



TESIS DE GRADO
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**INSTALACIÓN DE ROBOTS PALETIZADORES EN LÍNEAS DE
ENVASADO EN UNA PLANTA INDUSTRIAL**

Autor: Juan Martín Rojo Jojot

Legajo 43.253

Director de Tesis:

Ing. Pedro del Campo

2011

RESUMEN EJECUTIVO

Hace ya varios años que el crecimiento en la producción de bienes de consumo está empujando el desarrollo de nuevas tecnologías, no sólo buscando lograr un mejor producto final sino también (y principalmente) hacerlo de manera más rápida y más económica. El nivel de avance tecnológico que se está logrando en los últimos años está poniendo a las empresas frente a la decisión de hacer grandes inversiones en relativamente cortos períodos de tiempo, esperando que el incremento en el nivel de ventas llegue de la mano del mayor output y, junto con la reducción de costos que supone una tecnología superior, repague la inversión.

Por otro lado, también como consecuencia de estas grandes inversiones, son muchas las situaciones en las que se debe enfrentar la decisión de reducir personal, ya que generalmente el avance tecnológico también se traduce en máquinas que necesitan menor involucramiento de los operadores. Estas decisiones pueden acarrear grandes problemas con el sindicato que esté presente en la fábrica, llevando a niveles de conflicto que afecten seriamente a la producción y al abastecimiento del mercado.

El propósito de este trabajo es mostrar una metodología para enfrentar situaciones en las que se debe realizar un análisis tanto técnico como económico-financiero a la hora de evaluar la posibilidad de realizar una inversión en el mencionado contexto. Se destaca el caso del factor humano, una cuestión clave en estos proyectos, la difícil tarea de comunicar a un sindicato que se automatizarán procesos, reduciendo la cantidad de personal que trabajará en la fábrica, y la mejor manera de llevar adelante dicha comunicación para evitar un conflicto que afecte el buen rendimiento de la gente. También se plantean posibles escenarios de riesgo y la mejor manera de evitar su aparición o mitigar el impacto que puedan tener en caso de que no puedan evadirse. Por último, se incluye un análisis de cómo mantener un alto nivel de servicio a los clientes a lo largo del tiempo que dure el proyecto, realizando un estudio del nivel de coberturas y preconstrucción ante la ocasional pérdida de capacidad durante esos meses.

Se presentan herramientas de análisis tanto económicas y financieras como de riesgo, y se profundiza en conceptos de proyectos de inversión y organización industrial, así como en el funcionamiento general de una planta productiva.

Sobre el final del trabajo se encontrarán las conclusiones, mostrando los beneficios obtenidos en caso de seguir adelante con el proyecto y los pasos necesarios para lograr una buena implementación del mismo, junto con futuras líneas de investigación para profundizar este modelo.

DESCRIPTOR BIBLIOGRÁFICO

El presente trabajo se centra en la problemática del análisis de inversión y factibilidad técnica a la hora de invertir en equipos de paletizado automático. Se analiza la situación de la planta sin dichos equipos para luego realizar una comparación entre ambas situaciones. Se evalúan distintas alternativas de proveedores de robots y varios de sus modelos, además de realizar el flujo de fondos que lleva a calcular la TIR, el VAN y el período de repago de cada alternativa de inversión, para luego medir los riesgos y tomar una decisión definitiva. Por último, se busca la mejor manera de comunicar el proyecto y sus implicancias al personal de planta, con el objetivo de evitar conflictos de cualquier tipo. Habiendo alcanzado un resultado satisfactorio en el proceso de análisis, se considera que la metodología utilizada es válida para aplicar a casos de características similares.

Palabras clave: robots paletizadores, análisis económico-financiero, manejo de personal, comunicación empresarial

ABSTRACT

This work focuses on the investment and technical feasibility analysis when looking to invest in automatic palletizing equipment. The current situation of the factory is presented, in order to be able to compare both situations once the analysis is done. Different robot supplier alternatives are evaluated, presenting many of their models, besides from performing the cash flow which leads to the calculation of the IRR, the NPV and the payback period. Finally, the best way to communicate the project goal and its implications to the employees is studied, looking to avoid any sort of conflict. Having reached a satisfactory result in the analysis process, it can be assumed that the methodology used is valid to be applied in cases with similar characteristics.

Key words: palletizing robots, economic & financial analysis, personnel administration, corporate communication

AGRADECIMIENTOS

Es mucha la gente que colaboró con la realización de este trabajo. Todos y cada uno de sus aportes fueron muy valiosos, desde el más mínimo detalle hasta los grandes consejos, datos y correcciones. Sin ellos la tarea hubiera sido mucho más ardua y hasta irrealizable.

En particular, me gustaría destacar a las siguientes personas:

- Al Ing. Pedro del Campo, mi tutor en este trabajo. Su orientación y consejos fueron claves, así como su soporte y comprensión en cada momento.
- A mis padres, por ayudarme con las herramientas para forjar mi propio camino.
- A Clara, por ser el soporte de todo lo que construyo.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1 – ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	1
110 – INTRODUCCIÓN	1
120 – PROCESO Y ENVASADO	2
130 – DOTACIÓN	9
140 – CALIDAD Y SEGURIDAD	13
150 – MANTENIMIENTO Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	14
160 – COSTOS ASOCIADOS.....	15
CAPITULO 2 – PROPUESTA PARA INVERSIÓN EN ROBOTS	17
210 – PROCESO DE SELECCIÓN	17
211 – BÚSQUEDA DE PROVEEDORES DE ROBOTS PALETIZADORES	19
Planta Aderezos Unilever – Pilar, Argentina	20
Planta Polvos Unilever – Santiago, Chile.....	21
211.100 – KUKA.....	23
211.200 – ABB	24
211.300 – FANUC	25
212 – ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS DISTINTOS MODELOS	26
213 - DETALLES ACERCA DE LA INSTALACIÓN, PUESTA A PUNTO Y SERVICIO DE POSVENTA DE LOS PROVEEDORES PRESENTADOS.....	31
214 – ANÁLISIS DE PROVEEDORES Y MODELOS. PRESUPUESTO ESTIMADO.....	37
220 – ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO.....	39
221 – CASO FINANCIERO PARA LA INSTALACIÓN DE UN ROBOT EN UNA LÍNEA	39
222 – CASO FINANCIERO PARA LA INSTALACIÓN DE DOS ROBOTS EN 4 LÍNEAS	44
223 – CASO FINANCIERO PARA LA INSTALACIÓN DE DOS ROBOTS EN 6 LÍNEAS	47
230 – RESUMEN	50
CAPITULO 3 – PROBLEMÁTICAS, LAYOUT Y MANEJO DE PERSONAL	51
310 – POSIBLES INCONVENIENTES.....	51
311 – PROBLEMAS TÉCNICOS	52
311.100 – PROBLEMAS ANTERIORES AL COMISIONAMIENTO	52
311.200 – PROBLEMAS POSTERIORES AL COMISIONAMIENTO.....	58
311.210 – UNA DOTACIÓN ADICIONAL POR MAL FUNCIONAMIENTO.....	62
311.220 – DOS DOTACIONES ADICIONALES POR MAL FUNCIONAMIENTO.....	66
312 – RIESGOS ECONÓMICO-FINANCIEROS.....	67

312.100 – FLUJOS DE FONDOS CON ALTO IMPACTO DE LA INFLACIÓN	67
312.200 – FLUJOS DE FONDOS CON ALTO IMPACTO DE LA DEVALUACIÓN	70
313 – EL FACTOR HUMANO. PASOS PARA LA COMUNICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN	72
313.100 – OPCIONES DE REUBICACIÓN PARA EMPLEADOS EFECTIVOS	73
320 – LAYOUT DEFINITIVO	74
CAPITULO 4 – INSTALACIÓN, PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CONCLUSIONES	75
410 – INSTALACIÓN	75
420 – PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	77
430 – CONCLUSIONES	81
440 – FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	82
BIBLIOGRAFÍA	84

CAPÍTULO 1 – ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

110 – INTRODUCCIÓN

La necesidad imperiosa de incrementar los márgenes de ganancia de sus productos está llevando a las empresas a buscar ahorros en todas las áreas de la compañía. La estrategia de incrementar precios no es la más viable debido a que la oferta que tienen los consumidores es cada vez más grande y la lealtad hacia una marca cada vez más chica, por lo que muchos de ellos no dudarían en comprar el producto de la competencia si les ofrece un mejor precio.

Esto las ha llevado a buscar soluciones en otras partes de la cadena de suministros. Es así como se ha llegado a buscar la optimización de la logística, principalmente en lo que refiere al almacenamiento y al transporte, o a la sustitución de materias primas y materiales de empaque por otros más económicos, intentando no afectar la imagen o la concepción del producto.

Esta búsqueda de ahorros llegó también a las plantas productivas, donde se están empezando a implementar metodologías de trabajo que tienen como objetivo reducir las pérdidas que se generan en el proceso, ya sea por descartes de producto, mermas en la fabricación y envasado, y hasta por mala utilización del tiempo por parte de los trabajadores. La tecnología también juega un rol muy importante en estos ahorros, ya que las nuevas máquinas buscan atacar estas problemáticas y prometen un mejor funcionamiento que sus predecesoras, no sólo en cuanto a la calidad y cantidad de producto terminado, sino también en cuanto a la disminución de descartes y desperdicio de semielaborado.

En el caso que se analiza en este trabajo, una planta que produce jugos frutales acaba de instalar una nueva línea envasadora de última tecnología, con una velocidad de envasado que duplica a las anteriores. El funcionamiento es mucho más eficiente y automático, aunque el paletizado al final de la línea se sigue haciendo de forma manual. Esta situación empezó a generar inconvenientes desde un primer momento, ya que los operarios no llegaban a paletizar la cantidad de cajas que se armaban por minuto. El afán por completar su trabajo y cumplir con sus tareas los llevó a esforzarse más de la cuenta, lo que ocasionó problemas en el corto plazo; empezaron a tener lesiones musculares y hasta de columna, por lo que hubo que dar licencias y salir a contratar más personal para reemplazarlos. Para evitar que estos inconvenientes se repitan, se decidió agregar una persona más para que asista a los encargados del armado de pallets; de esta manera se evitó el problema de las lesiones, pero también se incrementó el costo del producto por tener que utilizar una dotación mayor a la planificada. El otro problema que surgió pocas semanas después fue que empezaron a llegar reclamos y devoluciones de los clientes porque recibían cajas rotas o abolladas por el mal paletizado. Si se tiene en cuenta que el producto es pesado, es de esperar que una mínima desviación en el

dibujo del pallet pueda hacer que las cajas del piso inferior sufran cargas mayores a las que pueden tolerar y cedan ante la presión.

Al hacer el análisis de los gastos que estas situaciones ocasionaban, se vio que el ahorro que se esperaba por la nueva envasadora no era tal y el período de repago se extendía mucho más de lo esperado. Si además se tenía en cuenta que las lesiones sufridas por los operarios podían generar malestar entre los demás trabajadores, y que la imagen del producto se empezaba a ver perjudicada en los clientes, se decidió que algo debía ser hecho al respecto.

