Ricca S.A**" dedicada a la construcción de calderas de vapor.

La solución ofrecida por el fabricante fue la de una caldera humotubular de tres pasajes de gases con fondo húmedo, con una producción de vapor de 4000 Kg/hora y una presión de trabajo de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.

A continuación se muestra el listado de las especificaciones de la caldera:

| GENERADOR DE VAPOR: CALDERA      |  |
|----------------------------------|--|
| Modelo                           | DR-100.  |
| Tipo                             | Humotubular horizontal.  |
| Cantidad de pasos                | Tres pasos independientes.   |
| Tipo de fondo                    | Húmedo.  |
| Hogar                            | Corrugado, central.  |
| Producción de vapor              | 4.000 Kg/hora.   |
| Producción de vapor en pico      | 4.400 Kg/hora.   |
| Presión de trabajo               | 15 Kg/cm <sup>2</sup> .  |
| Presión de diseño                | 16 Kg/cm <sup>2</sup> .  |
| Superficie de calefacción        | 100 m <sup>2</sup> .   |
| Temperatura agua de alimentación | 70 °C.   |
| Rendimiento                      | 88%  |
| Tipo de vapor                    | Saturado seco.   |
| Combustibles                     | Gas Natural / Diesel.  |
| Consumo                          | Con gas natural: 330 m <sup>3</sup> /hora.<br>Con Diesel 282 litros/hora.  |
| Automatismos                     | Combustión: Modulante con gas natural / alto-bajo fuego con diesel.<br>Nivel de agua: On-Off.<br>Corte por alta temperatura. |
| Peso de la caldera vacía         | 19 toneladas.  |
| Dimensiones                      | 6300 x 2900 x 2800 mm  |

Se resalta la importancia de comprar una caldera dual, lo cual implica que pueda funcionar tanto con gas natural y como con diesel. Esta es una decisión estratégica que aporta flexibilidad a la producción, dado que es común que en los inviernos se corte el suministro de gas a las industrias, de esta manera se puede seguir trabajando (de manera menos eficiente) y no tener que parar la planta.

Uno de los problemas a solucionar es el donde ubicar la caldera. Actualmente la empresa no tiene el espacio suficiente para su instalación, por lo que será necesario sacrificar espacio de alguna otra área.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que la ubicación en donde se situará la caldera tiene que cumplir ciertas normativas y requerimientos:

## Modernización de una línea de corrugación

- Existencia de una distancia mínima de diez metros entre la caldera y las medianeras de los vecinos y otra distancia de diez metros de la línea municipal (calle).
- El recinto debe contar con techo voladizo en caso de explosión.
- Ser de fácil acceso.
- Ser un lugar apartado, no un lugar de paso que perjudique al personal en sus tareas.
- Disponer de los suministros que la caldera requiere (Suministro de gas y de agua).
- Debe estar lo más cerca posible de la máquina para ahorrar en cañerías y pérdidas de línea.

Luego de analizar las instalaciones de la fábrica se llegó a la conclusión de que hay solo un lugar que cumpla estos requerimientos y esté disponible para su uso. El mismo es un cuarto interno de 12x8 metros de la fábrica, que actualmente se usa para almacenar bobinas. Para la instalación de la caldera será necesario trasladar a otro lugar todo el stock almacenado actualmente.

Dado que será necesario mover las bobinas ubicadas en el cuarto nombrado, como bobinas que actualmente se encuentran a los costados de las naves, se cree que la mejor solución es contratar de manera temporal un depósito externo en donde puedan ser almacenadas. Esto es debido a que el papel, al ser importado, tiene tiempos de entrega muy grandes y es conveniente no correr el riesgo de quebrar stock. Una vez que haya terminado la instalación se podrán volver a usar los costados de las naves como almacén de bobinas y no será necesario seguir contratando el depósito.

### 6.3.2 - Gas

Si bien la fábrica seguirá consumiendo gas para su proceso productivo, la finalidad del mismo será bien diferente. Actualmente se usa el gas como combustible para darle calor al proceso de corrugación, mientras que en la nueva tecnología se utilizara el gas como combustible para la generación de vapor. Por lo tanto será necesario cerrar las llaves de gas actuales que alimentan a la corrugadora vieja, y extender la instalación de gas al cuarto en donde se situará la caldera, para así lograr garantizar el suministro. Este proceso de expansión de la línea de gas será realizado por un gasista matriculado.

Suponiendo que la corrugadora esté funcionando el 100% del tiempo el consumo anual de gas será de:

| Concepto                    | Valor         | Unidad                   |
|-----------------------------|---------------|--------------------------|
| Consumo por hora            | 330           | m <sup>3</sup> /hora     |
| horas por día               | 9             | hs/día                   |
| Días laborales al año       | 250           | día/año                  |
| <b>Consumo anual de gas</b> | <b>742500</b> | <b>m<sup>3</sup>/año</b> |

La tarifa de gas para las industrias depende del tipo de categoría al cual se pertenezca. Para el caso de *CARTOX* esta categoría es la "P" que Metrogas define como:

"Servicio general "P": *El servicio para usos no domésticos (excluyendo estaciones de GNC y subdistribuidores) en donde el cliente no tendrá una cantidad contractual mínima y no es atendido bajo un contrato de servicio de gas".*

### 6.3.3 - Electricidad

Además de los suministros de gas y vapor, la máquina requiere de energía eléctrica para su funcionamiento. Dado que el consumo eléctrico de ambas máquinas será muy similar no se requieren inversiones en este punto. La única acción a tomar es la extensión del cableado y el movimiento del tablero general que se usa actualmente hacia donde se va a instalar la nueva máquina.

### 6.3.4 - Sistema neumático

Como se detalló anteriormente, hay varios módulos de la corrugadora que son neumáticos y por ende necesitan suministro de aire comprimido. Para esto la empresa ya cuenta con un compresor que se utiliza en otras máquinas, por lo que se requerirá la adquisición de un nuevo compresor para poder satisfacer la necesidad total que se generará.

El sistema es bastante sencillo y no presenta mayor complejidad. El compresor tiene una boca por donde recibe el aire del ambiente, lo comprime y envía el suministro de aire comprimido a los distintos sistemas que lo requieran.

### 6.3.5 - Sistema hidráulico

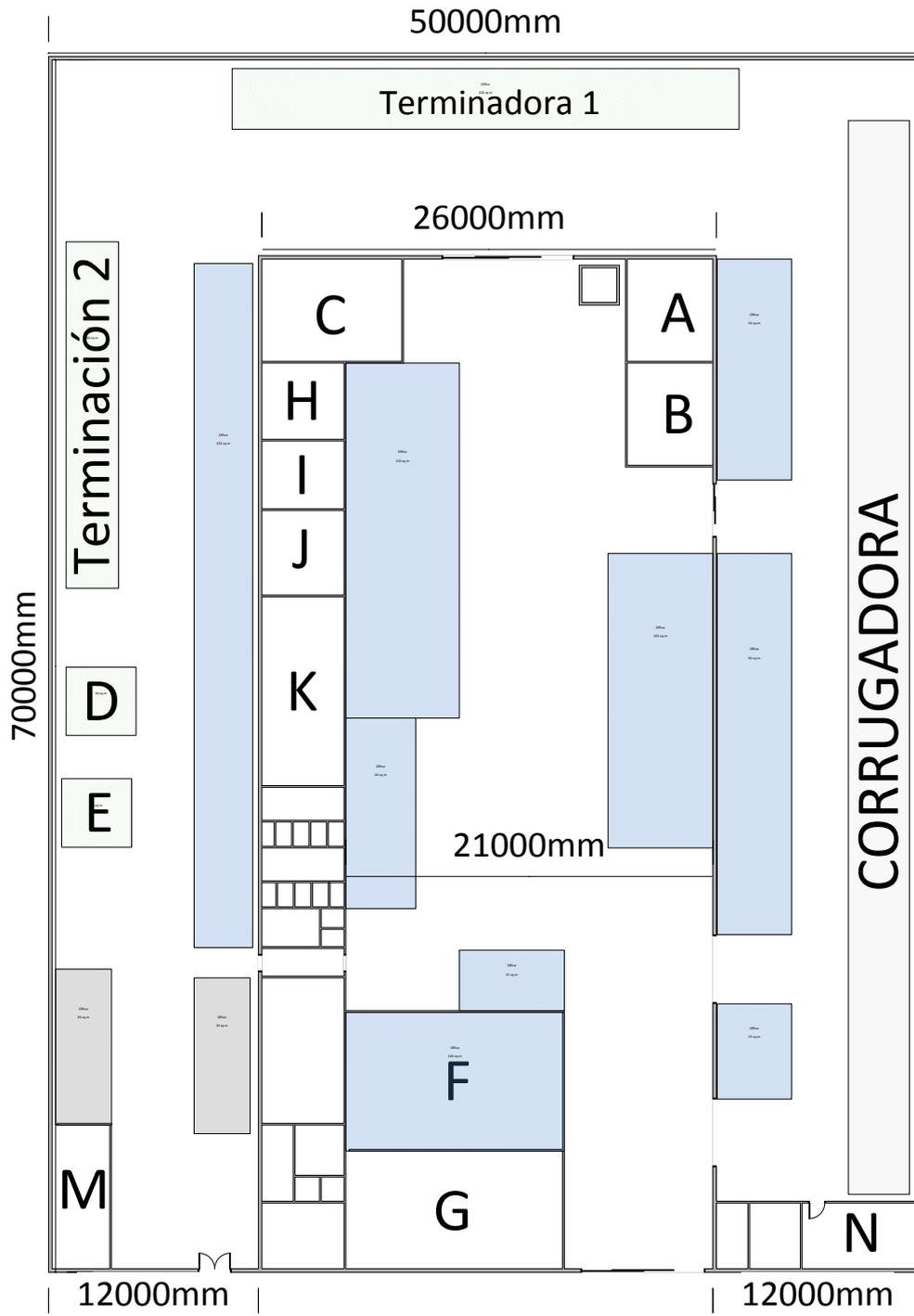
Además del sistema neumático, algunos módulos constan de un sistema hidráulico para levantar carga. Este sistema utiliza un circuito cerrado con aceite especial, por lo que no es necesario tener un depósito de aceite que lo vaya suministrando. El único requerimiento es hacer un cambio de aceite como mantenimiento en lapsos especificados por el fabricante.

## 7 - LAY-OUT

Debido a que la línea de corrugación requiere una gran superficie y extensión longitudinal para operar, se deberá analizar cuidadosamente el *lay-out* actual para poder determinar la viabilidad de la nueva incorporación y predecir cuáles serán los efectos sobre el periodo de instalación ya que no es posible instalar la nueva línea sin tener que remover otra.

A continuación se realizó el *lay-out* actual de la planta utilizando como base un plano desactualizado que tenía la empresa:

**Figura 7.1: Lay-Out actual**



### Referencias:

- A- Comedor de planta.
- B- Sala de ensayos destructivos.
- C- Taller
- D- Cosedora.
- E- Cortadora para separadores e interiores.
- F- Almacén de bobinas pequeñas.
- G- Oficinas.
- H- Sala de mantenimiento
- I- Almacén de matrices de troquelado
- J- Almacén de clises de impresión
- K- Vestuarios
- M- Casilla de transformador de Edesur.
- N- Almacén de la materia prima para elaborar el pegamento.
-  - Almacenamiento de bobinas de papel.
-  - Almacenamiento de producto terminado

Con la disposición actual de las instalaciones, el flujo de la producción en proceso es en sentido anti-horario transitando desde la zona de corrugación hasta la terminación 1 o 2 según corresponda. De esta forma, el producto realiza un recorrido en forma de “U”.

La incorporación de la nueva corrugadora implicará una alteración de la normal operación de la planta durante un periodo de tiempo y también una posible reorganización del *lay-out*, por lo tanto, habrá que analizar distintas alternativas para poder determinar aquella que permita reducir el impacto negativo. Para poder comparar las distintas alternativas se traducirán los impactos negativos a un costo en pesos.

De aquí surgen una serie de alternativas que pueden ser consideradas a la hora de emprender la transición.

### 7.1 - Alternativa 1

La alternativa 1 consta de desinstalar la corrugadora actual y colocar la nueva en el mismo lugar incurriendo en un periodo prolongado donde la empresa no producirá planchas de cartón corrugado. Este tiempo constará de:

$$t_T = t_d + t_p + t_i + t_{pap} \quad (6)$$

Donde:

$t_T$ : Tiempo total

$t_d$ : Tiempo incurrido en desinstalar la máquina actual

$t_p$ : Tiempo de preparación de los cimientos

$t_i$ : Tiempo de instalación de la nueva máquina

$t_{pap}$ : Tiempo de puesta a punto

Durante ese periodo de tiempo, la empresa podrá comprar a terceros las planchas de cartón corrugado incurriendo en mayores costos para ese insumo y reduciendo entonces los márgenes del producto terminado.

Un análisis detallado de esta alternativa considera una reducción en la flexibilidad de producción debido a que una vez tercerizada la producción de planchas, se perderá capacidad de respuesta antes pedidos especiales de alta calidad y bajo

## Modernización de una línea de corrugación

volumen que actualmente contribuyen mucho a las ganancias de la compañía. Ligado al hecho de tercerizar la primera etapa de producción, bajará el nivel de servicio debido a que se incrementarían los tiempos involucrados en el transporte y producción.

### Ventajas

- No alteración de la distribución en planta en términos de operaciones
- Permite producir cajas terminadas de manera continua.

### Desventajas

- Aumenta los costos durante el proceso de desinstalación e instalación de las respectivas corrugadoras.
- Baja flexibilidad de programación y producción de pedidos especiales.

## 7.2 - Alternativa 2

Una segunda alternativa a ser considerada es la de emplazar la nueva corrugadora en el "ala" izquierda de la planta reubicando la sección de "Terminación 2" en la zona central de la planta donde se almacenan las bobinas de materia prima. Las características de la línea de terminación, que hacen que esta alternativa sea viable, son: su bajo peso en comparación a la corrugadora actual, su relativamente pequeño tamaño y que únicamente requiere de energía eléctrica para funcionar (a diferencia de la corrugadora actual que debe contar con una instalación de gas apropiada).

Bajo esta configuración, en un lapso de pocos días, la empresa podrá operar tal como lo hacía antes prescindiendo de la utilización del ala derecha dejándola libre para comenzar las obras civiles necesarias (nivelación de suelo, cimientos y empotramientos, etc.).

### Ventajas

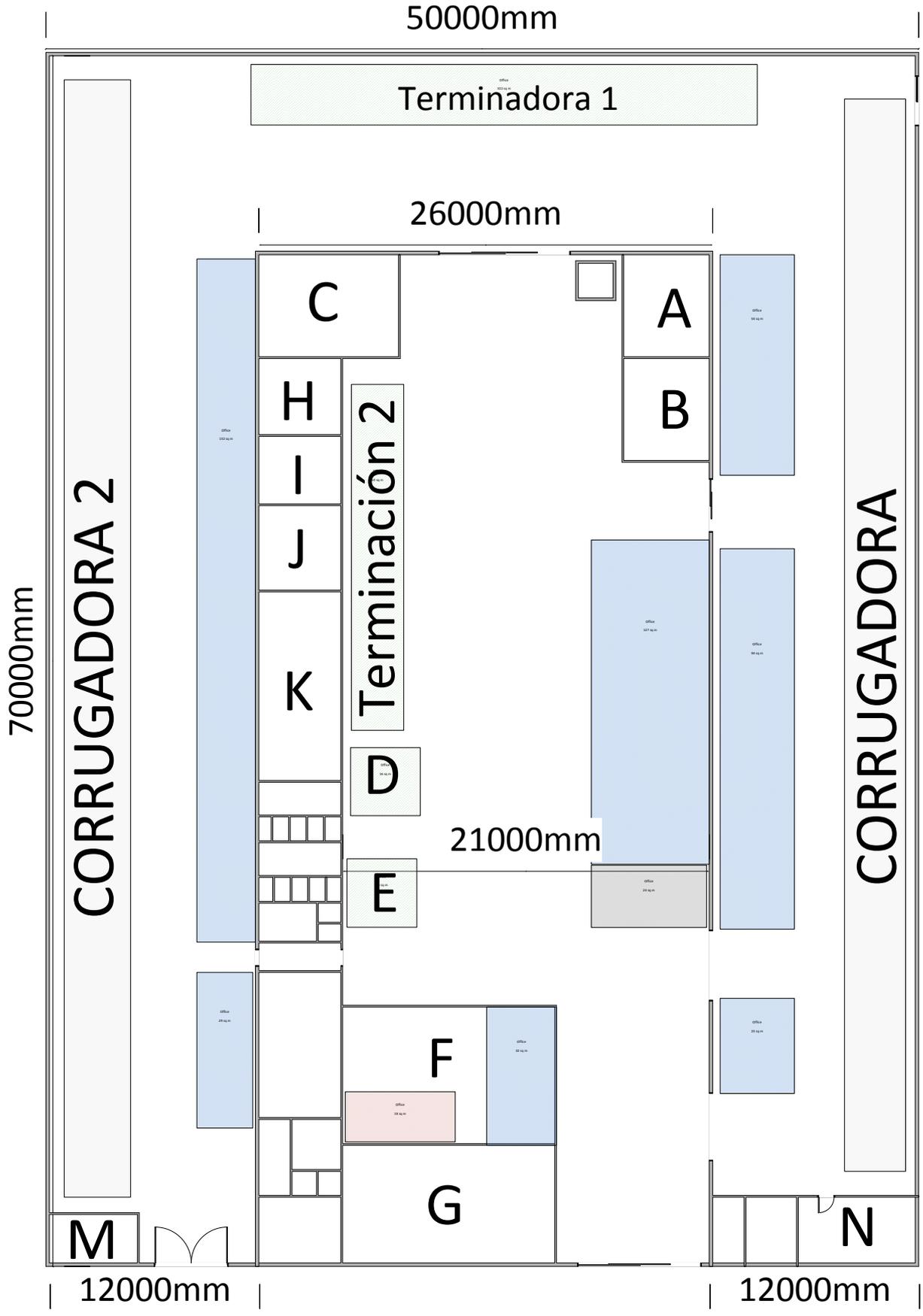
- La producción de planchas de cartón corrugado y la producción de cajas troqueladas grandes no se ven afectadas.
- Permite seguir operando con la corrugadora vieja durante la implementación, testeado y prueba de la nueva corrugadora.

### Desventajas

- Modificación en el flujo de los materiales dentro de la planta.
- Interrupción en la producción de cajas chicas durante la reacomodación de la Terminadora 2
- Necesidad de reducir los stocks de materia prima durante el proceso.
- Movilización de máquinas

A continuación se muestra la configuración pretendida para la alternativa 2 con la incorporación de la caldera (rectángulo rojo) en la zona F donde anteriormente se utilizaba para depositar bobinas.

Figura 7.2: Lay-Out: Etapa transitoria 2

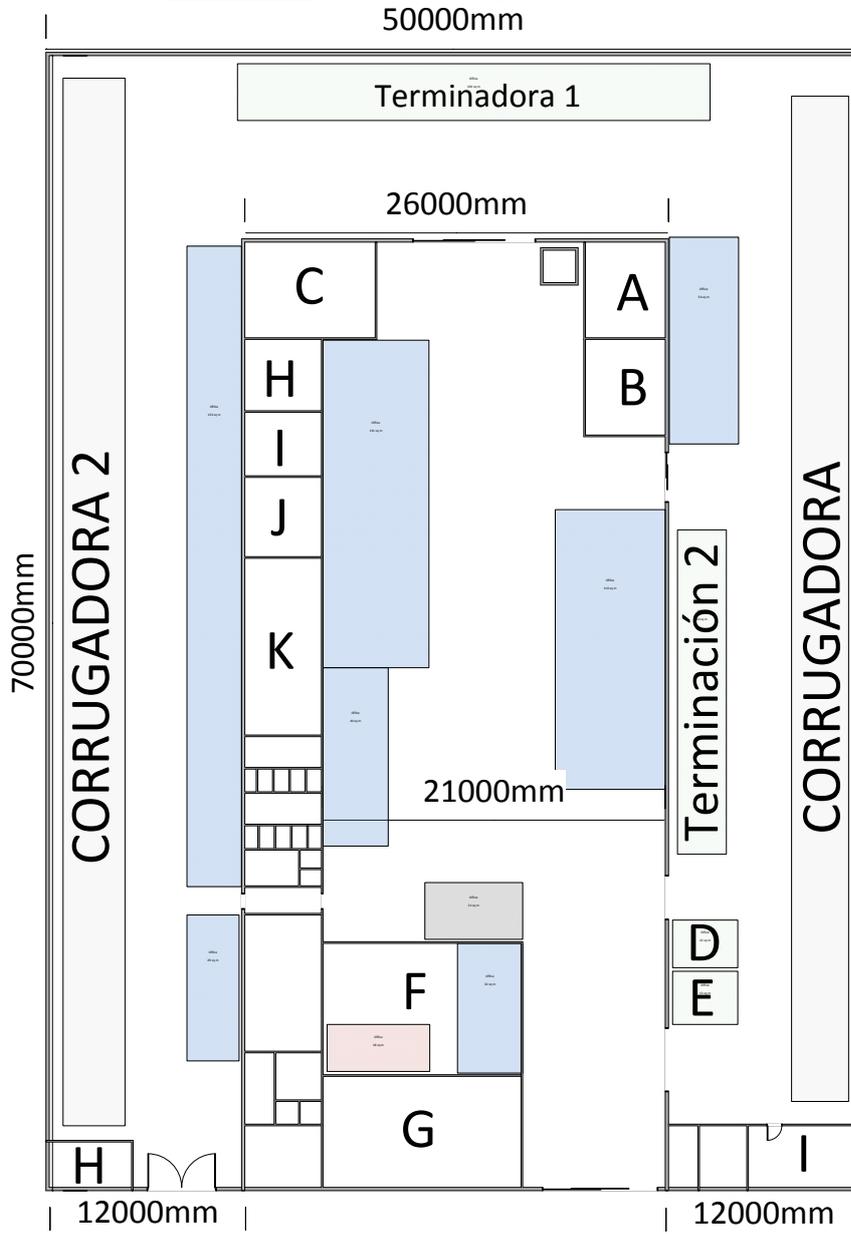


### 7.3 - Alternativa 3

La tercera alternativa consiste en mudar la línea de terminación 2 a la nave junto a la corrugadora a reemplazar. Ese espacio se encuentra ocupado por bobinas de materia prima que deberán ser mudadas a un depósito para mantener el nivel de stock. Esta configuración es muy similar a la que finalmente adoptara el *lay-out* definitivo en cuanto a la ubicación de los procesos.

Es necesario resaltar que, tanto la alternativa 2 como la 3 mudan la etapa de terminación ocupando superficie que actualmente se destina a almacenar materia prima, la alternativa número 2 implica una reducción mayor en la capacidad de almacenaje debido a que la nave central de la planta posee una altura de 8 metros en contraposición con las naves laterales que cuentan con solo 6 metros de altura. Esta consecuencia determina que la tercera alternativa resulte más conveniente en términos de disminución de capacidad de almacenaje de bobinas.

**Figura 7.3:** *Lay-out: Etapa transitoria 3*



### Análisis:

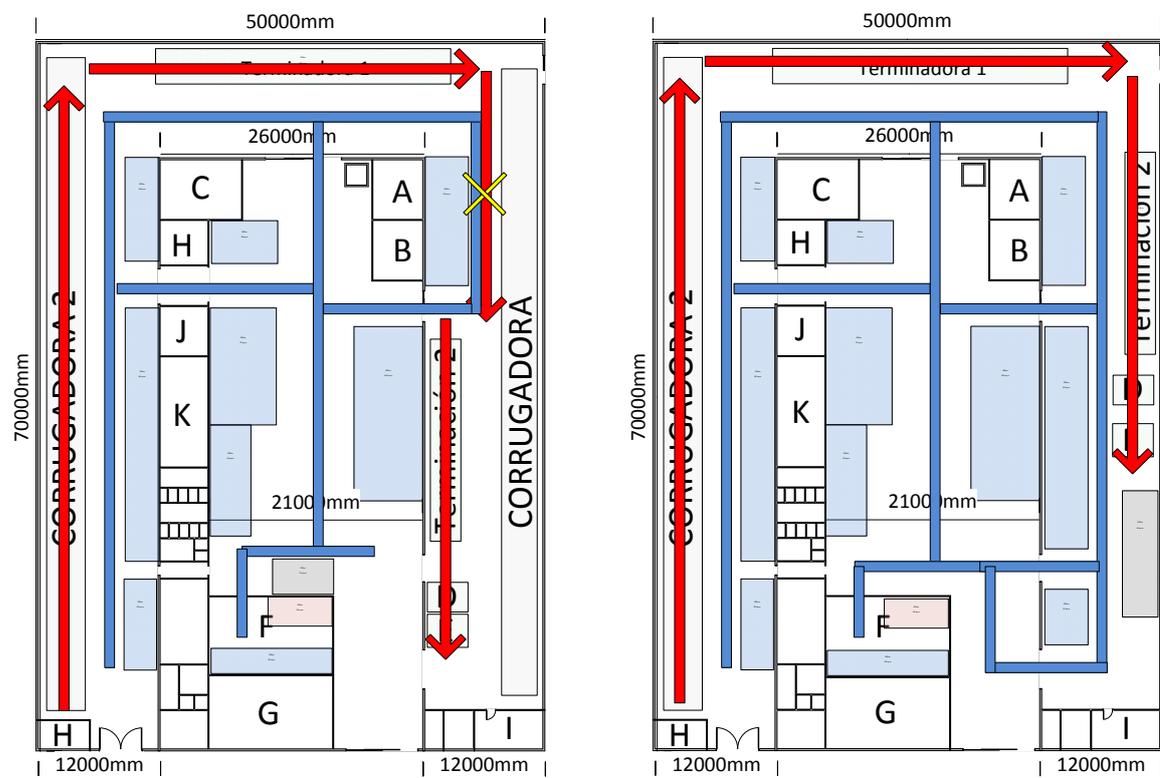
Considerando las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas se decidió que la tercera es la más conveniente debido a:

- Mayor aprovechamiento de la línea de corrugación (actual cuello de botella)
- No es necesario aumentar la demanda de planchas de cartón corrugado de terceros, lógicamente a un mayor costo y con posibilidades de desabastecimiento por falta de capacidad de producción.
- Minimiza los tiempos de alteración en los procesos.
- Mayor flexibilidad en la programación de la producción.

### 7.4 - LAY-OUT Definitivo

Llamamos *lay-out* definitivo al resultante luego de la venta de la corrugadora actual. Para lograr dicha configuración, se deberán desinstalar los módulos que no fueron utilizados en la nueva línea y nivelar el contrapiso eliminando los cimientos que soportaban a los distintos módulos de la corrugadora vieja. Una vez que esto finalice, se deberán realizar las obras necesarias detalladas en el punto 8 (Proceso de incorporación) para poder mover la línea de terminación 2 junto a la medianera.

Este último movimiento es conveniente para que la producción siga un flujo contra el exterior de la planta, como se muestra en el siguiente esquema, evitando cruces entre la producción y el movimiento de materia prima con autoelevadores.



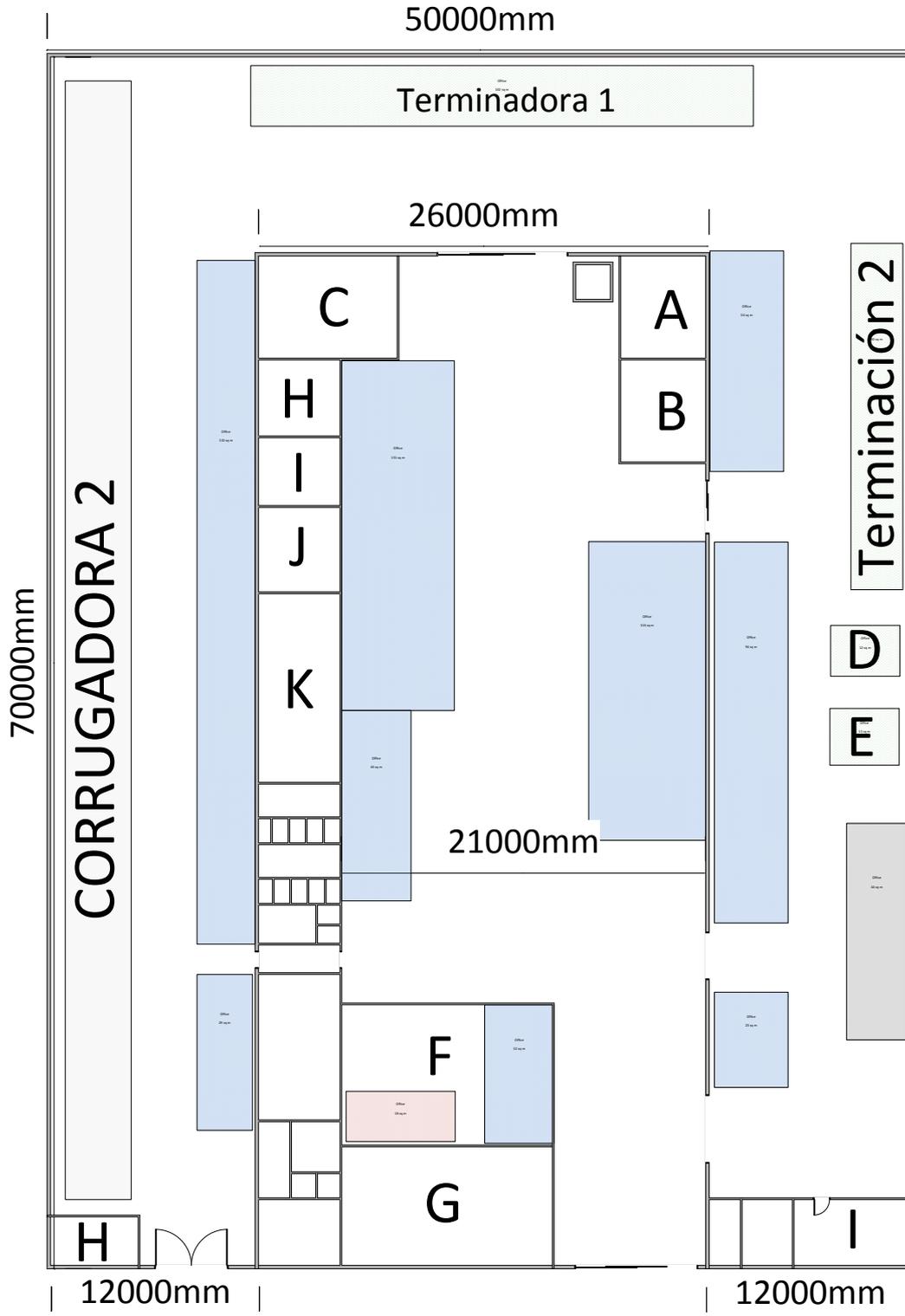
Se muestra sobre el *lay-out* en **rojo** y en **azul** dos circuitos diferentes:

- El circuito rojo representa el flujo que sigue la producción una vez que comienza a corrugarse hasta que se obtiene una caja ya lista para enviar al cliente.

## Modernización de una línea de corrugación

- Los caminos demarcados en **azul** sobre el *lay-out* muestran los senderos que serán recorridos habitualmente por los auto-elevadores para estivar y mover bobinas a lo largo de toda la planta (en el cuadro izquierdo se observa una zona conflictiva).

**Figura 7.4: Lay-Out definitivo.**



## 8 - PROCESO DE INCORPORACIÓN

## Modernización de una línea de corrugación

Una vez seleccionada la maquinaria a incorporar, el proyecto requiere una serie de pasos a seguir que incluyen movimientos de maquinaria, acondicionamiento e instalaciones previas en la planta. Como se detalló en la etapa de análisis de alternativas de *lay-out*, el esquema elegido en este trabajo planea el movimiento de la maquinaria en dos etapas que a su vez se dividen en cuatro fases totales. A continuación se detallan cada una de estas fases y los procesos que incluyen cada una.

### 8.1 - FASE 1: Movimientos previos

- **Desinstalación de la Terminadora N°2:** El primer paso consiste en desmontar la terminadora N°2 ubicada en el ala izquierda. El trabajo, inicialmente, consta del quitado de encastres y amuramientos al suelo, junto con el desprendimiento de cualquier conexión que la máquina posea para su funcionamiento (electricidad y aire comprimido). Además, para poder ser trasladada con mayor facilidad, la máquina está construida en módulos ensamblables, que los operarios, a la hora de realizar la desinstalación, deberán quitar acorde a un manual de instrucciones propio de la máquina. Se espera que el tiempo total estimado para esta tarea no supere los 3 días.
- **Traslado de la Terminadora N°2:** Una vez finalizado el desmembramiento de la maquinaria, es posible comenzar con las tareas de traslado al sector donde será colocada la maquinaria de manera momentánea (ver *lay-out* de etapa transitoria). Para ello se deberá primero despejar la zona que actualmente se utiliza como almacenamiento de stock de materia prima junto a la corrugadora actual. Este stock será trasladado a un nuevo depósito alquilado momentáneamente durante toda la etapa de incorporación de la nueva corrugadora y hasta que la antigua sea removida.  
Para el traslado de los módulos de la terminadora se utilizarán las autoelevadoras que la empresa posee actualmente.  
Es importante destacar que para la colocación de los módulos de la terminadora, es necesario que estén colocados y fijados los rieles principales donde se mueven los mismos.  
Se estima que todo el proceso de traslado se realice en 2 días.
- **Instalación transitoria de la Terminadora N°2:** Finalmente, una vez que los módulos de la máquina comienzan a colocarse en el lugar interino, la máquina puede comenzar los procesos de instalación. Hay que tener en cuenta que la máquina requiere de espacio para el movimiento de operarios en su periferia (es especial en su lado derecho, visto desde arriba). Además, durante este período se debe realizar una re-colocación del tablero eléctrico y por ende una extensión de los cables aéreos en el nuevo lugar y, además, una prolongación de la tubería de aire comprimido. Una vez finalizadas estas tareas que se estima realizar en 4 días, la terminadora debería estar en condiciones de operar nuevamente.

Para esta fase, la coordinación y prolijidad son muy importantes puesto que cualquier extravío de piezas representaría un prejuicio muy grande en cuanto a tiempos y calidad de producción si la máquina no está en condiciones de operar al finalizar la reacomodación. Lo que se traduce a un prejuicio económico muy grande.

Además, durante esta fase, la empresa no contará con la posibilidad de producir cajas chicas simples.

### 8.2 - FASE 2: Instalaciones previas

Una vez que se hayan quitado todos los módulos de la terminadora en el ala derecha, es posible comenzar con esta fase de instalaciones previas, que incluyen todos los trabajos a realizar hasta que arribe la nueva corrugadora.

- **Alineamiento del suelo:** Para poder funcionar adecuadamente, la nueva máquina debe estar correctamente balanceada, es decir, no debe poseer inclinación alguna ni desniveles intermedios (se permite un error de aproximadamente 1 cm de diferencia en altura, en 60 metros de longitud).

Al relevar la fábrica sin embargo, se encontró que existe un desnivel en el suelo longitudinalmente, es decir, entre la entrada y la pared final trasera. Este desnivel además está seccionado en dos partes, donde los 35 metros del fondo hasta la mitad de la fábrica cuentan con 2 cm de diferencia y los restantes 35 metros cuentan con 12 cm de diferencia (entre un extremo y otro). Aunque estos valores hayan sido aceptables para la terminadora, el suelo de la mitad más comprometida (12 cm de diferencia) debe ser nivelado en la zona donde se colocará la maquinaria.

La parte más comprometida de la corrugadora nueva, es decir, la zona donde se requiere mayor nivel de precisión, es la etapa que va desde los *liners* hasta la parte previa a la mesa de secado. Dada esta condición, aunque una alternativa sería realizar un acondicionamiento completo del suelo, para no tener que realizar obras desmedidas, se opta por realizar cajones de hormigón para los soportes de la máquina en esas zonas comprometidas.

Los cajones constan de una construcción rectangular en hormigón armado, para ellos se requiere de un picado del suelo (en las zonas de soporte), colocación de mallas de hierro y posteriormente un llenado de hormigón hasta alcanzar la altura exacta de alineación.

Se estima que la máquina requiera entre 15 y 20 soportes de hormigón de medidas variadas entre 0,25 y 5 m<sup>2</sup> de superficie, por hasta 12 cm de altura.

Para esta obra, se pidió un presupuesto donde se incluyen las tareas de: picado de suelo, colocación de malla, colocación de material, alineación, limpieza y demás tareas.

Para los módulos restantes de la máquina, dado que la diferencia de altura no supera los 3 cm y que los requerimientos no son tan elevados para los módulos de secado, corte y trazado y *cut-off*; se propone resolver los desniveles con la incorporación de láminas de metal (chapa) en los lugares más comprometidos hasta lograr un correcto alineamiento.

Todo el proceso correspondiente a esta etapa se estima finalizarse en 14 días.

- **Huecos de anclaje:** Las especificaciones de la maquinaria nueva exigen que la misma esté anclada al suelo. Esto le permite resistir vibraciones y perturbaciones que, eventualmente, puedan generar corrimientos de su eje central y problemas en la fabricación de cartón. Al ser una máquina de tecnología avanzada, es preciso que la posición de la misma no varíe. En conjunto con lo anterior, el anclaje sirve como empotramiento para que la máquina resista el peso de la corrugadora y los rodillos.

Para la incorporación de estos huecos es necesario romper el suelo y realizar excavaciones con posterior relleno de concreto. El orificio a rellenar deberá tener aproximadamente 0,75 m de profundidad y 1,4 de superficie, y se estiman realizar entre 85 y 95 huecos de anclaje.

## Modernización de una línea de corrugación

Las tareas para los huecos de anclaje estiman realizarse en 21 días pudiéndose realizar en paralelo a la etapa anterior.

- **Instalación de gas:** Para suministrar gas a la caldera es necesario realizar la instalación de tuberías, válvulas de control y llaves de paso, desde el medidor principal hasta la caldera, acordes al nuevo suministro requerido por la caldera (330 m<sup>3</sup>/hs). Para esta tarea será necesario contratar un especialista matriculado que se encargue tanto de la instalación como del testeo y la habilitación. Se estima una duración de 10 días para la instalación completa, pudiéndose realizar en simultaneo a las demás instalaciones.
- **Instalación de la caldera:** Una vez realizadas las instalaciones de gas, es posible realizar la colocación de la caldera. El proveedor que se contactó y eligió para realizar la instalación de la caldera que suministra vapor, incluye en el precio final, el llamado “llave en mano”, es decir, que la empresa proveedora se hará cargo de todos los procesos de:
  - Flete
  - Instalación de la caldera.
  - Instalación de tuberías de vapor (desde la caldera hasta la zona de corrugación).
  - Instrucción a supervisores, gerentes y operarios (no está incluido dentro del costo de la maquina).

El lugar de colocación de la caldera se puede observar en el plano de *lay-out* final descripto anteriormente. Según la referencia del proveedor, se estima que la instalación de la caldera se realice en 15 días.

- **Instalación eléctrica:** Se utilizarán los mismos medidores que en la corrugadora antigua, realizándose solo tareas de acondicionamiento, cableado y reubicación del tablero principal de esa máquina. Se estima una demora de dos días para esta tarea.

### 8.3 - FASE 3: Incorporación de la máquina

Para la puesta en marcha de la máquina, la empresa fabricante cuenta con un servicio al cliente que provee una dotación de cuatro técnicos especializados provenientes de la fábrica (localizada en China). La empresa proveedora estima que la instalación tiene una duración de aproximadamente un mes y medio y el costo de los pasajes de cada uno de sus delegados se incluye en el precio de la maquina.

Para toda la etapa de preparación, se deberá contar con un traductor de chino a español que ayude diariamente a conectar los técnicos con el personal de *CARTOX*. Una vez que la máquina esté disponible para los técnicos (los proveedores no se encargan del flete hasta la empresa), los mismos pueden comenzar sus labores, a saber:

- **Flete:** Previa a la etapa de colocación, la empresa deberá hacerse cargo del flete de los contenedores desde el puerto hasta la fábrica. En total serán siete los contenedores a descargar.
- **Colocación de la máquina:** Siendo que los módulos de la corrugadora tienen mayor tamaño que los de la terminadora, no será posible utilizar los auto

## Modernización de una línea de corrugación

elevadores propios de la empresa, sino que la misma deberá contratar un servicio de grúa con operarios calificados para trasladar los módulos desde el contenedor hasta el interior de la fábrica. Luego, haciendo uso de la misma grúa, los representantes de los proveedores deberán ir coordinando la colocación de los 15 módulos desde el lugar interino hasta su lugar final correspondiente. Es importante resaltar que cada módulo debe ser colocado con alta precisión mientras se realicen los trabajos con la grúa. La colocación incluye los amuramientos, anclajes, fijaciones y alineaciones. Se estima que la colocación total se realizará en 7 días.

- **Instalación de la corrugadora (primera parte):** Una vez realizada la colocación, los operarios propios de los proveedores, serán los encargados de la instalación de la corrugadora. Se entiende por instalación a:
  - Armado de módulos.
  - Interconexión de módulos.
  - Conexión de las tuberías finales de vapor hasta la máquina.
  - Conexión del cableado a los motores de la máquina.
  - Conexiones hidráulicas y neumáticas donde correspondan.

Se estima que la duración de esta primer parte sea de 35 días aproximadamente.