Este trabajo parte de ese punto, en el que la empresa decide buscar una solución a estos problemas. La alternativa que se plantea es instalar robots paletizadores que eviten la intervención de las personas y armen los pallets de manera homogénea para evitar reclamos. Se hará el análisis técnico, económico y financiero para decidir cuál es la mejor opción de inversión y finalmente se comparará esa opción contra la situación actual para ver si justifica la inversión. La presentación de la situación actual, que se tomará como base a la hora de la evaluación final, es el tema de este capítulo.

120 – PROCESO Y ENVASADO

El jugo en cuestión consta de 8 sabores frutales, con un mix aproximado de producción según se muestra en la tabla a continuación:

Naranja	21%
Tutti-Frutti	19%
Manzana	19%
Pera	17%
Durazno	8%
Pomelo	6%
Ananá	5%
Frutilla	4%

Tabla 1. Sabores y mix de producción

El producto se envasa en 2 formatos, en envases asépticos, debido a la alta sensibilidad del mismo:

-  1 Litro
-  250 cm³



Figura 1. Envases asépticos

Los envases de 1L son comercializados en cajas de 12 unidades, y los de 250 cm³ en cajas de 24 unidades. Los pallets de 1L constan de un total de 72 cajas, distribuidas en 6 pisos de 12 cajas cada uno, mientras que los de 250 cm³ tienen 12 pisos de 15 cajas cada uno, para un total de 180 cajas por pallet. A continuación se muestran los bocetos de cada uno de estos pallets.

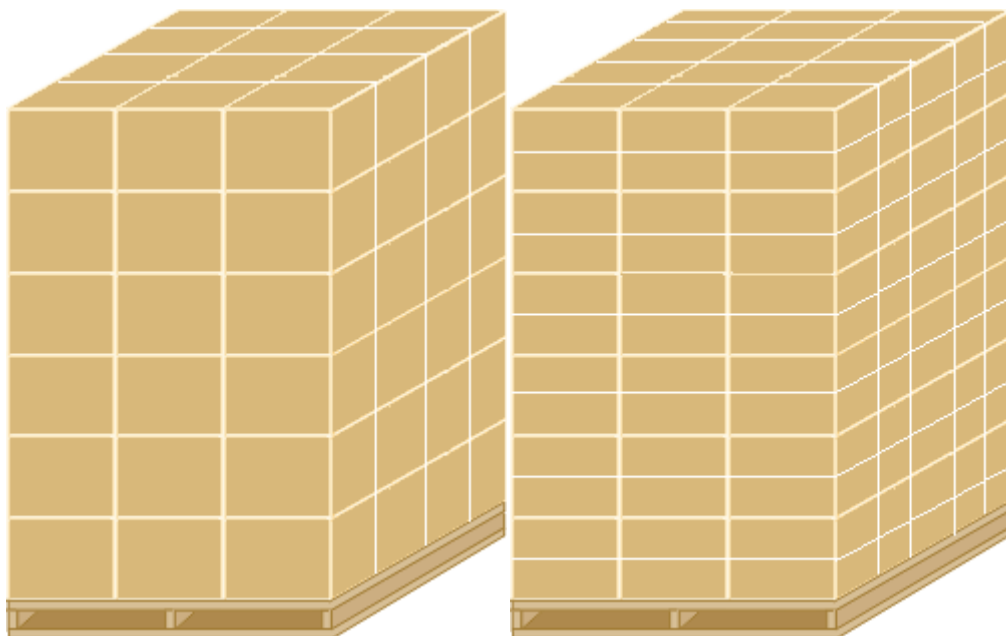


Figura 2. Pallet 1L y 250cm3

Como se mencionaba, se trata de un producto altamente sensible que debe ser envasado asépticamente, mediante una tecnología de última generación. Esto hace que la oferta de maquinaria tanto para la elaboración como para el envasado no sea abundante y esté dominada por pocos fabricantes, con costos superiores a los que podrían tener otras maquinarias de bebidas que se envasen en otras presentaciones.

El jugo se obtiene de la mezcla de 2 semielaborados y agua; el semielaborado común para todos los sabores consta de un endulzante, basado principalmente en azúcar; el semielaborado particular de cada sabor consta de una mezcla de jugo concentrado, saborizantes y aromatizantes que le dan el gusto característico.

El proceso aséptico mencionado consta de 3 fases: homogeneización, esterilización y envasado. En la primera se mezclan todas las materias primas y queda conformado el jugo que finalmente será envasado, mientras que en la segunda se calienta el producto a altas temperaturas y se almacena en tanques asépticos desde donde, por último, se envía a las envasadoras de 1L y 250 cm³ que se desee.



Figura 3. Cañerías y tanques asépticos

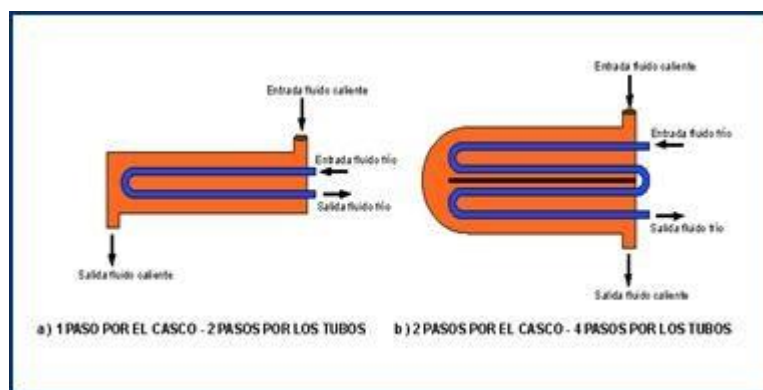


Figura 4. Proceso de esterilización



Figura 5. Envasadora aséptica

Como finalización del proceso, se presentan a continuación las características principales de cada envasadora, con su output normal medido en litros/hora, envases/hora y cajas/minuto, lo que permite ver la gran diferencia que hay entre la nueva envasadora de alta velocidad y el resto:

	Formato	Velocidad nominal		
Línea A	1 L	12000 l/h	12000 env/h	16,7 cj/min
Línea B	1 L	6000 l/h	6000 env/h	8,3 cj/min
Línea C	1 L	6000 l/h	6000 env/h	8,3 cj/min
Línea D	250 cm ³	3000 l/h	12000 env/h	8,3 cj/min
Línea E	250 cm ³	3000 l/h	12000 env/h	8,3 cj/min
Línea F	250 cm ³	3000 l/h	12000 env/h	8,3 cj/min

Tabla 2. Output nominal por envasadora

Siendo esa la velocidad nominal de cada envasadora, hay que considerar la eficiencia de cada línea para obtener el output real promedio:

	Eficiencia	Output real		
Línea A	89%	10680 l/h	10680 env/h	14,9 cj/min
Línea B	80%	4800 l/h	4800 env/h	6,6 cj/min
Línea C	73%	4380 l/h	4380 env/h	6,1 cj/min
Línea D	81%	2430 l/h	9720 env/h	6,7 cj/min
Línea E	84%	2520 l/h	10080 env/h	6,9 cj/min
Línea F	79%	2370 l/h	9480 env/h	6,6 cj/min

Tabla 3. Output real por envasadora

En cuanto a la elaboración, la planta cuenta con 2 canales de producción, lo que permite fabricar simultáneamente 2 variedades distintas. Estos 2 canales pueden conectarse a cualquiera de las 6 envasadoras, aunque no indistintamente; el canal 1 sólo se puede conectar a las envasadoras A, D y E mientras que el canal 2 sólo se puede conectar a las envasadoras B, C y F.

Por ser la elaboración un proceso continuo, el caudal de entrada a los tanques asépticos debe ser similar al caudal de salida, para evitar que los tanques se llenen o se vacíen en medio del proceso. Esto se regula según qué envasadoras que se conectan al final de la línea; los dos canales pueden ajustarse a 3 caudales de trabajo, que deben mantenerse constantes a lo largo de toda la corrida de producción. Estos caudales son:

Canal 1

Caudal (lts/h)	Envasadoras conectadas		
	A	D	E
12.000	X		
15.000	X	X	
18.000	X	X	X

Canal 2

Caudal (lts/h)	Envasadoras conectadas		
	B	C	F
6.000	X		
9.000	X		X
15.000	X	X	X

Tabla 4. Caudales por canal

Como se mencionó con anterioridad, el armado de los pallets es manual al pie de cada línea de envasado. Una vez que los pallets son completados, uno de los maquinistas a cargo de los autoelevadores retira el pallet y lo lleva hasta el sector donde son envueltos en film para evitar que las cajas se desplacen o se dañen en el transporte hasta cada cliente. Luego, todos los pallets son almacenados en el depósito interno temporario de la planta, hasta que venga el camión que lo lleve hacia el centro de distribución. El personal de Recepción y Despacho, área a cargo de estas tareas, tiene a su disposición tres autoelevadores, dos de los cuales están destinados a retirar producto terminado de las líneas de envasado mientras que el restante se encarga de la recepción de materias primas y el suministro de las mismas a Producción de acuerdo a las necesidades del plan semanal. La llegada de esta nueva envasadora también generó inconvenientes en este sector, ya que al completar pallets más rápido los autoelevadores deben ir con más frecuencia a esta línea, a la vez que los materiales son consumidos más rápidamente, por lo que se planteó la necesidad de adquirir un nuevo autoelevador y contratar personal adicional para que lo maneje.

En cuanto a las características de mercado, al tratarse de jugos frutales hay una marcada estacionalidad en la demanda que abarca desde Octubre hasta Marzo, por lo que la planta empieza a incrementar su volumen de producción a partir de Septiembre, alcanzando su pico en Noviembre y volviendo a reducirlo a partir de Febrero. Esto hace que la mayor parte de esos meses las 6 líneas estén funcionando simultáneamente y despachando producto, lo que ocasiona también un gran flujo de pallets de producto terminado alrededor del depósito interno, y de carga y descarga de camiones que traen materias primas y se llevan los pallets al centro de distribución. Es por eso que en este trabajo se analizará la posibilidad de que los robots paletizadores reciban producto de todas las líneas de envasado (no sólo de la de alta velocidad) para disminuir el tránsito de autoelevadores, ya que en vez de retirar de seis lugares diferentes lo harían sólo de uno o dos, dependiendo de cuántos robots se instalen y cómo se ubiquen. El hecho de recibir de todas las líneas de envasado variaría según la temporada alta, planteando dos opciones:

- ❖ Robots sólo para las 4 líneas que funcionan todo el año: en este punto se piensa en evitar la inversión adicional en 2 líneas que sólo funcionan durante 6 meses. La disminución de dotación será menor en este punto, ya que aún habrá que contratar paletizadores para esas 2 envasadoras durante la temporada.
- ❖ Robots en las 6 líneas: este punto considera que la inversión será para la configuración de la planta en temporada alta, y que el ahorro por la menor contratación de personal justificará el mayor gasto inicial.

Según la capacidad que tengan los robots habrá que analizar si es necesario instalar uno, dos o más, y cómo serán todas las instalaciones accesorias. Estos puntos se discutirán en el próximo capítulo.

En caso de que se decida abastecer a los robots desde todas las envasadoras, deberá revisarse el layout actual de la planta, a fin de confirmar que las cintas que transportarán las cajas hasta los mismos no interfieran con la operación. A continuación se presenta el layout actual para tener referencia de estos temas.

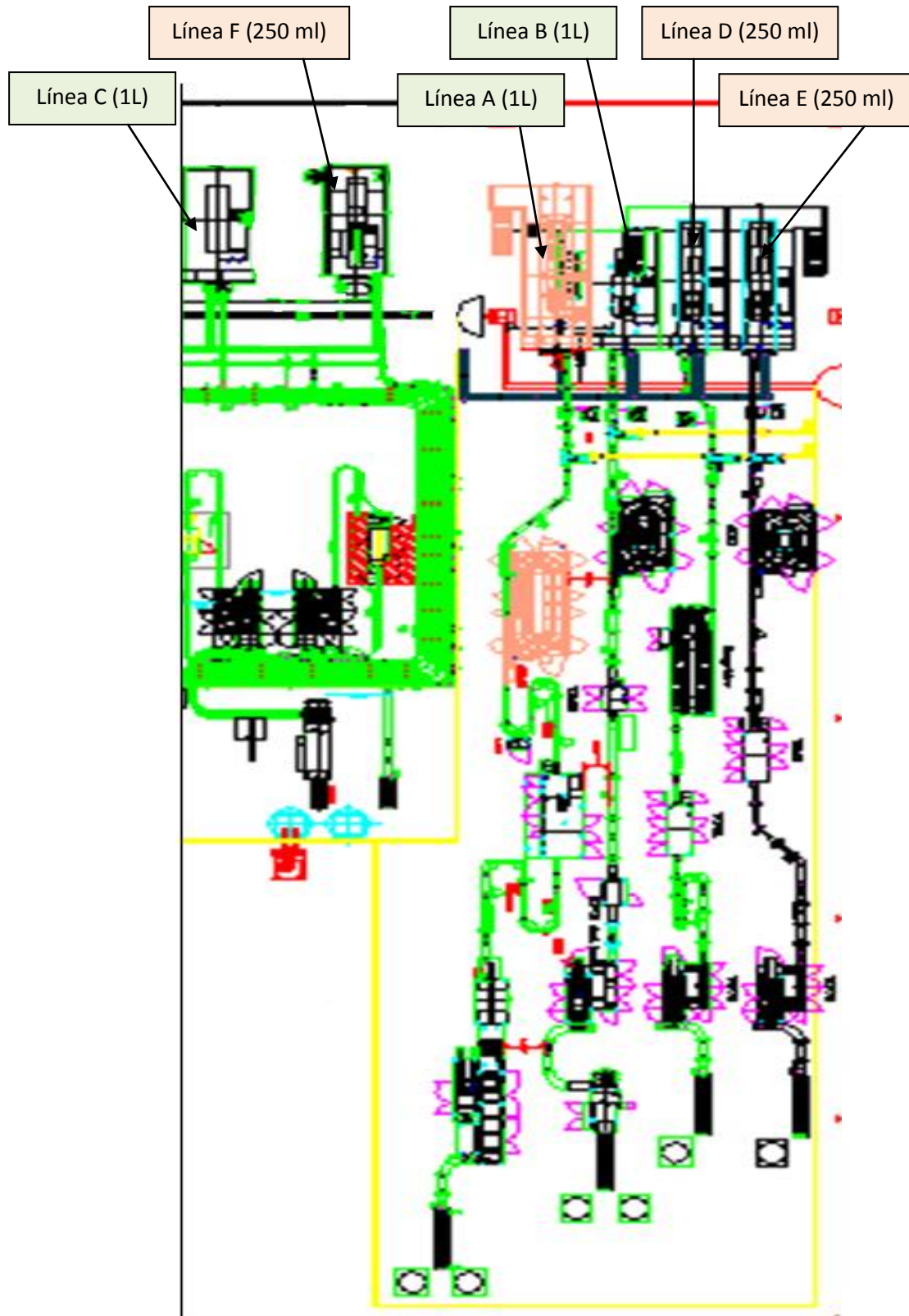


Figura 6. Layout actual de la planta

130 – DOTACIÓN

Normalmente la planta trabaja 6 días a la semana, durante 3 turnos continuados, arrancando los domingos a las 22hs y parando los sábados a las 22hs. Los turnos noche, mañana y tarde son fijos para los operarios dentro de convenio; por otro lado hay personal que cubre el turno central de 8hs a 16hs y que realiza en su mayoría tareas administrativas y analíticas. Cada turno tiene un líder de envasado y uno de proceso, además de un jefe de turno al que reportan todos los operarios. Estos líderes y jefes de turno cumplen turnos rotativos cada dos semanas.

Actualmente la planta cuenta con una dotación efectiva menor a la necesaria para prender las 4 líneas que se planifican durante la temporada baja y los dos canales de proceso, por lo que ya en ese momento es necesario contratar eventuales. Como se mencionó anteriormente, entre septiembre y febrero se deben prender las seis envasadoras; la dotación adicional necesaria para cubrir esas tareas también es contratada como personal temporario por estacionalidad. Todos estos contratos temporarios finalizan después de 6 meses. No sólo el área de Producción contrata personal eventual, sino que también lo hacen las áreas de Mantenimiento y Recepción y Despacho. Esto se debe a que son áreas cuya carga de trabajo está proporcionalmente ligada al volumen de producción.

Al ser el personal con menor entrenamiento y experiencia, los empleados contratados temporalmente son asignados a las tareas que menos capacitación necesitan, como ser paletizado en el área de Producción, chequeo rutinario en Mantenimiento y tareas de documentación en Recepción y Despacho. A medida que pasan los primeros meses y adquieren más experiencia, pueden encargarse de otras tareas más complejas hasta la finalización de su contrato.

En la tabla a continuación se muestra la cantidad de personas que trabajan en Producción y en las áreas de Mantenimiento y Recepción y Despacho, tanto efectivos como los que fueron contratados durante el último año para tener como referencia. Esta dotación corresponde a la que se utilizó durante la temporada baja:

	Personal efectivo	Personal temporario*
Producción	45	18
Mantenimiento	15	3
Recepción y Despacho	9	0

* Contratados durante el último año en temporada baja

Tabla 5. Dotación actual de planta - Temporada baja

Una vez que comienza la temporada alta, se incrementa la cantidad de contratados en todas las áreas, pasando a ser:

	Personal efectivo	Personal temporario*
Producción	45	42
Mantenimiento	15	6
Recepción y Despacho	9	3

* Contratados durante el último año en temporada alta

Tabla 6. Dotación actual de planta - Temporada alta

Como era de esperar, a lo largo de todo el año se ve que la mayor cantidad de operarios (tanto efectivos como temporarios) se encuentran en el área de Producción. Es por eso que a la hora de buscar una reducción en el costo de producción se pensó en disminuir la cantidad de contratados, ya que como se verá más adelante, la mano de obra directa es el costo que más se incrementó en los últimos años.

A continuación se presenta una tabla para cada área mencionada, con el detalle de personal necesario para cada tarea tanto durante la temporada alta como durante la temporada baja. En la tabla correspondiente a Producción se ve que los paletizadores representan un gran porcentaje de la dotación total (27 en temporada baja y 39 en temporada alta, contra un total de 63 y 87 respectivamente), por lo que si se logra reducir ese número al instalar los robots se podría conseguir una considerable reducción en el costo de producción y la consecuente mejora en el margen del producto.

Producción

Por turno	Temporada Baja		Temporada Alta	
	Maquinista + Auxiliar	Paletizadores	Maquinista + Auxiliar	Paletizadores
Línea A	2	3	2	3
Línea B	2	2	2	2
Línea C			2	2
Línea D	2	2	2	2
Línea E	2	2	2	2
Línea F			2	2

	Elaborador	Auxiliar	Elaborador	Auxiliar
Canal 1	1	1	1	1
Canal 2	1	1	1	1

Mantenimiento

Por turno	Temporada Baja	Temporada Alta
Envasado	2	3
Proceso	2	2
Generales	2	2

Recepción y Despacho

Por turno	Temporada Baja	Temporada Alta
Autoelevadores	2	2
Ingresos y Despachos	1	2

Tabla 7. Personal necesario por área

Los operarios son en su mayoría jóvenes con poca antigüedad dentro de la empresa y con mucha proactividad para las tareas. La planta está muy avanzada en conceptos de TPM y Mantenimiento Autónomo, y hay un importante enfoque en capacitación y desarrollo; también se los incentiva a participar activamente en tareas interdepartamentales y se les ofrecen variadas oportunidades de desarrollo personal y profesional. Todo esto contribuye a que la gente esté en general motivada y con buena predisposición al trabajo, y a que haya una buena relación con el sindicato.

Sabiendo que la llegada de máquinas que automaticen procesos muy probablemente tenga un impacto negativo en la gente y cause resistencia en un principio, es importante ofrecerles garantías de que no habrá despidos a causa de este proyecto, y que por más que algunos puestos de trabajo sean eliminados, no habrá reducción de la dotación permanente y se reubicará a ese personal en otras tareas necesarias dentro de la planta. De todas formas, es de esperar que el sindicato ofrezca resistencia y exija garantías acerca de estos temas.

Se sabe por experiencias pasadas que el sindicato está abierto al diálogo y a la negociación con la empresa. En ocasiones en que ha sido necesario trabajar domingos para recuperar volumen, accedieron de buena manera y sin exagerar en el pedido de compensaciones adicionales, aún sabiendo que la empresa necesitaba sin ninguna duda ese volumen por falta de capacidad. Esa y otras negociaciones fueron posibles gracias al buen trato y la buena relación que existe entre los delegados y las autoridades de la compañía, así como la buena voluntad de todos los trabajadores en general.

Otro punto referente al nivel de dotación requerido que se debe tener en cuenta es el nivel de ausentismo que puede llegar a tener el área de Producción, que es la más

afectada por este ítem. Si bien en la dotación estándar se considera un determinado porcentaje, cuando el ausentismo real supera al planificado se empiezan a generar inconvenientes y parada de líneas por falta de personal o la necesidad de recurrir a horas extras para poder cumplir con los planes de producción, lo que genera un costo adicional al producto. A continuación se presentan dos gráficos; el primero con el nivel de ausentismo promedio de los últimos años y la dotación promedio correspondiente para dicha área, y el segundo con el porcentaje de ausentes que corresponde a dotación fija y a dotación temporaria.

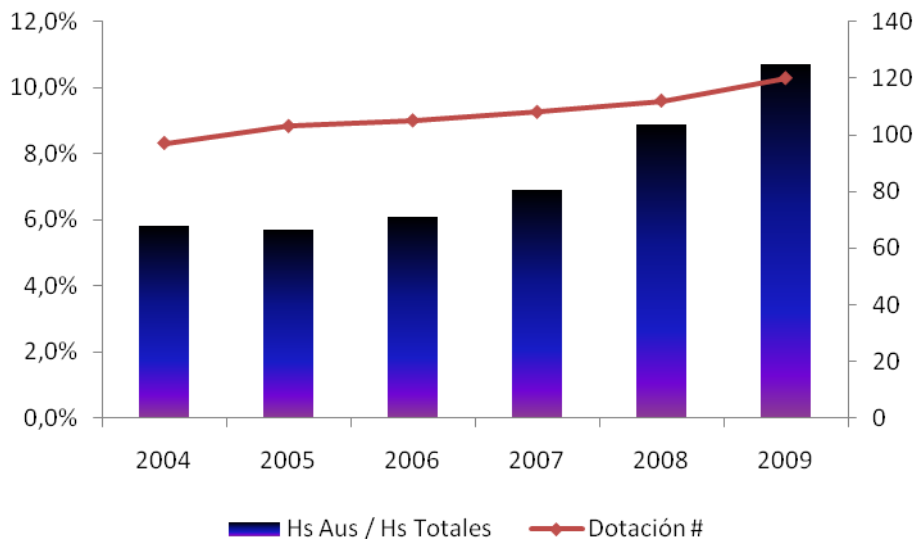


Figura 7. Ausentismo promedio por año

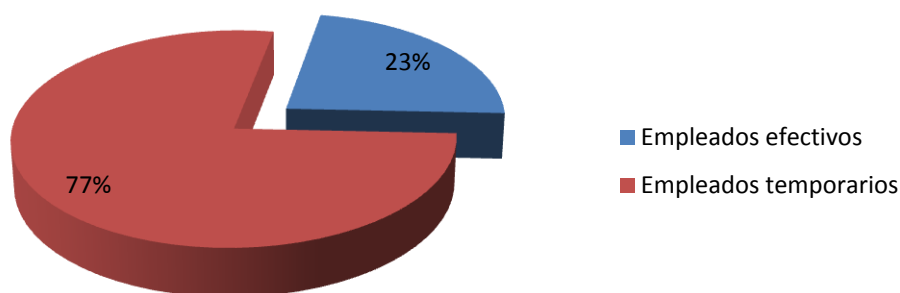


Figura 8. Porcentaje de ausentismo por efectivos y contratados

En el primer gráfico se ve cómo la tendencia era estable hasta hace algunos años y se incrementó considerablemente entre 2008 y 2009. La principal explicación para este

aumento se ve en el segundo gráfico, que muestra que la mayor parte de los ausentes son los empleados temporarios, ya que teniendo un contrato de duración determinada y sabiendo que la posibilidad de ser efectivizados al finalizar el mismo es baja, tienen un menor nivel de compromiso, ya que no tienen el temor de perder el trabajo. A eso se suma que cuando se acerca el final de sus contratos empiezan a buscar trabajo en otros lugares, y muchas veces deben faltar para asistir a entrevistas en otras empresas.

140 – CALIDAD Y SEGURIDAD

Muchos son los ejemplos en los que un inconveniente de calidad no controlado a tiempo se expande y se vuelve incontrolable, o en los que incidentes de seguridad que podrían haberse evitado ocasionan lesiones en los empleados o daños materiales muy importantes. Cualquiera de esos hechos sin dudas acarrea grandes costos y pueden llevar incluso a la clausura de la fábrica hasta la regularización de las condiciones internas, por lo que es de esperar que tanto la calidad como la seguridad sean dos aspectos muy tenidos en cuenta, y en los que la empresa en su totalidad se enfoque sin dejar hechos librados al azar.

En cuanto a la calidad, se hace gran foco tanto en materias primas, como en los semielaborados y en productos terminados, y a lo largo de toda la cadena de suministros. La instalación de la nueva envasadora no tendrá efecto sobre las materias primas, ya que es de tecnología similar a las que siempre fueron utilizadas, por lo que no se analizará ese punto. En cambio, sí se genera una diferencia en cuanto al producto terminado; no tanto porque haya cambios en el envase final, sino porque la alta velocidad con que se despacha producto terminado hace que sea muy difícil para los operarios armar los pallets de manera óptima. Al tratarse de pallets muy pesados (864 kg los de 1L y 1.080 kg los de 250cm³) un mal paletizado hace que las cajas de los pisos inferiores sufran una carga para la que no están diseñadas, y cedan. Esto puede abollar los envases e incluso romperlos, por lo que se generarían grandes pérdidas por devoluciones de los clientes, además de la mala imagen que queda del producto y de la compañía en general.

Como se comentó anteriormente, poco tiempo después de poner en funcionamiento la nueva envasadora empezaron a llegar reclamos por cajas rotas. Teniendo en cuenta que un importante porcentaje del volumen producido es exportado a países limítrofes, era de esperar que el viaje en camión fuera un potenciador de los defectos de paletizado.

Por último, en cuanto a la seguridad, ya se mencionó que con la llegada de la nueva envasadora se incrementaron los casos de lesiones entre los paletizadores, ya que tuvieron que acelerar los movimientos para llegar a completar los pallets antes de que las cajas despachadas se acumulen y ocasionen paradas en la línea. Estas lesiones pueden ser valorizadas en cuanto a la licencia que debió darse a cada uno de esos operarios y los contratados adicionales u horas extras que hizo falta contratar, pero más

allá de eso lo más importante fue el hecho de incrementar estos sucesos, algo que bajo ningún punto puede ser aceptado.

Este asunto también influye fuertemente en el hecho de adquirir robots paletizadores que hagan este trabajo, evitando no sólo las lesiones ocasionadas en esta línea sino en todas las demás, ya que se estaría eliminando uno de los trabajos ergonómicamente más exigentes y perjudiciales.

150 – MANTENIMIENTO Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Se mencionó anteriormente que la tecnología utilizada en la fabricación y el envasado de estos jugos es de última generación, y que hay pocos proveedores de estas máquinas y sus repuestos. Además, el costo de los mismos es muy elevado, ya que los representantes locales tienen poco stock (por cuestiones obvias de capital inmovilizado) y la mayoría de las veces que es necesario adquirir algún repuesto en particular es necesario pedirlo a la casa matriz en el extranjero, lo que no sólo incrementa el costo, sino que además demora no menos de dos semanas, teniendo en cuenta el plazo promedio de trámites de aduana. Es por esto que es muy importante realizar un buen mantenimiento preventivo para disminuir la probabilidad de encontrarse con roturas imprevistas.

La planta está muy avanzada en TPM y Mantenimiento Autónomo, por lo que los mismos operadores de las envasadoras tienen la capacidad de identificar muchos de los indicadores de riesgo que se pueden presentar; además, los proveedores mismos de las maquinarias son los encargados de capacitarlos en todo lo concerniente al funcionamiento, mantenimiento y solución de problemas menores. En cuanto a los problemas de mayor complejidad, es la gente de Mantenimiento Planeado la encargada de identificarlos y solucionarlos; y en caso de que ellos mismos no estén en condiciones o no tengan el conocimiento suficiente, se acude al proveedor para que envíe los técnicos especializados. Como esto tiene un alto costo (debido a la poca oferta de especialistas que hay en esta tecnología) se trata de evitar llegar a este punto mediante distintos métodos, como por ejemplo la planificación de 1 día por mes exclusivo para mantenimiento preventivo.

Esa es una de las restricciones de planificación que tiene la planta; sin embargo, la más importante es que, al ser un producto altamente sensible, es necesario realizar lavados intermedios a lo largo de toda la semana. Las corridas de producción no pueden ser mayores a 50 horas consecutivas, luego de las cuales es necesario llevar a cabo una limpieza de 5 horas, que también debe realizarse al finalizar la producción semanal.

Debido al límite de horas consecutivas que se mencionó en el párrafo anterior, se observa que el proceso productivo tiene mucho tiempo ocioso obligatorio, por lo que se trata de no planificar producciones de menor duración para intentar disminuir al mínimo indispensable los lavados, tanto por el tiempo de parada que significa como por los

costos asociados, no sólo de los materiales propios de la limpieza sino también por la merma que se genera en el arranque y fin de producción de cada sabor.

En cuanto a los pallets de producto terminado, una pequeña cantidad queda almacenada en los depósitos de la planta, generalmente hasta cumplir con la cuarentena de 7 días. Una vez que pasó dicho tiempo, son todos llevados al centro de distribución, desde donde son despachados a los distintos clientes locales o a los países.

160 – COSTOS ASOCIADOS

A la hora de hacer la evaluación final de este proyecto, va a ser necesario confirmar si la instalación de los robots genera un ahorro o no. Para esto, es necesario tener una noción de los costos actuales junto con la proyección de los próximos años, a fin de tener la base contra la que comparar el proyecto.

A continuación, se presenta una tabla con la evolución de los costos durante los últimos años:

\$ ARG	2007	2008	2009	2010
Remunerativos	12.964.820	14.650.247	16.259.896	18.175.665
Mano de Obra Directa	7.935.224	8.966.803	8.698.233	9.548.621
Resto Remunerativos	5.029.596	5.683.444	7.561.663	8.627.044
Mantenimiento & Reparaciones	3.520.876	3.978.590	4.208.736	5.243.294
Depreciaciones	1.780.901	2.012.418	3.026.751	3.891.933
Calidad	1.610.062	1.819.370	2.268.470	2.705.330
Gastos Médicos	610.069	689.378	838.009	999.391

Tabla 8. Costos asociados

A modo de comparación, se muestra la variación que tuvo el ítem “Remunerativos” en relación a cada uno de los años anteriores. Este es el ítem que se verá más impactado por el proyecto:

	2008	2009	2010
2007	13,0%	25,4%	40,2%
2008		11,0%	24,1%
2009			11,8%

Tabla 9. Incremento anual del ítem Remunerativos

Para tener una idea de cómo impacta este aumento al costo del producto, se muestra cómo se incrementó el porcentaje de participación del costo de producción dentro del costo total:

	2007	2008	2009	2010
Costo Producción / Costo Producto	10,4%	11,7%	12,9%	14,5%

Tabla 10. Participación del costo de producción en costo total

Si bien el costo de producción está compuesto por varios ítems, el principal es el de Remunerativos que se mostró en la Tabla 6, por lo que se puede asumir que el incremento en este costo está directamente relacionado con el aumento en dicho ítem.

Como se observa, el incremento de los costos en este rubro fue de más de un 40% en sólo 3 años. Este incremento va directo al costo del producto, por lo que para mantener el mismo margen de ganancia que había en 2007 hubo que incrementar el precio de venta en ese mismo porcentaje (sin tener en cuenta otras variaciones positivas o negativas en los costos). Desde hace ya algunos años, los aumentos de precio están seriamente controlados por el gobierno, quien decide cuánto y cuándo se puede aumentar.

Teniendo la inflación oficial que se presenta en la tabla a continuación, es imposible que la compañía mantenga el margen de hace algunos años simplemente trasladando el incremento de costos al producto en su totalidad.

	Inflación	
	Oficial	Real*
2008	7,2%	23,5%
2009	7,7%	15,0%
2010	10,9%	24,9%

* Según estimaciones privadas

Tabla 11. Inflación oficial y real últimos años

Esto justifica aún más la intención de desarrollar proyectos como el planteado en este trabajo, donde se busque reducir el costo de operación por más que implique un fuerte desembolso de dinero en el corto plazo; se sabe que, de seguir con las políticas económicas actuales, la inversión se habrá recuperado en pocos años.

Dentro de cada uno de los ítems hay sucesivas aperturas y subdivisiones. Algunas de estas subdivisiones se verán afectadas por el proyecto y otras no. En el análisis que se realizará en los próximos capítulos se analizarán sólo aquellas que varíen por causa de los robots.

Los demás componentes del costo de producción se cree que no serán significativamente influenciados por este proyecto, por lo que su análisis no se llevará a cabo, asumiendo que serán similares a los proyectados el último año.