Hasta este momento la empresa se encuentra produciendo cartón corrugado con la corrugadora vieja, habiendo realizado una suspensión en la fabricación de cajas pequeñas solo durante el breve período de recolocación de la terminadora N°2. A partir de este punto, siendo que se requieren tres módulos de la corrugadora vieja, la empresa debe detener la producción de cartón corrugado hasta que se realicen las pruebas finales de la nueva corrugadora y la misma esté apta para su normal funcionamiento. Es importante destacar que a partir de este momento, hasta la entrada en régimen del nuevo sistema, la empresa se encuentra sin poder producir su principal producto, lo que indica que el tiempo de finalización en esta fase es crucial para la empresa y cada día de demora por sobre lo especulado implica una pérdida directa para la firma.

- **Instalación de la corrugadora (segunda parte):**
  - Colocación del *Slitter* de la corrugadora vieja.
  - Colocación del *Cut-Off* de la corrugadora vieja.
  - Movimiento del tablero de control: de la corrugadora vieja a la nueva.
  - Movimiento y re-colocación del porta-bobinas de la corrugadora vieja.
  - Testeo técnico.

Para ello, se estima una demora de tres días desde la última colocación en la etapa anterior.

- **Prueba y ajustes:** Una vez realizada la colocación e instalación de la maquinaria con sus respectivos programas cargados, los técnicos deberán realizar unas etapas de prueba. Para ello, *CARTOX* deberá proporcionarle materia prima que sirva como descarte para tener una muestra del nuevo sistema. Es importante entender que en esta etapa se realizan mediciones de velocidad de corrugación, velocidad de pegado, temperatura de rodillos, conformidad de la máquina, etc.

Además, en el período de prueba, una vez verificados los aspectos anteriores, se deberá corroborar que el producto obtenido cumpla con los estándares de

## Modernización de una línea de corrugación

calidad. Para ello, se obtendrá un muestreo de planchones de cartón (tipo) y se los someterá a diversos ensayos de tracción, compresión e impacto.

En caso de no encontrar fallas significativas, es decir, fallas que no sean regulables o ajustables mediante parámetros, y que el producto cumpla con las especificaciones, la etapa habrá concluido. Se estima que la duración total, de no encontrar fallas de gran envergadura, será de 14 días.

Es importante resaltar que a medida que se realicen las pruebas y los ajustes, durante los últimos días, se irá corrugando cartón, de manera escalonada y creciente en cuanto a capacidad.

- **Instrucción a operarios:** Finalmente, luego de que las pruebas sean exitosas, los técnicos deberán enseñar a los operarios (futuros encargados de la parte corrugación) como operar con la máquina, que factores hay que tener en cuenta, los rangos de especificaciones, modo de *set-up*, colocación de bobinas, indicadores cruciales, regulaciones, etc.

Para esta etapa, contar con un traductor de chino a español es indispensable y crucial, siendo que la etapa de instrucción conlleva lenguaje técnico y específico. Además el traductor debe poder interpretar las dudas de los operarios y las respuestas de los delegados.

Se estima que esta última etapa tenga una duración de dos días.

Se recomienda que la instrucción sea a todo el personal, independientemente estén involucrados con la corrugadora o no. La razón de ellos es poder contar con la polivalencia de personal el día de mañana. Además, en caso de necesitar instruir a nuevos operarios, es conveniente que cualquiera de los hoy existentes sean capaces de, en un futuro, enseñar la labor al ingresante. Además, siendo posiblemente la única vez que se realice una incursión de los técnicos especializados de la empresa proveedora, se sugiere aprovechar al máximo la oportunidad.

Es importante destacar que la instrucción será realizada desde el comienzo de esta fase, explicando que realiza cada módulo mientras se coloca, y que la duración final de dos días de instrucción será para corroborar el correcto aprendizaje de los operarios de la empresa. Además es factible que las primeras corrugaciones sean realizadas por los delegados de la empresa proveedora.

- **Reacomodación Terminadora N°1:** Como última etapa, es importante recordar que la nueva disposición del *lay-out* implica que el flujo del producto irá realizando una “U” al igual que la situación previa, pero de forma invertida, comenzado en el ala izquierda. Dada esta razón, la terminadora 1 debe ser girada 180° para no tener un flujo de material disperso durante el proceso de armado de cajas.

Se estima que esta etapa sea realizada en dos días dada su simpleza.

### 8.4 - FASE 4: Movimientos finales

Hasta esta fase, la empresa ya se encuentra corrugando cartón y fabricando cajas. Sin embargo, cuenta con espacio ocioso que está siendo ocupado por la corrugadora vieja que se encuentra fuera de uso. Además, como se observa en el *lay-out* final descrito anteriormente, la terminadora se encuentra pegada a la pared

## Modernización de una línea de corrugación

izquierda. Si se la reacomoda en el lugar que actualmente ocupa la corrugadora vieja, el flujo de material se vería beneficiado y la terminadora podría ser manejada de mejor forma. Además, al correr la terminadora de lugar se permite una mejor disposición de stock de materia prima.

Esta última fase se realiza en las siguientes etapas:

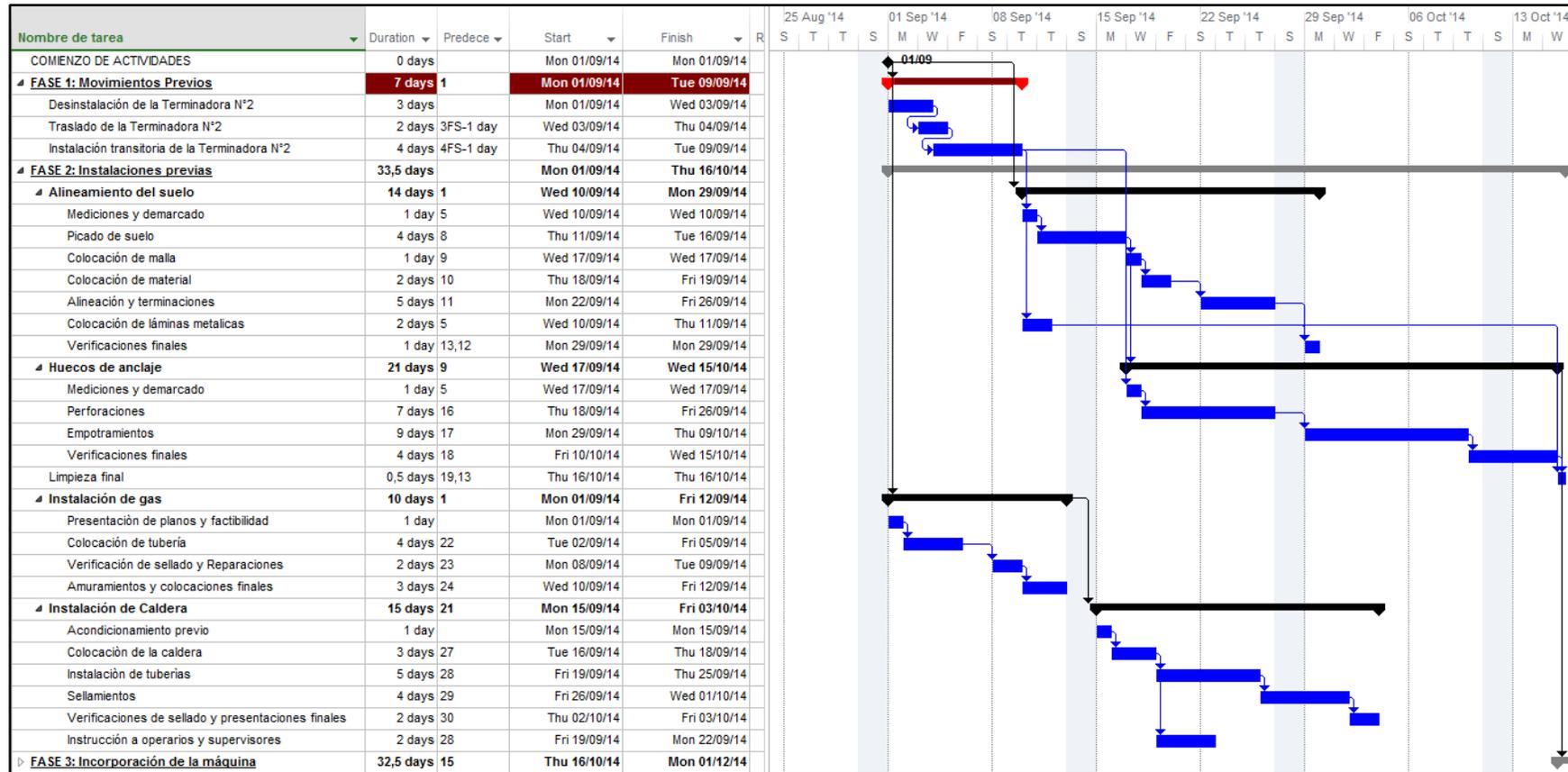
- **Desinstalación corrugadora vieja:** Inicialmente se desvincula a la corrugadora vieja y se la separa en sus respectivos módulos.  
Se estima que esta tarea no debe demorar más de 2 días.
- **Traslado corrugadora vieja:** Ya sea por venta, alquiler, concesión o simplemente reubicación (alquiler de un depósito), la corrugadora ya seccionada, será retirada de la fábrica (mediante el uso de una grúa).  
Esta etapa se estima terminar en un día.
- **Reinstalación de la Terminadora N°2:** Para las etapas de **Desinstalación, Traslado e Instalación final** de la terminadora N°2 se realizarán las mismas tareas explicadas en la fase 1.

### 8.5 - Diagrama de tareas

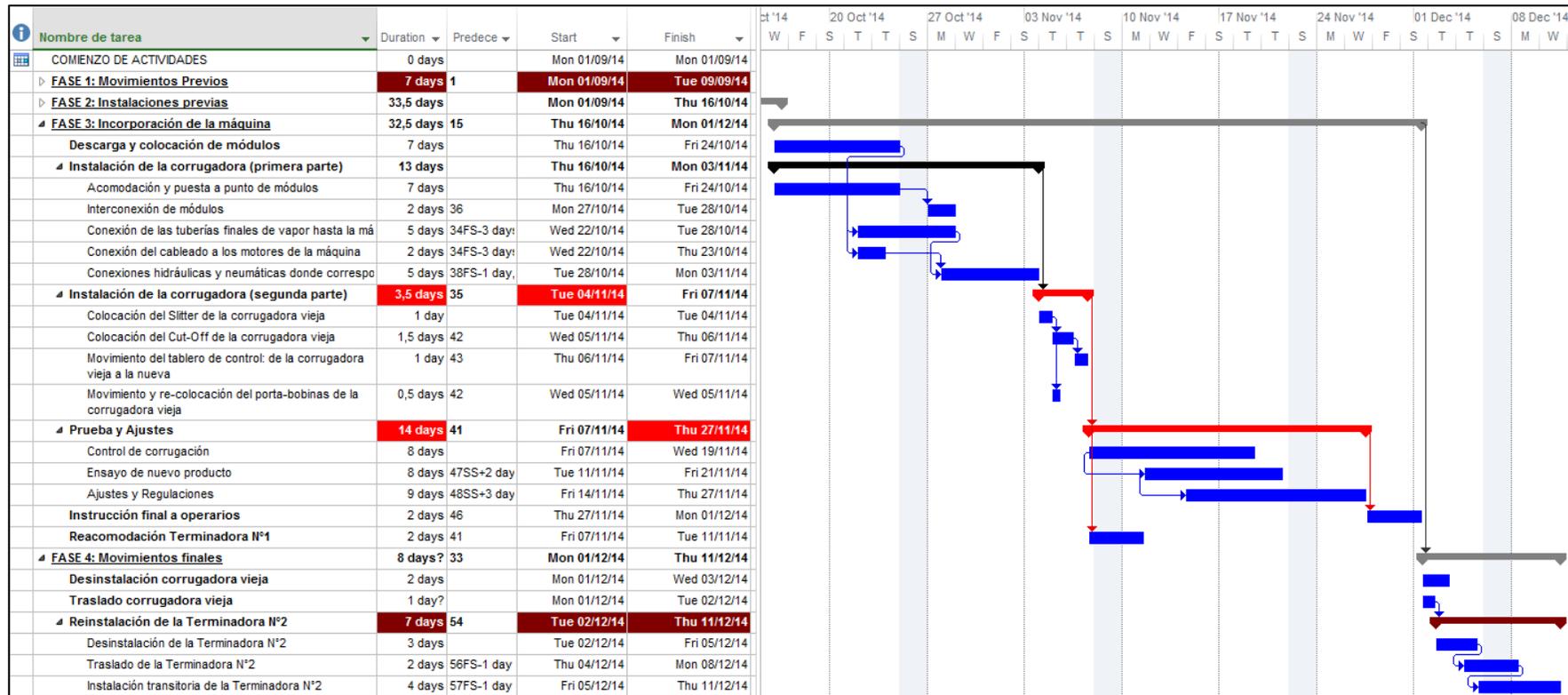
A modo de resumen se realizó un diagrama de *Gant* para organizar los trabajos a realizar en todo el proceso de incorporación de la nueva máquina. En las siguientes páginas se muestran los cuadros donde se detallan las tareas antes mencionadas por fases junto con su duración aproximada y su orden correspondiente. Del diagrama se desprenden las siguientes observaciones:

- El momento crítico (mostrado en **rojo**) donde la empresa no cuenta con la posibilidad de corrugar, tendrá una duración total de aproximadamente 18 días. Este dato es relevante puesto que influye directamente en la ganancia de la empresa y es un costo que deberá asumir.
- El momento donde la empresa no podrá realizar trabajos de terminación de cajas chicas por la mudanza de la terminadora es de aproximadamente 14 días, entre las dos etapas (mostrado en **marrón**).
- La duración total del proceso de incorporación está estimado en 74 días hábiles. Por lo tanto, si se decide realizar la implementación el día 1ero de septiembre, la finalización estaría considerada para el 11 de diciembre del mismo año.

## Modernización de una línea de corrugación



**Cuadro 8.5.1:** Gant para las fases de Movimientos Previos e Instalaciones Previas. En marrón se muestra la etapa donde no se podrá producir cajas chicas con la Terminadora N°2.



**Cuadro 8.5.2: Diagrama de Gant para las fases de Incorporación de la máquina y Movimientos finales.** En rojo se muestra la situación crítica donde no podrán realizarse las tareas de corrugación y las planchas deberán ser tercerizadas en su totalidad. En marrón se muestra la segunda etapa donde no se podrá producir cajas chicas con la Terminadora N°

## 9 - INVERSIÓN EN ACTIVO FIJO

Para el cambio de la máquina propuesta es necesario realizar inversiones en activos fijos. Las inversiones a realizar se pueden clasificar en los siguientes puntos:

- Máquina corrugadora.
- Caldera.
- Obra civil, instalaciones y flete.
- Gastos de puesta en marcha.
- Imprevistos.

### 9.1 - Máquina corrugadora

Dado que el proyecto consiste en la modernización de la línea de corrugado, mediante la compra de una nueva corrugadora, la inversión necesaria en este apartado será la más significativa. A continuación se muestra el presupuesto recibido para los distintos módulos de la maquina propuesta:

| Modulo                   | Modelo      | Cantidad | Precio         | Total                 |
|--------------------------|-------------|----------|----------------|-----------------------|
| Porta-bobinas            | WZJ 1800-A  | 4        | USD 16.300,00  | USD 65.200,00         |
| Grupo corrugador canal B | SDWB        | 1        | USD 88.600,00  | USD 88.600,00         |
| Grupo corrugador canal C | SDWC        | 1        | USD 137.200,00 | USD 137.200,00        |
| Puente almacen           | SGQ-II      | 1        | USD 65.300,00  | USD 65.300,00         |
| Pre-calentador           | SYRA900     | 2        | USD 10.200,00  | USD 20.400,00         |
| Pre-acondicionador       | SXYR420     | 2        | USD 3.500,00   | USD 7.000,00          |
| Pre-calentador triplex   | Syra900     | 1        | USD 30.400,00  | USD 30.400,00         |
| Doble encolador          | SSJD-C 1800 | 1        | USD 40.900,00  | USD 40.900,00         |
| Mesa de secaje           | SZHB-1800   | 1        | USD 212.500,00 | USD 212.500,00        |
| Mesa duplex desviadora   | SHJA-II     | 1        | USD 12.200,00  | USD 12.200,00         |
| Apilador doble           | SJDJ-II     | 1        | USD 33.000,00  | USD 33.000,00         |
| <b>EXW PRICE</b>         |             |          |                | <b>USD 712.700,00</b> |

***Tabla 9.1: Detalle de costos de la corrugadora nueva***

La compra de la maquina se realizará a una empresa fabricante radicada en china, por lo que además de los costos intrínsecos de la maquina, será necesario agregarles costos de transporte e impuestos de importación:

| Concepto                                 | Precio                |
|--|-----------------------|
| EXW PRICE                                | USD 712.700,00        |
| Embalaje, transporte al puerto y naviera | USD 25.600,00         |
| Instalación y formación                  | USD 15.700,00         |
| Despachante (1%)                         | USD 7.127,00          |
| Impuestos de nacionalización (14%)       | USD 99.778,00         |
| <b>Total</b>                             | <b>USD 860.905,00</b> |

***Tabla 9.2: Total de costo de adquisición de la corrugadora***

El rubro “instalación y formación” es el cargo que cobra la empresa por la mano de obra de cuatro operarios, provenientes de china, encargados de la puesta a punto de la máquina. Este costo incluye los pasajes de avión, pero no así la estadía, que también deberá correr a cuenta de *CARTOX*.

El cargo que cobra el despachante de aduana es del 1% sobre el precio de la máquina, y el impuesto de nacionalización es el 14% sobre el mismo monto.

## 9.2 - Caldera

La compra de la caldera se realizará llave en mano. Esto quiere decir que en el precio de compra ya se encuentra incluido el traslado, la instalación y la colocación de las tuberías de vapor. El único costo no incluido es el de la formación de los empleados, que se encuentra discriminado en el siguiente cuadro:

| <b>Caldera</b>   |                                   |
|--|-----------------------------------|
| Caldera modelo DR-100  | U\$s (Oficial) 106.800,00         |
| Produccion de vapor: 4000kg/h  |                                   |
| Presion de trabajo: 15kg/cm2   |                                   |
| Combustibles: Gas natural/Diesel   |                                   |
| Asistencia de tecnico por jornada de 8 horas   | U\$s (Oficial) 750,00 por jornada |
| Para puesta en marcha y asesoramiento al   |                                   |
| personal a cargo del equipo en Capital y Gran Buenos Aires (lunes a Viernes de 8 a 18hs) |                                   |
| Cantidad de jornadas de puesta en marcha   | 3                                 |
| <b>Total Inversion</b>   | <b>USD 109.050,00</b>             |

**Tabla 9.3: Inversión total de la caldera**

## 9.3 - Obra civil, instalaciones y flete

Como se explicó anteriormente, será necesario realizar obras civiles para la adecuación de la nueva máquina. Entre las mismas se incluye la alineación del suelo, la realización de los huecos de anclaje, la colocación de planchas metálicas de base, la colocación y preparación de las instalaciones eléctricas y de gas, limpieza y demás trabajos de acondicionamiento. Los costos a tener en cuenta para la realización de estas tareas son: costo de los materiales, mano de obra (se calculan 3 operarios), honorarios del arquitecto o ingeniero civil involucrado, fletes y herramientas. Se estima entonces que se gastarán \$150.000 para la realización de esta obra.

También será necesario la contratación de grúas para el movimiento e instalación de todos los módulos de la corrugadora nueva. El costo del alquiler de una grúa es aproximadamente \$12.000 diarios, por lo que se espera una erogación de \$132.000 teniendo en cuenta los once días de uso.

Por último, hay que considerar el costo del flete desde el puerto de buenos aires hasta la fábrica. Por el gran tamaño de la maquina y debido a su división en módulos, serán

necesarios siete *containers*. Por lo tanto será necesario realizar siete veces ese trayecto. Se estima un costo de \$100.000 totales para esta tarea.

A continuación se muestra un cuadro resumen de los costos incurridos bajo estos conceptos:

| Otros gastos   |           |                |
|----------------|-----------|----------------|
| Obra civil     | \$        | 150.000        |
| Flete          | \$        | 100.000        |
| Alquiler gruas | \$        | 132.000        |
| <b>Total</b>   | <b>\$</b> | <b>382.000</b> |

***Tabla 9.4: Otros gastos***

### 9.4 - Puesta en marcha

Por último se tienen que tener en cuenta los gastos de puesta en marcha. Para calcular este costo se tuvo en cuenta el hecho de no poder corrugar durante 17 días hábiles. Esto se traduce en un extra costo de tener que tercerizar toda la producción de esos días. Para esto se calculó la cantidad de producción que se realiza en esos días y cuanto de más se paga por tercerizar la plancha. El resultado entonces es que, al tener la etapa de corrugación no disponible durante esos días, la empresa incurre en un sobre costo de \$ 110.490,30.

Para el cálculo se supuso que durante esos días no habrá producción alguna, y una vez puesta en funcionamiento la nueva máquina, luego del periodo de prueba, ya se podrá producir normalmente. Este supuesto puede ser optimista, dado que la curva de producción podría ser más paulatina; esta posibilidad queda incluida en el apartado de imprevistos.

### 9.5 - Imprevistos

Al valor total de la inversión se le agrego un 3% en concepto de imprevistos. Este valor se considerara como parte de la inversión en activo fijo y recibirá el mismo trato que el resto de los conceptos. Esto quiere decir que se amortizará a diez años.

Resumiendo, se muestra el cuadro final del total de las inversiones en activo fijo a realizar tanto en pesos como en dólares a valores actuales:

| Concepto               | Dolares                 | Pesos                |
|------------------------|-------------------------|----------------------|
| Corrugadora            | USD 868.105,00          | \$ 382.000,00        |
| Caldera                | USD 109.050,00          | -                    |
| Puesta en marcha       | -                       | \$ 110.490,30        |
| Imprevistos            | USD 29.314,65           | \$ 14.774,71         |
| <b>Total inversion</b> | <b>USD 1.006.469,65</b> | <b>\$ 507.265,01</b> |

***Tabla 9.5: Inversiones en Activo Fijo.***

## Modernización de una línea de corrugación

En la tabla, los costos de obra civil, flete e instalaciones se le imputaron a la corrugadora. También se le adicionaron USD 7.200 correspondientes a la estadía y otros gastos de los cuatro operarios que la empresa provee para la instalación. A su vez, tomando el tipo de cambio actual de 8,20 (pesos oficiales por dólar estadounidense) la inversión total será de:

|              |                        |
|--------------|------------------------|
| <b>Total</b> | <b>\$ 8.760.316,14</b> |
|--------------|------------------------|

## 10 - PROYECCIÓN DE VENTAS

En la etapa de análisis de cuello de botella y de corrugadora propuesta se vieron las capacidades actuales y potenciales tanto de corrugación como de terminación. En el análisis se concluyó que, al utilizar la nueva tecnología, la empresa pasaría de ser compradora de planchas de cartón a vendedora. Además, un análisis de la etapa de terminación permitió visualizar que las capacidades de producción actuales se encontraban debajo del máximo alcanzable, por lo que un aumento en la fabricación de planchas permitiría un aumento en la capacidad de producción de cajas terminadas.

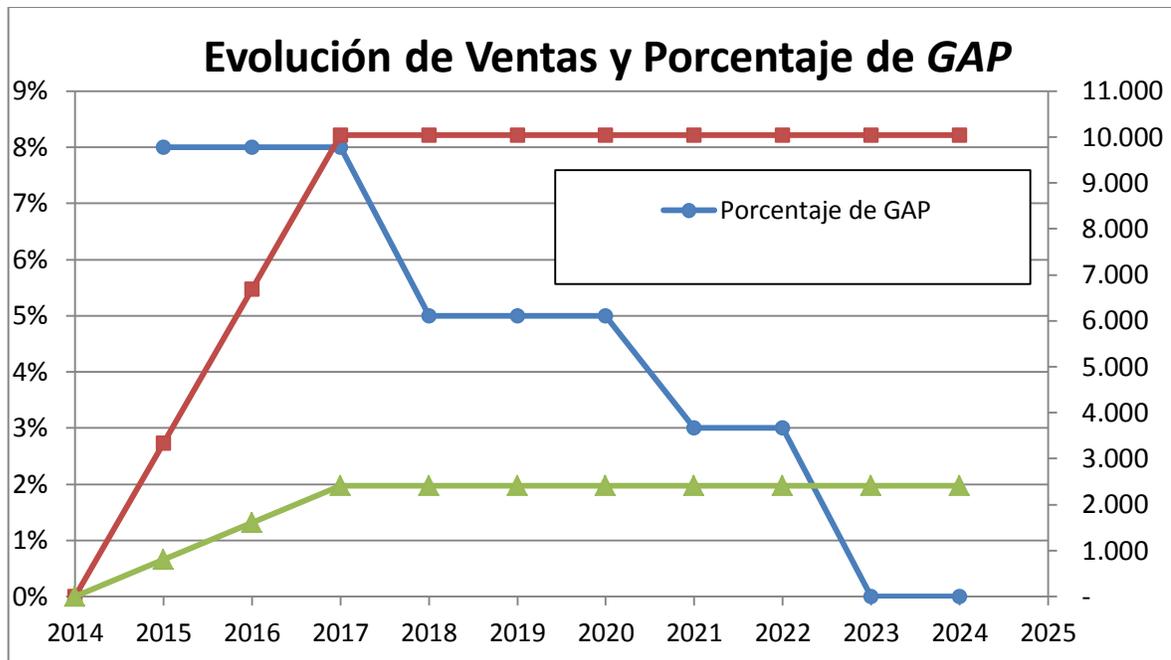
Siendo así, una vez incorporada la maquinaria nueva, aunque las capacidades aumenten en gran medida, es importante tener en cuenta cómo se desarrollarán las ventas de los nuevos productos que la empresa comenzará a producir. En otras palabras, aunque aumente la capacidad, la producción debe coincidir con las ventas.

### 10.1- Estrategia de inserción en el mercado

Aunque la capacidad de producción de planchas aumente drásticamente, es difícil predecir qué porcentaje podrá ser vendido en el mercado. La razón principal está en que la empresa no se encuentra actualmente recibiendo pedidos de planchas y una inserción directa en el mercado (con precio final igual a la media) se tornaría difícil y podría requerir muchos años de escalonamiento con un crecimiento interanual en las ventas pequeño.

Dada esta situación, habiendo consultado con referentes del área y con especialistas de ventas en la empresa, se llegó a la conclusión que la mejor estrategia radica en combinar un escalonamiento de la producción y una reducción en el precio de venta en los primeros años. De esta forma, los primeros años y de manera paulatina, las cantidades producidas irán aumentando hasta llegar al nuevo límite de corrugación, y la diferencia de precio de venta irá disminuyendo hasta lograr equiparar el precio propuesto por la empresa con el precio de mercado. Siendo así, pese a que una disminución en el precio influye directamente en las ganancias de *CARTOX*, se estima que el beneficio obtenido por el aumento en el volumen de ventas supera ampliamente el costo de disminuir el margen percibido.

Para los análisis posteriores, la diferencia de precio de la plancha de cartón entre el valor de mercado y el de la empresa será expresada como **porcentaje de "GAP"**, es decir, como porcentaje de reducción del valor de mercado. Dadas las estimaciones realizadas con los referentes de la empresa, se procedió a calcular los valores de cantidades a producir de planchas de cartón y el porcentaje de *GAP* a lo largo de los años. El siguiente gráfico muestra la evolución de ambos valores desde el inicio del proyecto:



**Gráfico 10.1:** Evolución del Porcentaje de GAP y ventas. Como se puede observar, a partir del año 2023 se estima que la empresa venda el total de las planchas producidas para tal fin al valor de mercado del momento, y a partir de 2017 ya tener la producción de cajas y de planchas a nivel máximo.

En conclusión, el escalonamiento para la venta de planchas y cajas serán realizados en tres etapas con incrementos uniformes. Para el porcentaje de GAP sin embargo, el mismo comienza en 8% y va disminuyendo de forma paulatina a lo largo de los 8 años siguientes.

Finalmente, si se toman los valores de capacidades analizados en la corrugadora propuesta y los incrementos anteriormente mencionados, la proyección de ventas para los 10 años siguientes quedaría expresada de la siguiente forma:

| PROYECCIÓN DE PRODUCCIÓN/VENTAS                     | 2015 | 2016 | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  |
|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Δ Producción TOTAL (en millones de m <sup>2</sup> ) | 4.15 | 8.29 | 12.44 | 12.44 | 12.44 | 12.44 | 12.44 | 12.44 | 12.44 | 12.44 |
| Venta Planchas (en millones de m <sup>2</sup> )     | 3.34 | 6.69 | 10.03 | 10.03 | 10.03 | 10.03 | 10.03 | 10.03 | 10.03 | 10.03 |
| Δ Venta Cajas (en millones de m <sup>2</sup> )      | 0.80 | 1.60 | 2.40  | 2.40  | 2.40  | 2.40  | 2.40  | 2.40  | 2.40  | 2.40  |

**Tabla 10.1:** Proyección de producción/ventas. Se expresa en millones de m<sup>2</sup> y se divide entre los que serán destinados a fabricación de planchas para venta final y los que serán destinados a la fabricación de cajas.

En este caso, la Producción TOTAL corresponde a la diferencia entre la capacidad de la corrugadora nueva y la actual menos la cantidad de planchas que actualmente se mandan a fabricar a un tercero.

Para concluir, se estima que la empresa continúe teniendo el volumen de ventas que actualmente posee, al cual se le adicionarían las ventas anteriormente descritas.

## 11 - COSTOS DE PRODUCCIÓN

A continuación, se realizará un análisis cuantitativo de los costos de producción de las planchas de cartón. El principal objetivo de esta sección es poder comparar los costos de la situación actual con la situación propuesta, explicando los ahorros y los cambios en cada uno de los elementos que componen el costo unitario del metro cuadrado de cartón corrugado.

### 11.1 - Costo de producción actual

A partir de información proporcionada por empresa, se logró estimar el costo actual y futuro de producción mediante el prorrateo de los costos generales de fabricación de la línea de corrugado y de los consumos de materia prima de la misma. En cada rubro se hará hincapié en las diferencias entre la corrugadora actual y la propuesta para finalmente obtener un cuadro resumen de los ahorros año tras año.

### 11.2 - Costos de Materia prima

Como ya se explicó en la primera sección, la plancha de cartón está compuesta de **papel liner** (tapas), **papel onda** y de **cola**.

#### 11.2.1 - Papel Liner

El consumo **actual** en toneladas de esta materia prima se divide en partes iguales entre el *testliner* y el *kraftliner*. El papel que posee un cierto porcentaje de material reciclado se denomina *testliner* el cual se compra a proveedores nacionales a un precio de 6,3\$/kg mientras que el papel virgen o *kraftliner* debe ser importado a un precio de 1,05u\$/kg. Aunque el precio por kilogramo de material se mantiene constante dentro de cada calidad, la utilización de distintos gramajes hace que el costo de la materia prima difiera entre distintas tiradas de producción.

En la tabla que se muestra a continuación se puede ver, para cada categoría de materia prima, el porcentaje de utilización en la línea de producción y los costos calculados para producir un metro cuadrado. Para el cálculo se tuvo en consideración un 8% de scrap que actualmente la línea genera y un tipo de cambio de 8,2\$/u\$.

| % uso | Papel      | Precio [U\$\$/kg] | Precio [\$/kg] | Uso [g/m <sup>2</sup> ] | Cantidad | Costo   | Costo con scrap | % uso | Promedio | Costo total |
|-------|------------|-------------------|----------------|-------------------------|----------|---------|-----------------|-------|----------|-------------|
| 50%   | Testliner  | -                 | 6,3            | 140                     | 2        | \$ 1,76 | \$ 1,92         | 100%  | \$ 1,92  | \$ 2,30     |
|       |            |                   | -              | 125                     | 2        | \$ 2,15 | \$ 2,34         | 10%   |          |             |
|       |            |                   | -              | 140                     | 2        | \$ 2,41 | \$ 2,62         | 80%   |          |             |
|       |            |                   | -              | 170                     | 2        | \$ 2,93 | \$ 3,18         | 5%    |          |             |
|       |            |                   | -              | 200                     | 2        | \$ 3,44 | \$ 3,74         | 5%    |          |             |
| 50%   | Kraftliner | 1,05              |                |                         |          |         |                 |       | \$ 2,68  |             |

***Tabla 11.1: Utilización de papel liner***

Mediante la proporción de utilización de cada uno de los gramajes y calidades se ponderaron los costos para llegar a un costo total promedio de papel *liner* de 2,3 \$/m<sup>2</sup>.

## Modernización de una línea de corrugación

Utilizando la corrugadora **propuesta**, se estima poder lograr una plancha de cartón corrugado de mejor calidad, lo cual permitirá a la empresa abaratar sus costos de materia prima teniendo la posibilidad de utilizar gramajes inferiores en algunos casos.

Para reflejar este ahorro, se confeccionó una tabla donde se plasma que habrá un mayor consumo de aquellos papeles con menor gramaje. Otro ahorro que se refleja en la tabla es una disminución de scrap de un 8% a un 3,5% según especifica el fabricante de la corrugadora.

**Nota:** Para confeccionar la tabla se realizaron ensayos sobre planchas corrugadas con la tecnología propuesta y comparándola con producción propia.

| % uso | Papel      | Precio [U\$S/ Precio [\$/kg] | Uso [g/m <sup>2</sup> ] | Cantidad | Costo     | Costo con scrap | % uso | Promedio | Costo total |
|-------|------------|------------------------------|-------------------------|----------|-----------|-----------------|-------|----------|-------------|
| 50%   | Testliner  | -                            | 6,3                     | 140      | 2 \$ 1,76 | \$ 1,83         | 100%  | \$ 1,83  | \$ 2,17     |
| 50%   | Kraftliner | 1,05                         | -                       | 125      | 2 \$ 2,15 | \$ 2,23         | 17%   | \$ 2,52  |             |
|       |            |                              | -                       | 140      | 2 \$ 2,41 | \$ 2,50         | 75%   |          |             |
|       |            |                              | -                       | 170      | 2 \$ 2,93 | \$ 3,03         | 4%    |          |             |
|       |            |                              | -                       | 200      | 2 \$ 3,44 | \$ 3,57         | 4%    |          |             |

***Tabla 11.2: Utilización propuesta de papel liner***

Pudiendo incrementar el uso del menor gramaje de *kraftliner* y reduciendo el *scrap*, se obtiene una reducción de costos en papel liner del 5,4% logrando un costo total de 2,17 \$/m<sup>2</sup>.

### 11.2.2 - Papel Onda

El mismo razonamiento de cálculo anterior se realizó para estimar el costo total del papel onda. Se puede apreciar en la siguiente tabla, que la empresa trabaja únicamente con dos gramajes distintos de onda, la cual se compra a proveedores locales a un precio actual de 6 \$/Kg.

| Papel | Precio [\$/kg] | Uso [g/m <sup>2</sup> ] | Cantidad | Costo   | Costo con scrap | % de uso | Costo total |
|-------|----------------|-------------------------|----------|---------|-----------------|----------|-------------|
| Onda  | 6              | 210                     | 1        | \$ 1,26 | \$ 1,37         | 55%      | \$ 1,46     |
|       |                | 240                     | 1        | \$ 1,44 | \$ 1,57         | 45%      |             |

***Tabla 11.3: Utilización de papel onda***

Debido a que la incorporación de la máquina logra un proceso de fabricación más estable y una conformación de la onda más robusta, es factible utilizar papel onda de menor gramaje en algunas situaciones, generando ahorros. El mayor ahorro se ve reflejado en la reducción del *scrap* de 8% a 3,5%. Esto se debe a menores pérdidas de material en los cambios de *set-up*, mejor terminación y mayor aprovechamiento del ancho de la bobina. Con la nueva corrugadora entonces, la nueva configuración de costos para el papel onda quedaría determinada de la siguiente forma:

| Papel | Precio [\$/kg] | Uso [g/m <sup>2</sup> ] | Cantidad | Costo   | Costo con scrap | % de uso | Costo total |
|-------|----------------|-------------------------|----------|---------|-----------------|----------|-------------|
| Onda  | 6              | 210                     | 1        | \$ 1,26 | \$ 1,31         | 60%      | \$ 1,38     |
|       |                | 240                     | 1        | \$ 1,44 | \$ 1,49         | 40%      |             |

***Tabla 11.4: Utilización propuesta de papel onda***

Mediante una estimación conservadora por parte de especialistas en la materia, se obtiene una reducción de 5,3% obteniendo un costo total de 1,38 \$/m<sup>2</sup>.

**11.2.3 - Cola**

El consumo de cola depende del tipo de onda que se corrugue y, por lo tanto, no habrá cambios entre la situación actual y la situación propuesta. Según datos de la empresa el costo de la misma es de **0,194 \$/m<sup>2</sup>**.

**11.3 - Gastos generales de fabricación**

Los gastos generales de fabricación que corresponden a la línea de corrugación se pueden desglosar en:

- Electricidad
- Gas
- Mano de obra directa
- Mano de obra indirecta
- Mantenimiento
- Importación

**11.3.1 - Electricidad**

El consumo eléctrico de la corrugadora actual está dado principalmente por los motores de los rodillos corrugadores, el sistema que tracciona el cartón a través de la línea y la energía necesaria para trazar y cortar las planchas. Si comparamos la situación actual con la propuesta, podemos asegurar que a igual producción, el consumo eléctrico será menor debido que el salto tecnológico trae aparejado motores más eficientes que trabajaran a una mayor velocidad pero durante un tiempo menor. Se estima que el consumo energético de la corrugadora aumente de manera casi proporcional al aumento de la producción, ya que el tiempo en el cual los motores entregaran potencia al sistema aumentará. El consumo prorrateado se muestra más adelante en las tablas resumen 11.9 y 11.10.

**11.3.2 - Gas**

La corrugadora actual que opera en *CARTOX* necesita de un suministro de gas para los procesos de secado de las planchas y corrugado de la onda de papel. Estas operaciones se llevan a cabo mediante mecheros que a través de una llama directa calientan los rodillos de la corrugadora. La maquinaria propuesta, al utilizar vapor, requiere de la instalación de una caldera que a su vez requiere un suministro de gas permanente. Estas características hacen que, a igual producción, el consumo de gas sea menor en la situación propuesta y a medida que la producción aumente, el consumo total también lo hará de manera proporcional.

Durante los años en los que la corrugadora propuesta produzca en su máxima capacidad, el consumo de la caldera será de 742.500 m<sup>3</sup>/año (según especificaciones del fabricante). A partir de las ultimas facturas de gas de la empresa, se determinó que el precio del metro cubico de gas ronda los 0,48 centavos de peso, lo cual permite estimar un gasto anual de \$ 355.000.

### 11.3.3 - Mano de obra directa

Las necesidades actuales de mano de obra directa, para poder operar la línea de corrugación, es de cinco operarios de distintas categorías. Actualmente, para lograr una producción de 4.735.000 m<sup>2</sup> de cartón corrugado se requiere incurrir en gastos de horas extras haciendo que el costo del metro cuadrado producido sea mayor.

En contraste con la situación actual, la corrugadora propuesta permitirá a *CARTOX* producir 18.904.000 m<sup>2</sup> de cartón en las horas ordinarias pero con la necesidad de incorporar un ayudante de segunda y un maquinista extra a la dotación actual.

| Categoría        | Cantidad |           | Jornal   |
|------------------|----------|-----------|----------|
|                  | Actual   | Propuesta |          |
| Maquinista       | 1        | 2         | \$ 50,20 |
| Ayudante primera | 1        | 1         | \$ 45,30 |
| Ayudante segunda | 1        | 2         | \$ 38,95 |
| Operario         | 2        | 2         | \$ 36,05 |

***Tabla 12.4: Jornales por categoría / Dotación actual vs propuesta***

A continuación se muestra la tabla 11.5 y la tabla 11.6 en las cuales se detalla el procedimiento de cálculo de los costos de mano de obra directa de la corrugación, en la situación actual y en la situación propuesta respectivamente. Hoy en día se incurre en un costo de \$ 909.903 anuales de MOD que se cargan al producto prorrateándolo por los 4.735.000 m<sup>2</sup> que actualmente se corrugan. Cuando la corrugadora propuesta entre en producción, el costo de mano de obra directa se estima que aumentará a \$ 1.036.576, sin embargo, a medida que la producción aumente hasta llegar a 18.904.000 m<sup>2</sup>, la incidencia de la mano de obra en el costo del metro cuadrado de cartón será menor al actual.

| MOD - Situación actual |          |           |               |               |                        |                           |
|------------------------|----------|-----------|---------------|---------------|------------------------|---------------------------|
| Categoría              | Cantidad | Hs Extras | Hs Especiales | Hs ordinarias | Sueldo bruto/hr        | Bruto extra por categoría |
| Maquinista             | 1        | 325       | 45            | 2.250         | \$ 50,20               | \$ 141.940,50             |
| Ayudante primera       | 1        | 325       | 45            | 2.250         | \$ 45,30               | \$ 128.085,75             |
| Ayudante segunda       | 1        | 325       | 45            | 2.250         | \$ 38,95               | \$ 110.131,13             |
| Operario               | 2        | 650       | 90            | 4.500         | \$ 36,05               | \$ 203.862,75             |
| Hs Extras ordinarias   | 325      |           |               |               | Bruto total extras     | \$ 584.020,13             |
| Hs extras especiales   | 45       |           |               |               | Aguinaldo/vacaciones   | \$ 97.336,69              |
| Hs ordinarias          | 2.250    |           |               |               | Contribuciones         | \$ 170.144,53             |
|                        |          |           |               |               | Presentismo/antigüedad | \$ 58.402,01              |
|                        |          |           |               |               | <b>Total</b>           | <b>\$ 909.903,35</b>      |

***Tabla 11.5: Costo anual de mano de obra directa en la situación actual.***

## Modernización de una línea de corrugación

| MOD - Situación Propuesta |          |           |               |               |                        |                           |
|---------------------------|----------|-----------|---------------|---------------|------------------------|---------------------------|
| Categoría                 | Cantidad | Hs Extras | Hs Especiales | Hs ordinarias | Sueldo bruto/hr        | Bruto extra por categoría |
| Maquinista                | 2        | -         | -             | 4.500         | \$ 50,20               | \$ 225.900,00             |
| Ayudante primera          | 1        | -         | -             | 2.250         | \$ 45,30               | \$ 101.925,00             |
| Ayudante segunda          | 2        | -         | -             | 4.500         | \$ 38,95               | \$ 175.275,00             |
| Operario                  | 2        | -         | -             | 4.500         | \$ 36,05               | \$ 162.225,00             |
| Hs ordinarias             | 2.250    |           |               |               |                        |                           |
|                           |          |           |               |               | Bruto total extras     | \$ 665.325,00             |
|                           |          |           |               |               | Aguinaldo/vacaciones   | \$ 110.887,50             |
|                           |          |           |               |               | Contribuciones         | \$ 193.831,35             |
|                           |          |           |               |               | Presentismo/antigüedad | \$ 66.532,50              |
|                           |          |           |               |               | <b>Total</b>           | <b>\$ 1.036.576,35</b>    |

**Tabla 11.6: Costo anual de mano de obra directa en la situación propuesta**

### 11.3.4 - Mano de obra indirecta

Las tareas de coordinación, de todo el personal de fábrica, son llevadas a cabo por un capataz. Su área de competencia abarca desde la corrugación hasta la terminación y es por ello que se considera mano de obra indirecta y debe imputarse a la producción de cartón corrugado aunque no es su totalidad ya que hay otros centros de costo (terminación y embalaje). La planta, además cuenta con dos operarios que se encargan de realizar los movimientos de materiales dentro de las instalaciones mediante auto elevadores. Este puesto se denomina "Bobinero" y atiende a la línea de corrugado y terminación manipulando planchas y bobinas.

El costo anual de contar con los servicios de estas tres personas se incluye dentro del costo de mano de obra indirecta y se prorratea un 60% a la corrugadora y un 40% al resto de las líneas.

| MOI - Situación Actual |          |           |               |               |                        |                           |
|------------------------|----------|-----------|---------------|---------------|------------------------|---------------------------|
| Categoría              | Cantidad | Hs Extras | Hs Especiales | Hs ordinarias | Sueldo bruto/hr        | Bruto extra por categoría |
| Capataz                | 1        | 325       | 45            | 2.250         | \$ 60,00               | \$ 169.650,00             |
| Bobinero               | 2        | 650       | 90            | 4.500         | \$ 42,15               | \$ 238.358,25             |
| Hs Extras ordinarias   | 325      |           |               |               | Bruto total extras     | \$ 408.008,25             |
| Hs extras especiales   | 45       |           |               |               | Aguinaldo/vacaciones   | \$ 68.001,38              |
| Hs ordinarias          | 2.250    |           |               |               | Contribuciones         | \$ 118.866,40             |
|                        |          |           |               |               | Presentismo/antigüedad | \$ 40.800,83              |
|                        |          |           |               |               | <b>Total</b>           | <b>\$ 635.676,85</b>      |

**Tabla 11.7: Costo anual de mano de obra indirecta en la situación actual**

En la situación propuesta se deberá agregar un bobinero extra para poder hacer frente al aumento en la manipulación de materia prima, producción en proceso y producto terminado dentro de la fábrica. A continuación se muestra la tabla en la cual se calculó el nuevo costo de la mano de obra indirecta, y se puede apreciar que no difiere mucho de la anterior ya que, al quitar las horas extras que actualmente se deben trabajar, se logra compensar el agregado de un nuevo roll.

| MOI - Situación Propuesta |          |           |               |               |                        |                           |
|---------------------------|----------|-----------|---------------|---------------|------------------------|---------------------------|
| Categoría                 | Cantidad | Hs Extras | Hs Especiales | Hs ordinarias | Sueldo bruto/hr        | Bruto extra por categoría |
| Capataz                   | 1        | -         | -             | 2.250         | \$ 60,00               | \$ 135.000,00             |
| Bobinero                  | 3        | -         | -             | 6.750         | \$ 42,15               | \$ 284.512,50             |
| Hs ordinarias             | 2.250    |           |               |               |                        |                           |
|                           |          |           |               |               | Bruto total extras     | \$ 419.512,50             |
|                           |          |           |               |               | Aguinaldo/vacaciones   | \$ 69.918,75              |
|                           |          |           |               |               | Contribuciones         | \$ 122.217,98             |
|                           |          |           |               |               | Presentismo/antigüedad | \$ 41.951,25              |
|                           |          |           |               |               | <b>Total</b>           | <b>\$ 653.600,48</b>      |

**Tabla 11.8: Costo anual de mano de obra indirecta en la situación propuesta**

### 11.3.5 - Mantenimiento

La corrugadora actual es el cuello de botella y por ende es sometida a un mantenimiento preventivo exhaustivo para minimizar las paradas debidas a fallas e imprevistos que generarían un lucro cesante muy costoso para la empresa. Sumado a ello, se cuenta con una máquina que ha permanecido en servicio durante 40 años, sufriendo deterioros propios del uso. Esta situación hace que la empresa incurra en costos de mantenimiento superiores a los que deberá enfrentar luego de la adquisición de la corrugadora propuesta. El costo de mantenimiento lo podemos dividir en dos, por un lado aquellos gastos fijos incurridos en cada periodo y por otro lado los gastos variables.

La corrugadora propuesta tendrá una componente menor de aquellos gastos fijos de mantenimiento y, a medida que comience a aumentar la producción, se irá incrementando debido a que existirá un mayor desgaste de aquellas piezas móviles.

En resumen, los costos de mantenimiento para la nueva etapa se estiman en \$ 300.000 anuales.

### 11.3.6 - Importación

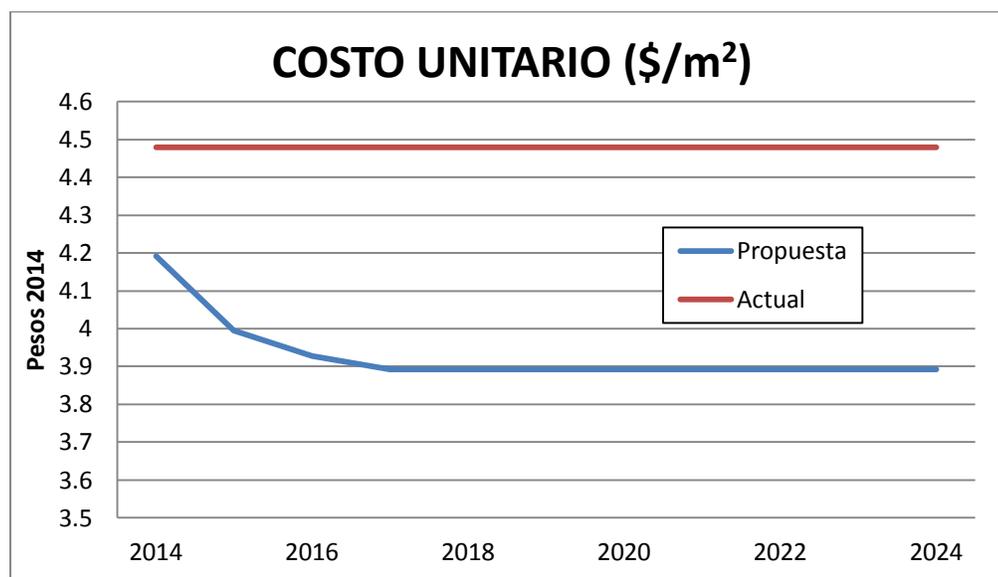
Cuando la empresa importa materia prima, lo hace a través de un despachante de aduana que gestiona la operación. Estos servicios tienen un costo del 1% del monto total de la compra y por lo tanto debe tenerse en cuenta para realizar un cálculo preciso. Como se menciona en el tratamiento de los costos de la materia prima, el *kraftliner* se debe adquirir de proveedores extranjeros, ya que los proveedores locales no poseen la capacidad necesaria para abastecer a la industria. De esta manera, el costo de importación de materia prima se calcula sobre el total de las compras de papel *kraftliner* a lo largo de cada uno de los años a analizar.

## 11.4 - Cuadro resumen

Con el objetivo de sintetizar aquellos ahorros que se verán reflejados en el costo total de producción, se decidió elaborar un gráfico donde se puede observar la evolución de los costos año a año expresados en moneda del 2014. La razón de expresar los resultados de esta manera es para evitar que la inflación distorsione el análisis.

## Modernización de una línea de corrugación

En el gráfico 11.1 se observa en **rojo** el costo actual de producir un metro cuadrado de cartón corrugado, mientras que en línea **azul** se muestra la evolución del costo estimado con la corrugadora propuesta. La razón principal de que se reduzcan los costos en los primeros años es que a mayor producción se diluyen algunos de los costos fijos como son la mano de obra directa e indirecta. Existen gastos totalmente variables que siguen perfectamente el aumento de producción, sin embargo la electricidad y mantenimiento aumentan a medida que la producción es mayor pero lo hacen a un ritmo menor.



***Gráfico 11.1: Costo unitario en moneda 2014***

En vistas de calcular los ahorros y nuevos ingresos generados por la adquisición de la máquina, se confeccionaron dos tablas donde se muestra el resumen de cada uno de los costos prorrateados por los metros cuadrados de producción esperada para cada uno de los años. Para el caso de seguir con la corrugadora actual, la capacidad se ve limitada por la producción actual y por lo tanto la proyección de costos se verá afectada únicamente por la tasa de cambio y la inflación. En las tablas 11.9 y 11.10 se puede observar el desglose de los costos para la situación propuesta y actual a lo largo de los años de análisis.

| Costo po m2 - Situacion Actual |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                | 2014           | 2015           | 2016           | 2017            | 2018            | 2019            | 2020            | 2021            | 2022            | 2023            | 2024            |
| <b>MP</b>                      |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Liner                          | \$ 2,30        | \$ 3,10        | \$ 4,19        | \$ 5,23         | \$ 6,44         | \$ 7,14         | \$ 7,57         | \$ 8,03         | \$ 8,51         | \$ 9,02         | \$ 9,56         |
| Onda                           | \$ 1,46        | \$ 1,97        | \$ 2,66        | \$ 3,32         | \$ 4,08         | \$ 4,53         | \$ 4,81         | \$ 5,09         | \$ 5,40         | \$ 5,72         | \$ 6,07         |
| Cola                           | \$ 0,19        | \$ 0,26        | \$ 0,35        | \$ 0,44         | \$ 0,54         | \$ 0,60         | \$ 0,64         | \$ 0,68         | \$ 0,72         | \$ 0,76         | \$ 0,81         |
| <b>GGF</b>                     |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Electricidad                   | \$ 0,025       | \$ 0,034       | \$ 0,046       | \$ 0,058        | \$ 0,071        | \$ 0,079        | \$ 0,084        | \$ 0,089        | \$ 0,094        | \$ 0,100        | \$ 0,105        |
| Gas                            | \$ 0,053       | \$ 0,071       | \$ 0,096       | \$ 0,120        | \$ 0,148        | \$ 0,164        | \$ 0,174        | \$ 0,184        | \$ 0,196        | \$ 0,207        | \$ 0,220        |
| MO Directa                     | \$ 0,192       | \$ 0,259       | \$ 0,350       | \$ 0,438        | \$ 0,538        | \$ 0,598        | \$ 0,633        | \$ 0,672        | \$ 0,712        | \$ 0,755        | \$ 0,800        |
| MO Indirecta                   | \$ 0,081       | \$ 0,109       | \$ 0,147       | \$ 0,183        | \$ 0,226        | \$ 0,251        | \$ 0,266        | \$ 0,281        | \$ 0,298        | \$ 0,316        | \$ 0,335        |
| Mantenimiento                  | \$ 0,169       | \$ 0,228       | \$ 0,308       | \$ 0,385        | \$ 0,473        | \$ 0,525        | \$ 0,557        | \$ 0,590        | \$ 0,626        | \$ 0,663        | \$ 0,703        |
| Importacion                    | \$ 0,011       | \$ 0,016       | \$ 0,021       | \$ 0,026        | \$ 0,032        | \$ 0,036        | \$ 0,038        | \$ 0,040        | \$ 0,043        | \$ 0,045        | \$ 0,048        |
| <b>Total</b>                   | <b>\$ 4,48</b> | <b>\$ 6,05</b> | <b>\$ 8,16</b> | <b>\$ 10,21</b> | <b>\$ 12,55</b> | <b>\$ 13,93</b> | <b>\$ 14,77</b> | <b>\$ 15,66</b> | <b>\$ 16,60</b> | <b>\$ 17,59</b> | <b>\$ 18,65</b> |

## Modernización de una línea de corrugación

***Tabla 11.9: Costo unitario en pesos / Situación Actual***

| Costo por m2 - Situación propuesta |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | 2014           | 2015           | 2016           | 2017           | 2018            | 2019            | 2020            | 2021            | 2022            | 2023            | 2024            |
| Produccion m2                      | 4.735.454      | 10.611.758     | 14.758.112     | 18.904.466     | 18.904.466      | 18.904.466      | 18.904.466      | 18.904.466      | 18.904.466      | 18.904.466      | 18.904.466      |
| <b>MP</b>                          |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Liner                              | \$ 2,17        | \$ 2,93        | \$ 3,96        | \$ 4,95        | \$ 6,09         | \$ 6,76         | \$ 7,16         | \$ 7,59         | \$ 8,05         | \$ 8,53         | \$ 9,04         |
| Onda                               | \$ 1,38        | \$ 1,86        | \$ 2,52        | \$ 3,14        | \$ 3,87         | \$ 4,29         | \$ 4,55         | \$ 4,82         | \$ 5,11         | \$ 5,42         | \$ 5,75         |
| Cola                               | \$ 0,19        | \$ 0,26        | \$ 0,35        | \$ 0,44        | \$ 0,54         | \$ 0,60         | \$ 0,64         | \$ 0,68         | \$ 0,72         | \$ 0,76         | \$ 0,81         |
| <b>GGF</b>                         |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Electricidad                       | \$ 0,025       | \$ 0,019       | \$ 0,023       | \$ 0,027       | \$ 0,033        | \$ 0,036        | \$ 0,038        | \$ 0,041        | \$ 0,043        | \$ 0,046        | \$ 0,048        |
| Gas                                | \$ 0,035       | \$ 0,025       | \$ 0,034       | \$ 0,043       | \$ 0,053        | \$ 0,059        | \$ 0,062        | \$ 0,066        | \$ 0,070        | \$ 0,074        | \$ 0,078        |
| MO Directa                         | \$ 0,204       | \$ 0,123       | \$ 0,120       | \$ 0,117       | \$ 0,144        | \$ 0,159        | \$ 0,169        | \$ 0,179        | \$ 0,190        | \$ 0,201        | \$ 0,213        |
| MO Indirecta                       | \$ 0,076       | \$ 0,046       | \$ 0,045       | \$ 0,044       | \$ 0,054        | \$ 0,059        | \$ 0,063        | \$ 0,067        | \$ 0,071        | \$ 0,075        | \$ 0,080        |
| Mantenimiento                      | \$ 0,074       | \$ 0,046       | \$ 0,046       | \$ 0,047       | \$ 0,058        | \$ 0,064        | \$ 0,068        | \$ 0,072        | \$ 0,076        | \$ 0,081        | \$ 0,086        |
| Importacion                        | \$ 0,011       | \$ 0,015       | \$ 0,020       | \$ 0,025       | \$ 0,030        | \$ 0,034        | \$ 0,036        | \$ 0,038        | \$ 0,040        | \$ 0,043        | \$ 0,045        |
| <b>Total</b>                       | <b>\$ 4,17</b> | <b>\$ 5,33</b> | <b>\$ 7,12</b> | <b>\$ 8,84</b> | <b>\$ 10,87</b> | <b>\$ 12,07</b> | <b>\$ 12,79</b> | <b>\$ 13,56</b> | <b>\$ 14,37</b> | <b>\$ 15,23</b> | <b>\$ 16,15</b> |

***Tabla 11.10: Costo unitario en pesos / Situación propuesta***

## 12 - INGRESOS

Como se mencionó en las etapas anteriores de este trabajo, la incorporación de una nueva tecnología en la etapa de corrugación traerá aparejado importantes ingresos para la empresa en forma de ahorros y nuevas ventas, dado el aumento en la capacidad y la reducción de costos.

En total, los potenciales ingresos percibidos por el cambio de la corrugadora se dividen en los siguientes 4 rubros:

### 12.1 - AHORRO EN PRODUCCIÓN

Como se describió anteriormente, la nueva corrugadora tendrá aparejados menores costos de fabricación. Los mismos se deberán por un menor consumo de materia prima (reducción del *scrap* de papel de un 8% al 3,5%), la posibilidad de utilizar un papel de menor calidad o menor gramaje para la misma resistencia exigida y además por el prorrateo de algunos costos fijos propios de la corrugación que, al aumentar drásticamente la capacidad, se reducen significativamente. Como se describió en la etapa de proyección de ventas y costos, esta disminución de costos (por m<sup>2</sup>) no será única sino que se dará de forma escalonada dependiendo del nivel de producción.

En resumen, siendo que actualmente la empresa corruga 4,74 millones en metros cuadrados al año, el ahorro percibido por la empresa a lo largo de los años será la diferencia en costos entre la corrugación con la tecnología antigua y la nueva, multiplicado por la cantidad actual producida de planchas de cartón.

La siguiente ecuación muestra la ganancia por menor costo en la etapa de corrugación.

$$G \text{ menor costo} = (C_{AC} - C_{NC}) \times Q_{CA} = \Delta CC \times Q_{CA} \quad (7)$$

Dónde:

$C_{AC}$ : Costo actual de corrugación (en \$/m<sup>2</sup>)

$C_{NC}$ \*: Costo nuevo de corrugación (en \$/m<sup>2</sup>)

$Q_{CA}$ : Cantidad de cartón corrugado actualmente (en m<sup>2</sup>) [*en azul, ver gráfico 12.2*]

$\Delta CC$ \*: Diferencia de costos de corrugación entre la vieja y nueva tecnología (en \$/m<sup>2</sup>)

El  $C_{CN}$  y por ende el  $\Delta CC$  no son constantes a lo largo de los tres primeros años puesto que las cantidades corrugadas serán crecientes de manera escalonada.

Para entender mejor a nivel conceptual los ingresos percibidos, el *gráfico 12.1* dispuesto al final muestra de manera cualitativa los márgenes y costos en las dos etapas. En **rojo** se observa el delta de costo de corrugación. El costo de corrugación actual es la suma del  $\Delta$  costo de corrugación más el costo de corrugación NUEVO (en **azul**). La empresa entonces percibe este diferencial como un incremento en el margen de

corrugación (en verde), siendo el ingreso futuro total percibido (por metro cuadrado de plancha) la suma de las áreas roja y verde en el gráfico.

## 12.2 - AHORRO POR FABRICACIÓN Y NO TERCERIZACIÓN:

Como se explicó en análisis de cuello de botella, la empresa, dada la baja capacidad en la etapa de corrugación, se encuentra actualmente tercerizando un 37% de su capacidad de corrugación (lo que equivale a decir que un 27% del total de las planchas que ingresan a la etapa de terminación para transformarse en cajas son pedidas a un tercero). Esto se resume en el siguiente cuadro:

|               |                  |
|---------------|------------------|
| M2 producidos | 4.735.454        |
| M2 comprados  | 1.729.950        |
| <b>Total</b>  | <b>6.465.405</b> |

La situación actual es desventajosa para la compañía puesto que a pesar de obtener una ganancia en la venta de la caja terminada (dado el margen entre el precio de la caja y el precio de la plancha), el margen total de más de un cuarto de las cajas vendidas, se reduce al no contar con la ganancia obtenida en la corrugación. En el gráfico 12.1 que se muestra al final, se puede observar de manera cualitativa los márgenes dentro del precio de cada producto.

En la actualidad del total de cajas que se producen al año, 1,73 millones de metros cuadrados en planchas de cartón son pedidos a un tercero a un precio promedio de \$ 4,87 (por m<sup>2</sup>). Con la nueva corrugadora instalada no solo se lograría obtener el margen original (en verde sobre el gráfico 12.1) sino además un adicional por incurrir en menores costos, como se explicó anteriormente, dada la nueva tecnología (en rojo: Δ costo de corrugación nuevo). La ecuación final entonces, para la ganancia por ahorro en no tercerización, queda definido de la siguiente manera:

$$G_{no\ tercerizar} = (P_{PL} - C_{NC}) \times Q_{TER} \quad (8)$$

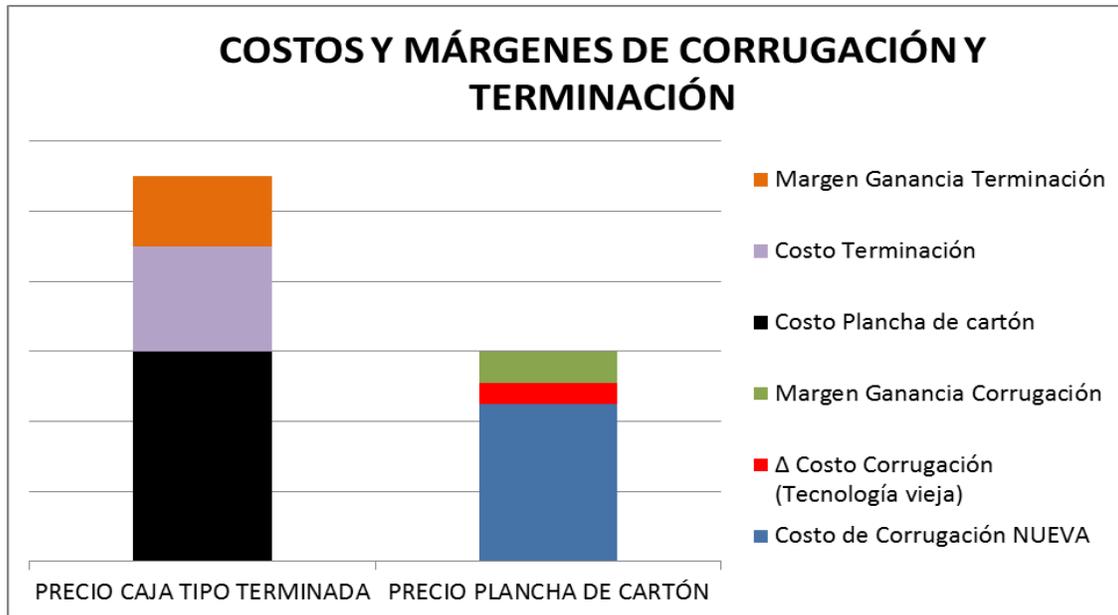
Dónde:

P<sub>PL</sub>: Precio de la plancha de cartón (en \$/m<sup>2</sup>)

C<sub>NC</sub>: Costo nuevo de corrugación (en \$/m<sup>2</sup>)

Q<sub>TER</sub>: Cantidad de planchas tercerizadas (en m<sup>2</sup>) [en rojo, ver gráfico 12.2]

Para comprender mejor, el siguiente gráfico muestra de manera conceptual los márgenes, precios y costos anteriormente mencionados:



**Gráfico 12.1: Costos y Márgenes de Corrugación y Terminación.** En negro el costo de la plancha en la etapa de terminación que equivale al precio final que paga la empresa si terceriza su producción. En azul el costo de corrugación nuevo y en **rojo** el ahorro percibido por m<sup>2</sup> de plancha al disminuir los costos de fabricación. En **verde** el margen de ganancia original obtenido por m<sup>2</sup> en la etapa de corrugación, el nuevo margen de ganancia es la suma del área roja y verde. En **naranja** el margen obtenido en la etapa de terminación y en **violeta** los costos propios de esa etapa (sin incluir la plancha de cartón). *El gráfico es a nivel cualitativo y explicativo, las áreas no necesariamente representan los porcentajes reales de cada ítem.*

### 12.3 - INGRESO POR VENTA DE CAJAS:

Como se explicó en el análisis de cuello de botella, la etapa de terminación hoy es el proceso que se encuentra más cerca de su límite de capacidad, teniendo una producción actual de 6,47 millones de m<sup>2</sup> al año en cajas. Sin embargo, como se detalló en el análisis, la producción de cajas en ambas terminadoras se encuentra por debajo de su capacidad máxima, siendo esta de 8,87 millones de m<sup>2</sup> (2,40 millones de m<sup>2</sup> adicionales entre las dos). La principal razón de este brecha está en que, para lograr llegar a ese máximo, se requiere la incorporación de personal adicional y un incremento en la tercerización de planchas, lo actualmente no implica significativos aumentos en las ganancias de la empresa. Además, la tercerización de planchas de cartón incluye demoras y otros factores que volverían complejo el aumento de capacidad de terminación actual.

Con la corrugadora propuesta la tercerización de planchas (como se vio anteriormente) no será necesaria, por lo que el incremento en la etapa de terminación se vuelve viable. De esta forma, el tercer ingreso percibido por la empresa queda expresado mediante la siguiente ecuación:

$$G_{venta\ de\ cajas} = Mg_{TOT} \times Q_{\Delta Ter} \quad (9)$$

**Dónde:**

$Mg_{TOT}$ : Margen de ganancia total (en \$/m<sup>2</sup>)

$Q_{\Delta Ter}$ : Cantidad diferencial ( $\Delta$ ) de cajas en etapa de terminación (en m<sup>2</sup>) [*en amarillo, ver gráfico 12.2*]

El diferencial de cajas terminadas producidas, como se mostró en la proyección de ventas, tendrá un incremento escalonado tres etapas, por lo que el valor de ingreso para este rubro tendrá un incremento radical los primeros tres años.

Dada la complejidad del cálculo de los costos en la etapa de terminación, se decidió optar por aproximar el resultado de este ingreso con el porcentaje actual de margen que la empresa percibe por una unidad (m<sup>2</sup> de caja tipo) vendida. En ese margen se incluyen los ahorros percibidos por utilizar la nueva corrugadora. Siendo así, la siguiente ecuación muestra el cálculo de ese valor:

$$Mg_{TOT} = (P_{PL} - C_{NC}) + (P_{CAJA} - C_{TER} - P_{PL}) \quad (10)$$

**Donde:**

$P_{PL}$ : Precio de la plancha de cartón (en \$/m<sup>2</sup>)

$C_{NC}^*$ : Costo nuevo de corrugación (en \$/m<sup>2</sup>)

$P_{CAJA}$ : Precio de la caja tipo por metro cuadrado (en \$/m<sup>2</sup>)

$C_{TER}^*$ : Costo nuevo de terminación (en \$/m<sup>2</sup>)

El costo nuevo de terminación ( $C_{TER}$ ) fue extraído como porcentaje del precio de la caja terminada en base a las estimaciones de la empresa. Además, se recuerda que el costo nuevo de corrugación ( $C_{NC}$ ) varía en los primeros años, por lo que la ganancia total por la venta de cajas también depende de ese valor.

### 12.4 - INGRESO POR VENTA DE PLANCHAS DE CARTÓN:

Por último, como se describió en el análisis de la corrugadora propuesta, al aumentar la capacidad de corrugación no solo se logra suplir el faltante de planchas en terminación sino que la empresa cuenta con un excedente que podrá ser ofrecido al mercado. Si se considera entonces que del aumento total de m<sup>2</sup> corrugados (14,17 millones) se destinan 1,73 a satisfacer el actual faltante tercerizado, y 2,40 a aumentar la producción de cajas en la etapa de terminación (como se describió en el punto anterior); el remanente, 10,03 millones de m<sup>2</sup>, será destinado a la venta de planchas de cartón a medida, según lo especifique el cliente.

El ingreso percibido por la empresa entonces, estará dado por el nuevo margen de ganancia en la etapa de corrugación (al igual que el caso anterior, ver 12.1) multiplicado por la cantidad de m<sup>2</sup> sobrantes que no son enviados a la etapa de corrugación.

Siendo que la proyección de ventas incluye aumentos escalonados, como se explicó en la proyección de ventas (punto 10), el precio final de la plancha de cartón está sujeta a un diferencial impuesto por la empresa. Teniendo en cuenta este último factor, la ecuación

final para el ingreso por venta de planchas de cartón queda expresada de la siguiente forma:

$$G_{\text{venta de planchas}} = [P_{PL} \times (1 - \%_{GAP}) - C_{NC}] \times Q_{PV} \quad (11)$$

**Dónde:**

$P_{PL}$ : Precio de la plancha de cartón (en \$/m<sup>2</sup>)

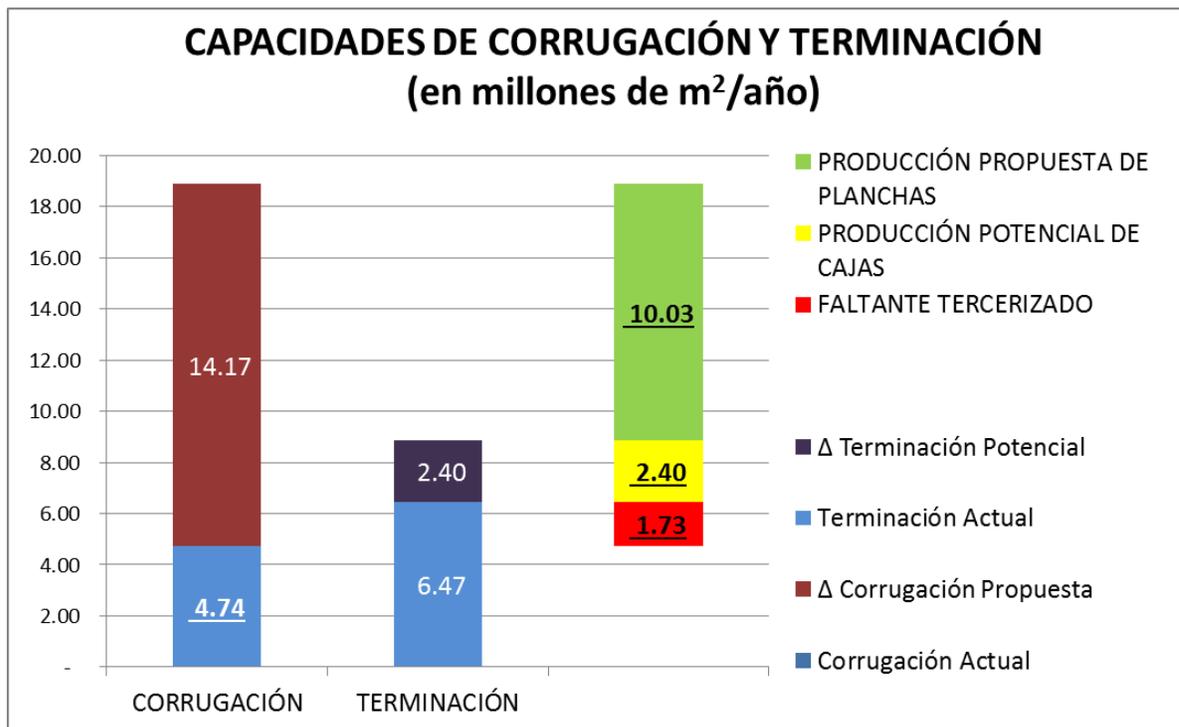
$C_{NC}$ : Costo nuevo de corrugación (en \$/m<sup>2</sup>)

$Q_{PV}$ \*: Cantidad de planchas a producir para la venta (en m<sup>2</sup>) [*en verde, ver gráfico 12.2*]. La cantidad año a año se muestra en el gráfico 10.1 descrito en la proyección de ventas.

$\%_{GAP}$ \*: Porcentaje de diferencia entre el precio de venta de la plancha en el mercado y el precio al cual vende la empresa.

Tanto la Cantidad de planchas a producir ( $Q_{PV}$ ) como el Porcentaje de diferencia en el precio de venta ( $\%_{GAP}$ ) no son constantes los primeros años por lo que la ganancia varía según sus valores.

Para finalizar, el siguiente gráfico muestra las cantidades para las ecuaciones anteriormente descritas en cada ingreso percibido:



**Gráfico 12.2: Capacidades de corrugación y terminación.** En el gráfico se muestran las cantidades correspondientes a cada etapa en su situación actual (azul) y su incremento en la situación propuesta (o potencial). En rojo, amarillo y verde se muestran las cantidades antes mencionadas en concepto de m<sup>2</sup> de planchas hoy tercerizadas (1,73 millones), m<sup>2</sup> de

potenciales cajas terminadas (2,40 millones) y m<sup>2</sup> de producción para venta de planchas de cartón (10,03 millones).

### 12.5 - Resumen de ingresos

Para finalizar, teniendo en cuenta los valores de costos mencionados en el punto 11 y utilizando las ecuaciones antes descriptas para cada ingreso, en base a las proyecciones de venta, se procedió a realizar el cálculo de ingresos totales. Siendo que la empresa radica en un país con tasas actuales de inflación altas, es de esperar que los valores se modifiquen a lo largo del período de análisis. Sin embargo, dada la naturaleza del proyecto y habiendo consultado a referentes del mercado, se estima que los valores de precios, tanto de planchas como de cajas, modifiquen sus valores de manera equivalente acorde a la inflación del país. Para los costos, los valores de insumos nacionales se estiman también estar atados a la inflación local, mientras que la parte de importaciones (como se describió en la etapa de costos) se modifican acorde la tasa de cambio. Esta última, para simplificar el estudio de este trabajo, se estima con un incremento similar al de la inflación, aunque para realizar análisis posteriores de sensibilidad se la consideró como una variable independiente.

Siendo así, los valores de inflación y tasa de cambio para el período 2015 – 2024 fueron estimados y se muestran debajo de la tabla de ingresos a continuación.

Dadas estas suposiciones, los valores finales de costos e ingresos fueron multiplicados por la inflación acumulada estimada para cada año y su respectiva tasa de cambio (para los insumos importados). En la siguiente página, la tabla 12.1 muestra los valores de ingresos esperados para cada uno de los puntos anteriormente mencionados:

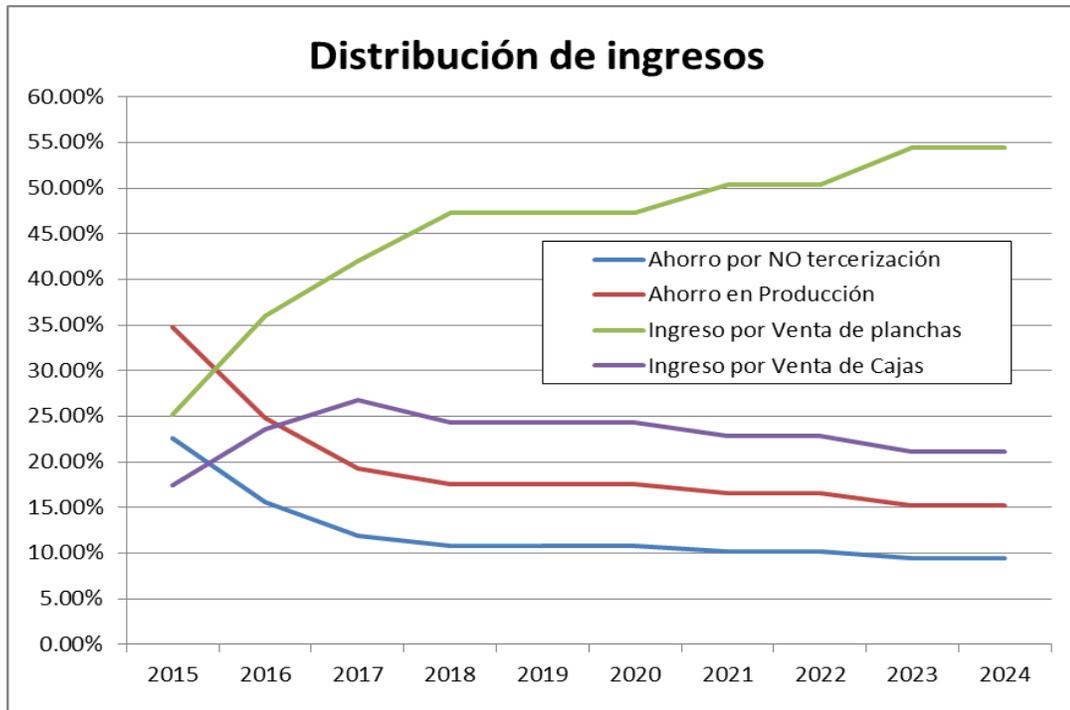
| <b>INGRESOS</b>  | <b>2015</b>         | <b>2016</b>          | <b>2017</b>          | <b>2018</b>          | <b>2019</b>          | <b>2020</b>          | <b>2021</b>          | <b>2022</b>          | <b>2023</b>          | <b>2024</b>          |
|--|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>AHORRO POR NO TERCERIZAR LA FABRICACIÓN DE PLANCHAS</b> |                     |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| - Δ Planchas (m2)  | -1,729,950          | -1,729,950           | -1,729,950           | -1,729,950           | -1,729,950           | -1,729,950           | -1,729,950           | -1,729,950           | -1,729,950           | -1,729,950           |
| - Δ Compra (\$)  | \$ -11,373,559      | \$ -15,354,305       | \$ -19,192,881       | \$ -23,607,244       | \$ -26,204,041       | \$ -27,776,283       | \$ -29,442,860       | \$ -31,209,432       | \$ -33,081,998       | \$ -35,066,918       |
| + Δ Costo (\$)   | \$ 9,224,611        | \$ 12,310,331        | \$ 15,287,648        | \$ 18,803,808        | \$ 20,872,226        | \$ 22,124,560        | \$ 23,452,034        | \$ 24,859,156        | \$ 26,350,705        | \$ 27,931,747        |
| <b>Ahorro</b>  | <b>\$ 2,148,948</b> | <b>\$ 3,043,974</b>  | <b>\$ 3,905,233</b>  | <b>\$ 4,803,436</b>  | <b>\$ 5,331,814</b>  | <b>\$ 5,651,723</b>  | <b>\$ 5,990,827</b>  | <b>\$ 6,350,276</b>  | <b>\$ 6,731,293</b>  | <b>\$ 7,135,170</b>  |
| <b>AHORRO EN PRODUCCIÓN</b>                                |                     |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| Produccion (m2)  | 4,735,454           | 4,735,454            | 4,735,454            | 4,735,454            | 4,735,454            | 4,735,454            | 4,735,454            | 4,735,454            | 4,735,454            | 4,735,454            |
| Costo Actual   | \$ -28,547,772      | \$ -38,539,492       | \$ -48,174,365       | \$ -59,254,469       | \$ -65,772,460       | \$ -69,718,808       | \$ -73,901,936       | \$ -78,336,053       | \$ -83,036,216       | \$ -88,018,389       |
| Costo Futuro   | \$ -25,250,854      | \$ -33,697,502       | \$ -41,847,419       | \$ -51,472,325       | \$ -57,134,281       | \$ -60,562,338       | \$ -64,196,078       | \$ -68,047,843       | \$ -72,130,713       | \$ -76,458,556       |
| <b>Ahorro</b>  | <b>\$ 3,296,918</b> | <b>\$ 4,841,990</b>  | <b>\$ 6,326,946</b>  | <b>\$ 7,782,143</b>  | <b>\$ 8,638,179</b>  | <b>\$ 9,156,470</b>  | <b>\$ 9,705,858</b>  | <b>\$ 10,288,210</b> | <b>\$ 10,905,502</b> | <b>\$ 11,559,832</b> |
| <b>INGRESO POR VENTA DE PLANCHAS</b>                       |                     |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| metros cuadrados vendi                                     | 3,344,964           | 6,689,928            | 10,034,892           | 10,034,892           | 10,034,892           | 10,034,892           | 10,034,892           | 10,034,892           | 10,034,892           | 10,034,892           |
| Costo  | \$ -17,836,344      | \$ -47,605,538       | \$ -88,678,779       | \$ -109,074,898      | \$ -121,073,137      | \$ -128,337,525      | \$ -136,037,777      | \$ -144,200,043      | \$ -152,852,046      | \$ -162,023,168      |
| Valor de venta   | \$ 20,232,148       | \$ 54,626,799        | \$ 102,425,247       | \$ 130,091,197       | \$ 144,401,229       | \$ 153,065,303       | \$ 165,664,994       | \$ 175,604,894       | \$ 191,898,131       | \$ 203,412,019       |
| <b>Ganancia Planchas</b>                                   | <b>\$ 2,395,803</b> | <b>\$ 7,021,261</b>  | <b>\$ 13,746,468</b> | <b>\$ 21,016,299</b> | <b>\$ 23,328,092</b> | <b>\$ 24,727,778</b> | <b>\$ 29,627,217</b> | <b>\$ 31,404,851</b> | <b>\$ 39,046,085</b> | <b>\$ 41,388,851</b> |
| <b>INGRESO POR VENTA DE CAJAS</b>                          |                     |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| Cajas vendidas   | 801,390             | 1,602,780            | 2,404,169            | 2,404,169            | 2,404,169            | 2,404,169            | 2,404,169            | 2,404,169            | 2,404,169            | 2,404,169            |
| Costo  | \$ -5,787,876       | \$ -15,494,875       | \$ -28,913,549       | \$ -35,563,666       | \$ -39,475,669       | \$ -41,844,209       | \$ -44,354,862       | \$ -47,016,153       | \$ -49,837,122       | \$ -52,827,350       |
| Valor de venta   | \$ 7,443,309        | \$ 20,096,933        | \$ 37,681,750        | \$ 46,348,552        | \$ 51,446,893        | \$ 54,533,707        | \$ 57,805,729        | \$ 61,274,073        | \$ 64,950,517        | \$ 68,847,548        |
| <b>Ganancia cajas</b>                                      | <b>\$ 1,655,433</b> | <b>\$ 4,602,058</b>  | <b>\$ 8,768,201</b>  | <b>\$ 10,784,887</b> | <b>\$ 11,971,224</b> | <b>\$ 12,689,498</b> | <b>\$ 13,450,867</b> | <b>\$ 14,257,919</b> | <b>\$ 15,113,395</b> | <b>\$ 16,020,198</b> |
| <b>TOTAL INGRESOS</b>                                      | <b>\$ 9,497,102</b> | <b>\$ 19,509,283</b> | <b>\$ 32,746,848</b> | <b>\$ 44,386,766</b> | <b>\$ 49,269,310</b> | <b>\$ 52,225,469</b> | <b>\$ 58,774,770</b> | <b>\$ 62,301,256</b> | <b>\$ 71,796,275</b> | <b>\$ 76,104,052</b> |

**Tabla 12.1: INGRESOS.** En la tabla se muestran los valores de cada ingreso, en base a las cantidades proyectadas de ventas y los costos asociados año a año. Cada rubro en moneda nacional está ligado a los valores de inflación pronosticados que se muestran a continuación:

| <b>INFLACIÓN</b>           | <b>2015</b> | <b>2016</b> | <b>2017</b> | <b>2018</b> | <b>2019</b> | <b>2020</b> | <b>2021</b> | <b>2022</b> | <b>2023</b> | <b>2024</b> |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Inlfación mensual          | 35%         | 35%         | 25%         | 23%         | 11%         | 6%          | 6%          | 6%          | 6%          | 6%          |
| <b>Inflacion Acumulada</b> | <b>135%</b> | <b>182%</b> | <b>228%</b> | <b>280%</b> | <b>311%</b> | <b>330%</b> | <b>349%</b> | <b>370%</b> | <b>393%</b> | <b>416%</b> |
| Tasa de Cambio             | 11.07       | 14.94       | 18.68       | 22.98       | 25.50       | 27.03       | 28.66       | 30.38       | 32.20       | 34.13       |

## Modernización de una línea de corrugación

A modo de conclusión, en el siguiente gráfico se puede observar, de la totalidad de los ingresos obtenidos en cada año, cuanto corresponde a cada categoría en porcentaje. Los ahorros por no tercerización y por menores costos operativos alcanzan su pico en el primer año debido a que son ingresos "inmediatos". Por su parte, las ventas tienen un mayor peso mientras transcurre el proyecto dado que incrementan paulatinamente. Los saltos que se observan en la curva de ingreso por venta de planchas son debido a la variación del *GAP* entre el precio de la empresa y del mercado. Como se logra apreciar, en los últimos años el ingreso por venta de planchas es altamente superior al resto.



***Grafico 12.3: Distribución de los ingresos (en porcentaje).***

### 13 - INVERSIÓN EN ACTIVO DE TRABAJO

Además de la inversión a realizar en activos fijos, será necesario realizar inversiones en activo de trabajo. Esto es debido a que, al aumentar los niveles de ventas de la empresa, aumentará la necesidad de capital de trabajo. La razón de este aumento, es debido a que se incrementará la necesidad de stock, los créditos por ventas y a su vez las deudas comerciales, sin embargo, el crecimiento de estas últimas será menor que el de las dos primeras.

Los plazos de pago y cobranza que maneja la empresa son de 60 días en el primer caso y 45 en el segundo. Estos plazos son financieramente favorables dado que se cobra antes de que se tengan que honrar las deudas.

Para el cálculo del incremento de los créditos por ventas, se calculó a partir de las ventas adicionales que se generarán y el plazo de cobro, mientras que para el cálculo de los deudores comerciales se calculó el diferencial en la cantidad comprada. Para esto último se tuvo en cuenta que en un futuro se dejará de comprar planchas de cartón, pero a su vez será necesario comprar más materia prima. La tabla con todos los valores de compra se puede ver en el ANEXO.

En cuanto a la necesidad de stocks actualmente la empresa cuenta con 800 toneladas de papel en sus almacenes. Si bien se incrementará la producción en un gran porcentaje, lo mismo no ocurrirá con los inventarios en tal medida. Esto se debe principalmente a que se reducirán los distintos tipos de bobinas con los que actualmente se trabaja. Actualmente se tienen ocho formatos distintos de bobinas, que van desde los 1000 mm hasta los 1700 mm. Se espera poder trabajar solamente con cuatro formatos en el futuro, esto se cree posible porque se aumenta a 1800 mm el ancho máximo de bobina y se incrementa casi tres veces el nivel de producción, permitiendo una mejor combinación de pedidos. La empresa espera, cuando este en máxima producción, contar con 1000 toneladas de stock de papel. Este crecimiento será gradual con el crecimiento de la producción.

Cabe aclarar, que si bien se aumenta la cantidad de papel (en toneladas), el mix es distinto, pudiendo tener, en promedio, papel más económico.

Utilizando la proyección de ventas vista anteriormente, junto con las estimaciones de inflación, se procedió a calcular el total de créditos y deudas comerciales junto con los stocks. A continuación se muestra la tabla resumen con el cálculo de las inversiones en activo de trabajo a realizar:

| ACTIVO DE TRABAJO    | 2015         | 2016         | 2017          | 2018          | 2019          | 2020          | 2021          | 2022          | 2023          | 2024          |
|----------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Creditos por venta   | \$ 3,412,043 | \$ 9,212,515 | \$ 17,273,465 | \$ 21,752,846 | \$ 24,145,659 | \$ 25,594,398 | \$ 27,551,185 | \$ 29,204,256 | \$ 31,666,272 | \$ 33,566,248 |
| Deudores comerciales | \$ 2,804,319 | \$ 8,440,099 | \$ 16,367,959 | \$ 20,132,589 | \$ 22,347,174 | \$ 23,688,005 | \$ 25,109,285 | \$ 26,615,842 | \$ 28,212,792 | \$ 29,905,560 |
| Stock (en toneladas) | 850          | 900          | 1,000         | 1,000         | 1,000         | 1,000         | 1,000         | 1,000         | 1,000         | 1,000         |
| Δ Stock (en pesos)   | \$ 123,377   | \$ 357,597   | \$ 924,592    | \$ 1,137,248  | \$ 1,262,345  | \$ 1,338,086  | \$ 1,418,371  | \$ 1,503,473  | \$ 1,593,682  | \$ 1,689,303  |
| Activo de trabajo    | \$ 731,100   | \$ 1,130,013 | \$ 1,830,098  | \$ 2,757,505  | \$ 3,060,830  | \$ 3,244,480  | \$ 3,860,271  | \$ 4,091,888  | \$ 5,047,161  | \$ 5,349,991  |
| Δ ACTIVO DE TRABAJO  | \$ 731,100   | \$ 398,913   | \$ 700,085    | \$ 927,406    | \$ 303,325    | \$ 183,650    | \$ 615,791    | \$ 231,616    | \$ 955,273    | \$ 302,830    |

**Tabla 13.1: Inversión en activo de trabajo.**

## 14 - CUADRO DE RESULTADOS

Como se comentó en el apartado anterior, los ingresos que se obtienen por la nueva corrugadora se pueden dividir en cuatro: el ahorro por no tercerización, ahorro por menores costos de producción, mayores ventas de cajas y mayores ventas de planchas. El cálculo de estos ingresos se realizó solo para el sector de fábrica, es decir, que se tuvieron en cuenta solo los costos directos involucrados en la elaboración del producto dado que ahí se producían los mayores diferenciales. De esta forma, en ese cálculo, se supuso que los costos en el resto de la empresa (como el sector administrativo, contable, etc.) se mantenían constantes. Pese a esto, si existen algunos otros costos indirectos en el que se incurren por el cambio realizado:

- Costos de comercialización: La empresa tiene una política de comisiones en el cual se le paga al vendedor un 3,5% del valor total de la venta. El convenio con los vendedores es que si las comisiones que acumulan en un mes son mayores que su sueldo básico, se le paga ese monto de comisiones, y si es menor, se le paga el sueldo básico. Como generalmente el monto acumulado es mayor, se considera un gasto del 3,5% sobre el valor de ventas. En este caso ese valor se considera sobre el total de las ventas de planchas y sobre el aumento de ventas de cajas.
- Costo de distribución: El costo de la distribución de los pedidos es alrededor del 2% del valor de venta. Se realiza el mismo cálculo que para el caso anterior y sobre los mismos valores.
- Alquileres: Como se explicó anteriormente, por la instalación de la caldera no habrá el espacio suficiente para almacenar el stock necesario y por lo tanto se alquilará un depósito. El mismo se valúa actualmente en \$ 360 por tonelada y para simplificar en análisis se supuso que su precio varía acorde a la inflación. En el *ANEXO* se detalla su cálculo.
- Amortizaciones: Las amortizaciones que se imputan al proyecto son las que surgen de la inversión en activo fijo. Se amortizará a 10 años toda la inversión en activo fijo.
- Intereses: Para el proyecto se supuso que no se financiarán con una entidad bancaria, por lo que no incurrirán en gastos financieros.
- Impuestos: El impuesto a los ingresos brutos para fábricas situadas en la zona es del 1,5% y el impuesto a las ganancias nacional del 35%.

A continuación se muestran los cuadros de resultados proyectados de los diferenciales a diez años:

**Modernización de una línea de corrugación**

| <b>CUADRO DE RESULTADOS</b>         | <b>2015</b>         | <b>2016</b>          | <b>2017</b>          | <b>2018</b>          | <b>2019</b>          | <b>2020</b>          | <b>2021</b>          | <b>2022</b>          | <b>2023</b>          | <b>2024</b>          |
|-------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Δ UTILIDADES</b>                 |                     |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| Δ Ahorro por NO tercerización       | \$ 2,148,948        | \$ 3,043,974         | \$ 3,905,233         | \$ 4,803,436         | \$ 5,331,814         | \$ 5,651,723         | \$ 5,990,827         | \$ 6,350,276         | \$ 6,731,293         | \$ 7,135,170         |
| Δ Ahorro en PRODUCCIÓN              | \$ 3,296,918        | \$ 4,841,990         | \$ 6,326,946         | \$ 7,782,143         | \$ 8,638,179         | \$ 9,156,470         | \$ 9,705,858         | \$ 10,288,210        | \$ 10,905,502        | \$ 11,559,832        |
| Ganancia por nuevas ventas planchas | \$ 2,395,803        | \$ 7,021,261         | \$ 13,746,468        | \$ 21,016,299        | \$ 23,328,092        | \$ 24,727,778        | \$ 29,627,217        | \$ 31,404,851        | \$ 39,046,085        | \$ 41,388,851        |
| Ganancia por nuevas ventas cajas    | \$ 1,655,433        | \$ 4,602,058         | \$ 8,768,201         | \$ 10,784,887        | \$ 11,971,224        | \$ 12,689,498        | \$ 13,450,867        | \$ 14,257,919        | \$ 15,113,395        | \$ 16,020,198        |
| Venta de la corrugadora             |                     |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      | \$ 8,888,784         |
| <b>TOTAL Δ UTILIDAD BRUTA</b>       | <b>\$ 9,497,102</b> | <b>\$ 19,509,283</b> | <b>\$ 32,746,848</b> | <b>\$ 44,386,766</b> | <b>\$ 49,269,310</b> | <b>\$ 52,225,469</b> | <b>\$ 58,774,770</b> | <b>\$ 62,301,256</b> | <b>\$ 71,796,275</b> | <b>\$ 84,992,835</b> |
| <b>Δ OTROS GASTOS</b>               |                     |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| Gastos de comercialización          | \$ 968,641          | \$ 2,615,331         | \$ 4,903,745         | \$ 6,175,391         | \$ 6,854,684         | \$ 7,265,965         | \$ 7,821,475         | \$ 8,290,764         | \$ 8,989,703         | \$ 9,529,085         |
| Gastos de distribución              | \$ 691,886          | \$ 1,868,093         | \$ 3,502,675         | \$ 4,410,994         | \$ 4,896,203         | \$ 5,189,975         | \$ 5,586,768         | \$ 5,921,974         | \$ 6,421,216         | \$ 6,806,489         |
| Alquileres                          | \$ 218,700          | \$ 328,050           | \$ 492,075           | \$ 605,252           | \$ 671,830           | \$ 712,140           | \$ 754,868           | \$ 800,160           | \$ 848,170           | \$ 899,060           |
| Amortizaciones                      | \$ 876,031.61       | \$ 876,031.61        | \$ 876,031.61        | \$ 876,031.61        | \$ 876,031.61        | \$ 876,031.61        | \$ 876,031.61        | \$ 876,031.61        | \$ 876,031.61        | \$ 876,031.61        |
| <b>TOTAL Δ OTROS GASTOS</b>         | <b>\$ 2,755,259</b> | <b>\$ 5,687,506</b>  | <b>\$ 9,774,526</b>  | <b>\$ 12,067,669</b> | <b>\$ 13,298,749</b> | <b>\$ 14,044,112</b> | <b>\$ 15,039,143</b> | <b>\$ 15,888,930</b> | <b>\$ 17,135,120</b> | <b>\$ 18,110,666</b> |
| <b>Δ UTILIDAD OPERATIVA</b>         | <b>\$ 6,741,843</b> | <b>\$ 13,821,777</b> | <b>\$ 22,972,321</b> | <b>\$ 32,319,097</b> | <b>\$ 35,970,561</b> | <b>\$ 38,181,357</b> | <b>\$ 43,735,627</b> | <b>\$ 46,412,326</b> | <b>\$ 54,661,155</b> | <b>\$ 66,882,170</b> |
| Intereses                           | \$ -                | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 |
| IIBB (1,5%)                         | \$ 415,132          | \$ 1,120,856         | \$ 2,101,605         | \$ 2,646,596         | \$ 2,937,722         | \$ 3,113,985         | \$ 3,352,061         | \$ 3,553,184         | \$ 3,852,730         | \$ 4,217,225         |
| <b>UTILIDAD antes de IIGG</b>       | <b>\$ 6,326,711</b> | <b>\$ 12,700,921</b> | <b>\$ 20,870,716</b> | <b>\$ 29,672,501</b> | <b>\$ 33,032,839</b> | <b>\$ 35,067,371</b> | <b>\$ 40,383,566</b> | <b>\$ 42,859,142</b> | <b>\$ 50,808,425</b> | <b>\$ 62,664,944</b> |
| IMPUESTO A LAS GANANCIAS (35%)      | \$ -2,214,349       | \$ -4,445,322        | \$ -7,304,751        | \$ -10,385,375       | \$ -11,561,494       | \$ -12,273,580       | \$ -14,134,248       | \$ -15,000,700       | \$ -17,782,949       | \$ -21,932,730       |
| <b>UTILIDAD NETA</b>                | <b>\$ 4,112,362</b> | <b>\$ 8,255,599</b>  | <b>\$ 13,565,966</b> | <b>\$ 19,287,125</b> | <b>\$ 21,471,345</b> | <b>\$ 22,793,791</b> | <b>\$ 26,249,318</b> | <b>\$ 27,858,442</b> | <b>\$ 33,025,476</b> | <b>\$ 40,732,214</b> |

***Tabla 14.1: Cuadro de resultados.***

**14.1 - Valor de liquidación**

Para calcular el valor residual se decidió utilizar el escenario menos favorable y realizar una liquidación de activos. En este caso, al final del año diez se supondrá una venta de la máquina adquirida por el 30% de su valor original (en dólares y pasada a pesos según el tipo de cambio del momento), dado que para el momento la misma se encontrará totalmente amortizada, se toma como una ganancia de bien de uso en el cuadro de resultados.

## 15 - FLUJO DE FONDOS DEL PROYECTO

Una vez obtenido el cuadro de resultados, se procedió a realizar el análisis de flujo de fondos descontados. Para ello, se tuvieron en cuenta las siguientes pautas:

### 15.1 - Tasa de descuento

Para el análisis de este proyecto no se consideró la financiación, por ende la tasa con la que se descuenta el flujo de fondos será la del costo del capital.

El cálculo del costo de capital se realizó mediante el modelo CAPM, el cual considera que la tasa es:

$$K_e = r_f + \beta(r_m - r_f) + r_p$$

Donde:

- $r_f$  = Es la **tasa libre de riesgo**. Se tomó la tasa que paga un bono a diez años del tesoro de estados unidos (2,63%).
- $\beta$  = Es un coeficiente que representa el **riesgo sistemático** o de mercado. Se utilizó información proveniente del sitio de DAMODARAN para las industrias de *Packaging & Container*. ( $\beta_{\text{unlevered}} = 0,61$ ).
- $(r_m - r_f)$  = Es la **prima de riesgo de mercado**. Se consideró la prima de riesgo publicada en el sitio de DAMODARAN: 6,24%.
- $r_p$  = Es el **riesgo país**. Al momento del análisis en este trabajo, el riesgo país era de 686 puntos, lo que representa un 6,86%.

A partir de estos datos recolectados se obtuvo un  $K_e=13,28\%$ . (En la tabla 15.2 se muestran los valores de  $K_e$  acumulados para cada año).

### 15.2 - Egresos e ingresos

Utilizando los valores de cuadro de resultados y los totales de inversión se procedió a separar los ingresos y egresos del proyecto para realizar el flujo de fondos.

Los egresos del flujo de fondos vienen dados por los siguientes campos:

- Inversiones en activo fijo.
- Inversiones en activo de trabajo.
- Impuesto a las ganancias.

Mientras que los ingresos se originan en:

- Utilidad antes de impuestos a las ganancias.
- Amortizaciones.

## Modernización de una línea de corrugación

| FLUJO DE FONDOS                  | 2014                 | 2015                | 2016                 | 2017                 | 2018                 | 2019                 | 2020                 | 2021                 | 2022                 | 2023                 | 2024                 |
|----------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Egresos</b>                   |                      |                     |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| INVERSIONES EN ACTIVO FIJO       | \$ 8,760,316         | \$ -                | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 | \$ -                 |
| INVERSIONES EN ACTIVO DE TRABAJO | \$ 731,100           | \$ 398,913          | \$ 700,085           | \$ 927,406           | \$ 303,325           | \$ 183,650           | \$ 615,791           | \$ 231,616           | \$ 955,273           | \$ 302,830           |                      |
| IG                               | \$ 2,214,349         | \$ 4,445,322        | \$ 7,304,751         | \$ 10,385,375        | \$ 11,561,494        | \$ 12,273,580        | \$ 14,134,248        | \$ 15,000,700        | \$ 17,782,949        | \$ 21,932,730        |                      |
| <b>TOTAL EGRESOS</b>             | <b>\$ 8,760,316</b>  | <b>\$ 2,945,449</b> | <b>\$ 4,844,235</b>  | <b>\$ 8,004,836</b>  | <b>\$ 11,312,781</b> | <b>\$ 11,864,819</b> | <b>\$ 12,457,230</b> | <b>\$ 14,750,039</b> | <b>\$ 15,232,316</b> | <b>\$ 18,738,222</b> | <b>\$ 22,235,560</b> |
| <b>Ingresos</b>                  |                      |                     |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| Utilidad antes de IG             |                      | \$ 6,326,711        | \$ 12,700,921        | \$ 20,870,716        | \$ 29,672,501        | \$ 33,032,839        | \$ 35,067,371        | \$ 40,383,566        | \$ 42,859,142        | \$ 50,808,425        | \$ 62,664,944        |
| Amortizaciones                   |                      | \$ 876,032          | \$ 876,032           | \$ 876,032           | \$ 876,032           | \$ 876,032           | \$ 876,032           | \$ 876,032           | \$ 876,032           | \$ 876,032           | \$ 876,032           |
| <b>TOTAL INGRESOS</b>            |                      | <b>\$ 7,202,742</b> | <b>\$ 13,576,953</b> | <b>\$ 21,746,748</b> | <b>\$ 30,548,532</b> | <b>\$ 33,908,871</b> | <b>\$ 35,943,403</b> | <b>\$ 41,259,597</b> | <b>\$ 43,735,173</b> | <b>\$ 51,684,457</b> | <b>\$ 63,540,976</b> |
| <b>FLUJO DE FONDOS NETOS</b>     | <b>\$ -8,760,316</b> | <b>\$ 4,257,293</b> | <b>\$ 8,732,718</b>  | <b>\$ 13,741,912</b> | <b>\$ 19,235,751</b> | <b>\$ 22,044,052</b> | <b>\$ 23,486,173</b> | <b>\$ 26,509,558</b> | <b>\$ 28,502,857</b> | <b>\$ 32,946,234</b> | <b>\$ 41,305,416</b> |

***Tabla 15.1: Flujo de Fondos***

Dado que el peso argentino se encuentra en una etapa inflacionaria se decidió hacer el flujo de fondos en una moneda "dura". Para tal caso se pasó a dólares estadounidenses los flujos de cada año, teniendo en cuenta el tipo de cambio proyectado.

| FLUJO DE FONDOS                        | 2014          | 2015        | 2016        | 2017        | 2018        | 2019        | 2020        | 2021        | 2022        | 2023          | 2024          |
|--|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| <b>FLUJO DE FONDOS NETOS (dolares)</b> | USD 1,068,331 | USD 384,579 | USD 584,343 | USD 735,624 | USD 837,168 | USD 864,315 | USD 868,734 | USD 925,063 | USD 938,321 | USD 1,023,205 | USD 1,210,203 |
| <b>Ke acumulado</b>                    | <b>1.00</b>   | <b>1.13</b> | <b>1.28</b> | <b>1.45</b> | <b>1.65</b> | <b>1.87</b> | <b>2.11</b> | <b>2.39</b> | <b>2.71</b> | <b>3.07</b>   | <b>3.48</b>   |
| <b>FLUJO DESCONTADO</b>                | USD 1,068,331 | USD 339,491 | USD 455,359 | USD 506,040 | USD 508,375 | USD 463,326 | USD 411,097 | USD 386,431 | USD 346,015 | USD 333,080   | USD 347,766   |

***Tabla 15.2: Flujo de Fondos (en dólares) y descontado.***

Nótese que el “**Ke acumulado**” corresponde a los valores para los cuales será descontado el flujo de cada año de análisis. En otras palabras, el **Ke acumulado** del año 2017, por ejemplo, corresponde a  $(1 + Ke)^3$  puesto que es el tercer año de análisis. Para el año 2014 en cambio su valor es 1, ya que la inversión tiene valor presente (año 0) y no debe ser descontado.

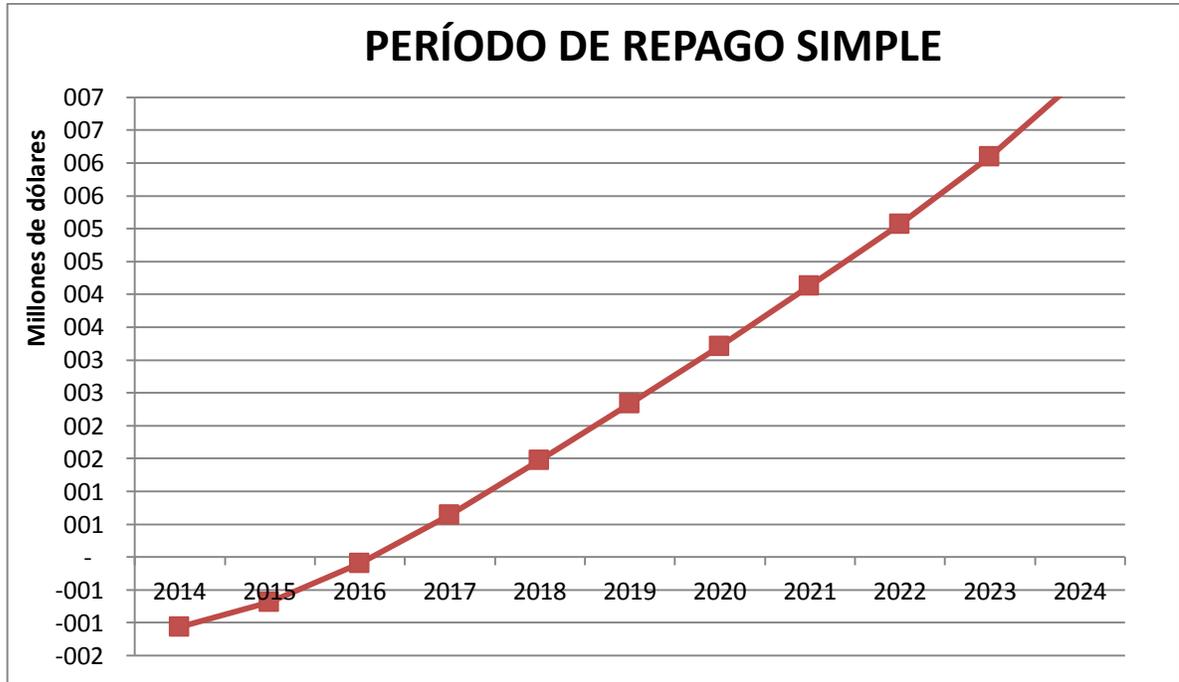
Teniendo el flujo de fondos neto (en dólares) y el flujo de fondos descontado, se procedió a calcular la TIR y el VAN del proyecto:

|                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| <b>TIR</b>              | <b>56%</b>           |
| <b>VAN (en dolares)</b> | <b>USD 3,028,648</b> |

## Modernización de una línea de corrugación

Observando los valores anteriores se puede concluir que es un proyecto altamente rentable. Esto es debido a que se aumenta en un 400% la capacidad de corrugación de la empresa, prácticamente sin tener que modificar la estructura de la misma, ya que con la misma planta y casi la misma cantidad de empleados se puede trabajar con la maquina nueva.

A modo de esquematización, y siendo este otro indicador de rentabilidad, se procedió a calcular el periodo de repago, siendo el mismo un poco superior a dos años. El siguiente gráfico muestra la sumatoria de flujos año a año en dólares.



***Gráfico 15.1: Período de repago simple.***

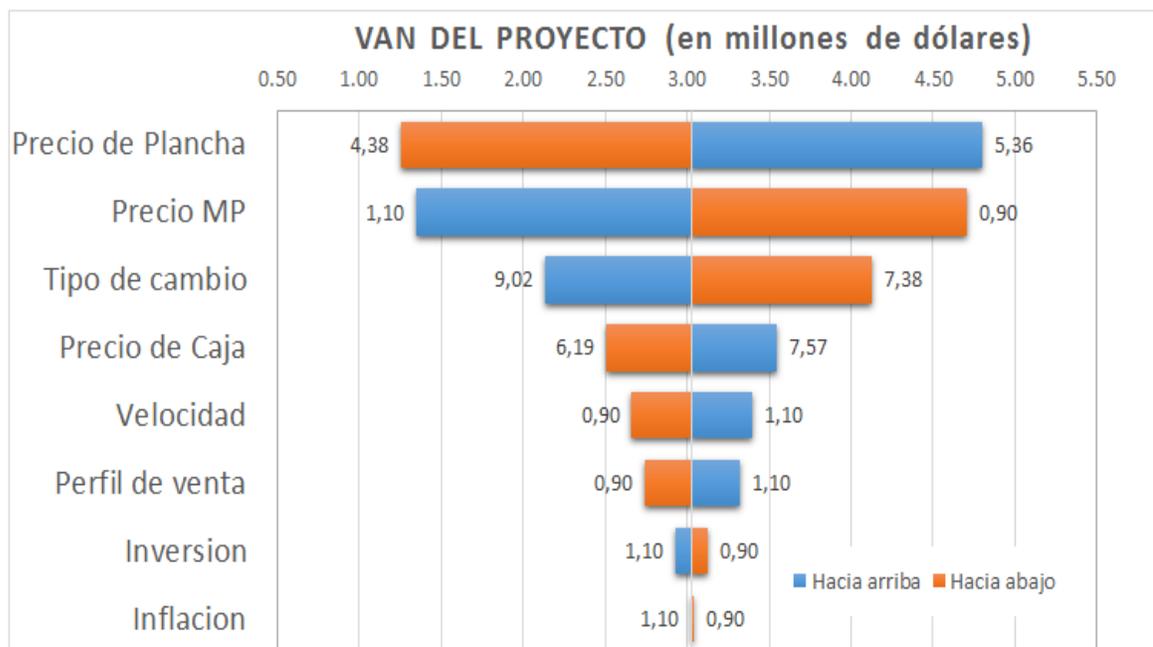
Como se puede ver, el repago sucede entre fines del año 2016 y comienzos del año 2017.

## 16 - ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Resulta muy importante conocer el comportamiento que tendrá el valor actual neto del proyecto ante posibles cambios de alguna de sus variables. Utilizando la herramienta *Tornado Chart* se decidió analizar la sensibilidad del proyecto ante la modificación de las siguientes variables en un 10% (tanto en aumento como en disminución):

- **Inflación:** se tuvo en cuenta la proyección completa de los 10 años de análisis y se las ligó a un valor unitario la cual es la variable a modificar.
- **Tipo de cambio:** dada la proyección realizada, se tuvo en cuenta el valor de cambio inicial al comienzo del proyecto como variable de ajuste.
- **Precio de la Materia Prima:** se fijó el precio de cada materia prima utilizada a un valor unitario, el cual es la variable a analizar.
- **Precio de la Plancha:** se tomó como referencia el precio actual.
- **Precio de la Caja:** se tomó como referencia el precio actual de la caja “tipo” en \$/m<sup>2</sup>.
- **Perfil de venta:** se refiere al escalonamiento que existe entre que se comienza a producir, hasta que se logra llegar a la capacidad máxima.
- **Velocidad:** hace referencia a la velocidad de corrugación, siendo 1.00 la velocidad considerada para los análisis anteriores.
- **Inversión:** se fijó como valor unitario a la inversión total del proyecto explicada en el punto 9.

El siguiente gráfico muestra los resultados del análisis:



***Grafico 16.1: Análisis de sensibilidad / Tornado chart***

**Nota:** En aquellas variables en las cuales el valor oscila entre 0,9 y 1,1 se utilizó una celda referencia de valor unitario (1) debido a la imposibilidad del programa de operar con conjunto de celdas o celdas con fórmulas en su interior. Los valores de 0,9 y 1,1 corresponden al respectivo detrimento e incremento en un 10% respectivamente.

Estos resultados, permiten afirmar que ante cambios o errores de estimación de  $\pm 10\%$  en las variables más importantes, se mantendrá un valor actual neto positivo y por lo tanto el proyecto seguirá siendo conveniente para *CARTOX*. Es necesario aclarar que este análisis se basa en la lógica de "*Ceteris paribus*", lo cual significa que se modifica una variable a la vez dejando de lado casos en los cuales ciertos movimientos conjuntos podrán tener impactos mayores que los mostrados. Igualmente, es un método útil para conocer el proyecto y optimizar la estimación de aquellas variables más sensibles.

### **Podemos distinguir dos grupos de variables:**

Aquellas que en caso de aumentar favorecen al proyecto, tales como: precio del metro cuadrado de plancha de cartón, precio de la caja, perfil de venta y velocidad de la máquina. Todas estas tienen una incidencia positiva en los ingresos debido a mayores márgenes y aumentos en la producción.

Por otro lado, identificamos variables que, en caso de incrementar su valor, afectan negativamente el proyecto como son el caso de: precio de la materia prima, inversión y tipo de cambio. Un aumento en el tipo de cambio provocaría un incremento en el costo de materia prima ya que una gran proporción de la misma es importada. Un aumento en la inversión en activos fijos, obligaría a *CARTOX* a realizar un desembolso de dinero mayor en el año cero del proyecto (2014) lo cual tiene una incidencia importante, sin embargo la sensibilidad es baja debido a que los flujos de fondos en los años venideros no se ven afectados por este eventual cambio.

Por último, del análisis se destacan que las variables más sensibles del proyecto, es decir, las que ante una pequeña variación influyen considerablemente el VAN del mismo, son: el **precio de la plancha**, y el **precio de la materia prima**. Esto es lógico ya que, como se mostró en la proyección de ventas, en los últimos años más del 50% de los ingresos percibidos por la adquisición de la nueva corrugadora corresponden a la venta de planchas. Por otro lado, como se analizó en la etapa de costos de fabricación, más del 80% de los costos corresponden a la materia prima.

### **16.1 - Escenario pesimista**

Dado que cuando se proyectó el flujo de fondos se realizaron muchas estimaciones, tanto a nivel de costos como de cantidades, se realizó un escenario pesimista en donde se busca ver como varía el VAN en dólares, si no se cumple con lo proyectado. El objetivo de este análisis es verificar si, aun con pronósticos muy desfavorables, el proyecto sigue siendo viable.

El escenario que se plantea entonces es uno donde las ventas actuales de la empresa se mantienen constantes. Lo que se hizo variar es la cantidad de nuevas ventas que se van a lograr una vez instalada la nueva corrugadora, dado que es el dato más subjetivo y volátil que se proyectó. Para esto, se supuso que no se podrá aumentar el nivel de ventas tanto de

## Modernización de una línea de corrugación

planchas como de cajas terminadas, por lo que los ingresos que se obtendrían en el proyecto serían por la no tercerización de las planchas y por el menor costo de producción del cartón.

Manteniendo la misma tasa de descuento, se obtiene el siguiente resultado:

|                  |            |
|------------------|------------|
| <b>TIR (USD)</b> | 16%        |
| <b>VAN (USD)</b> | 113.927,15 |

De esto se concluye que, aun forzando el peor escenario posible del valor más volátil, el proyecto sigue siendo rentable. Esto quiere decir que con los ahorros esperados de la no tercerización y del menor costo de producción, alcanza para cubrir los costos de la inversión.

## 17 - CONCLUSIÓN

Teniendo en cuenta todos aquellos aspectos anteriormente analizados, se puede concluir que la modernización de la línea productora de cartón corrugado, de la empresa *CARTOX*, es un proyecto favorable para la misma. La ejecución del mismo permitirá:

- Incrementar el valor de la empresa.
- Aumentar la competitividad dentro de un mercado con baja diferenciación.
- Captar nuevos mercados y clientes.
- Mejorar la calidad de sus productos y el nivel de servicio.

El hecho de adoptar un proyecto de valor actual neto positivo, provocará un aumento en el valor de la empresa gracias al incremento en ventas y ahorros en producción. El avance tecnológico que se planteó para reemplazar la línea actual posee características distintivas que permitirán aumentar la productividad, tener menores costos y obtener un producto de mayor calidad. Estos aspectos claves contribuyen a que el proyecto tenga una tasa de retorno del 56%. Si bien es una tasa muy alta, hay que tener en cuenta que se incrementa la capacidad de corrugación en casi un 400% sin tener que realizar modificaciones de gran envergadura en la organización, por lo que, aprovechando la estructura actual y aumentando en baja medida la dotación de la empresa, se logra un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada y un mayor prorrateo de los costos fijos.

Con el objetivo de poner a prueba la robustez del proyecto, se evaluaron los resultados de un escenario pesimista en el cual las ventas totales de cajas terminadas de la empresa, mantendrían el valor actual durante los diez años del proyecto (valor real). A pesar de dicha suposición, los resultados muestran un proyecto con VAN positivo y una tasa interna de retorno de 16%. Esto se debe a que los ahorros que se generarán por el hecho de cubrir las compras actuales de planchas de catón y producir a menores costos, son suficientes para que la inversión en la maquina se justifique.

En lo que respecta a la disposición de la maquinaria en la empresa, dado los análisis realizados en las alternativas de *LAY-OUT*, se llegó a la conclusión que la mejor disposición, teniendo en cuenta la distribución, organización de materia prima y producto en proceso, es tener las máquinas dispuestas en forma de “U”. De esta forma, el flujo de materiales a lo largo de la planta, será en sentido horario (inverso a lo que se realiza actualmente). Esto se debe a que será necesario contar con la corrugadora antigua mientras se procede a la instalación de la nueva maquinaria, de forma tal que los costos por lucro cesante no afecten al proyecto de forma significativa.

Dado que toda la instalación y puesta a punto de la maquinaria requiere de gran coordinación, la estimación temporal está sujeta a grandes desvíos en cuanto a los tiempos de ejecución, por lo que todo el proceso de incorporación puede extenderse más allá de lo planeado. Los sobrecostos asociados por estas demoras pueden ser fácilmente absorbidos, es decir que no serán relevantes, siempre y cuando no se perjudique la producción. Dado este factor, se recomienda tener gran coordinación, alta dotación de personal, y buena

## **Modernización de una línea de corrugación**

planificación de ejecución para las etapas cruciales donde no se podrá realizar corrugación y terminación de cajas. Cada día que la empresa no pueda realizar estas tareas la misma incurre en pérdidas significativas, por lo que es menester realizar énfasis en el control y seguimiento de las etapas críticas mencionadas en diagrama de tareas.

A modo de cierre, este trabajo muestra que para esta empresa y bajo la situación en la que se encuentra actualmente, la renovación de la máquina para la fabricación de cartón corrugado, es una muy buena inversión tanto cuantitativa como cualitativamente.

## BIBLIOGRAFÍA

### Libros:

- George G. Maltenfort, 1988. Corrugated Shipping Containers. An engineering Approach. Editorial Jelmar Pub Co.

### Material didáctico (ITBA)

- Proyecto de inversión 2008 libreo de la catedra

### Contactos:

- Contacto en *CARTOX* (Socio Gerente)
- Contacto en CAFCCO - Cámara Argentina de Fabricantes de Cartón Corrugado: Mariano Saludjian (Director ejecutivo)
- Contacto en Daniel Ricca S.A - Área comercial

### Sitios Webs

- Talleres Serra:  
<http://serra.com.es>
- J.S. Machine:  
<http://www.jspackmach.com/Es/>
- Damodaran Online (Beta para mercados emergentes):  
<http://people.stern.nyu.edu/adamodar/>

ANEXO

**Tabla de costos actual y propuesto de materia prima (por tipo de papel).**

| COMPRAS                    | 2015                 | 2016                  | 2017                  | 2018                  | 2019                  | 2020                  | 2021                  | 2022                  | 2023                  | 2024                  |
|----------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Situación Actual</b>    |                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Liner                      | \$ 14,684,338        | \$ 19,823,856         | \$ 24,779,820         | \$ 30,479,178         | \$ 33,831,888         | \$ 35,861,801         | \$ 38,013,509         | \$ 40,294,320         | \$ 42,711,979         | \$ 45,274,698         |
| Onda                       | \$ 9,318,293         | \$ 12,579,696         | \$ 15,724,620         | \$ 19,341,282         | \$ 21,468,824         | \$ 22,756,953         | \$ 24,122,370         | \$ 25,569,712         | \$ 27,103,895         | \$ 28,730,129         |
| Cola                       | \$ 1,240,215         | \$ 1,674,291          | \$ 2,092,864          | \$ 2,574,222          | \$ 2,857,387          | \$ 3,028,830          | \$ 3,210,560          | \$ 3,403,193          | \$ 3,607,385          | \$ 3,823,828          |
| Planchas                   | \$ 11,373,559        | \$ 15,354,305         | \$ 19,192,881         | \$ 23,607,244         | \$ 26,204,041         | \$ 27,776,283         | \$ 29,442,860         | \$ 31,209,432         | \$ 33,081,998         | \$ 35,066,918         |
| <b>Total</b>               | <b>\$ 36,616,406</b> | <b>\$ 49,432,148</b>  | <b>\$ 61,790,185</b>  | <b>\$ 76,001,927</b>  | <b>\$ 84,362,139</b>  | <b>\$ 89,423,867</b>  | <b>\$ 94,789,300</b>  | <b>\$ 100,476,658</b> | <b>\$ 106,505,257</b> | <b>\$ 112,895,572</b> |
| <b>Situación Propuesta</b> |                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Liner                      | \$ 31,122,635        | \$ 58,432,379         | \$ 93,561,502         | \$ 115,080,648        | \$ 127,739,519        | \$ 135,403,890        | \$ 143,528,124        | \$ 152,139,811        | \$ 161,268,200        | \$ 170,944,292        |
| Onda                       | \$ 19,774,160        | \$ 37,125,752         | \$ 59,445,485         | \$ 73,117,946         | \$ 81,160,920         | \$ 86,030,575         | \$ 91,192,410         | \$ 96,663,954         | \$ 102,463,792        | \$ 108,611,619        |
| Cola                       | \$ 2,779,220         | \$ 5,217,952          | \$ 8,354,947          | \$ 10,276,585         | \$ 11,407,009         | \$ 12,091,429         | \$ 12,816,915         | \$ 13,585,930         | \$ 14,401,086         | \$ 15,265,151         |
| <b>Total</b>               | <b>\$ 53,676,014</b> | <b>\$ 100,776,083</b> | <b>\$ 161,361,934</b> | <b>\$ 198,475,179</b> | <b>\$ 220,307,448</b> | <b>\$ 233,525,895</b> | <b>\$ 247,537,449</b> | <b>\$ 262,389,696</b> | <b>\$ 278,133,077</b> | <b>\$ 294,821,062</b> |

**Tabla de costos de alquileres:** Para su cálculo se utilizó un valor de referencia de \$ 360 por tonelada de bobinado (precio actual estimado), ese valor se lo multiplicó por las toneladas a almacenar cada año y por la inflación acumulada estimada.

| ALQUILERES               | 2015              | 2016              | 2017              | 2018              | 2019              | 2020              | 2021              | 2022              | 2023              | 2024              |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Toneladas a almacenar    | 450               | 500               | 600               | 600               | 600               | 600               | 600               | 600               | 600               | 600               |
| <b>Costo de alquiler</b> | <b>\$ 218,700</b> | <b>\$ 328,050</b> | <b>\$ 492,075</b> | <b>\$ 605,252</b> | <b>\$ 671,830</b> | <b>\$ 712,140</b> | <b>\$ 754,868</b> | <b>\$ 800,160</b> | <b>\$ 848,170</b> | <b>\$ 899,060</b> |
| Inflacion Acumulada      | 135%              | 182%              | 228%              | 280%              | 311%              | 330%              | 349%              | 370%              | 393%              | 416%              |
| Costo por Tn por año     | \$ 360.00         |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |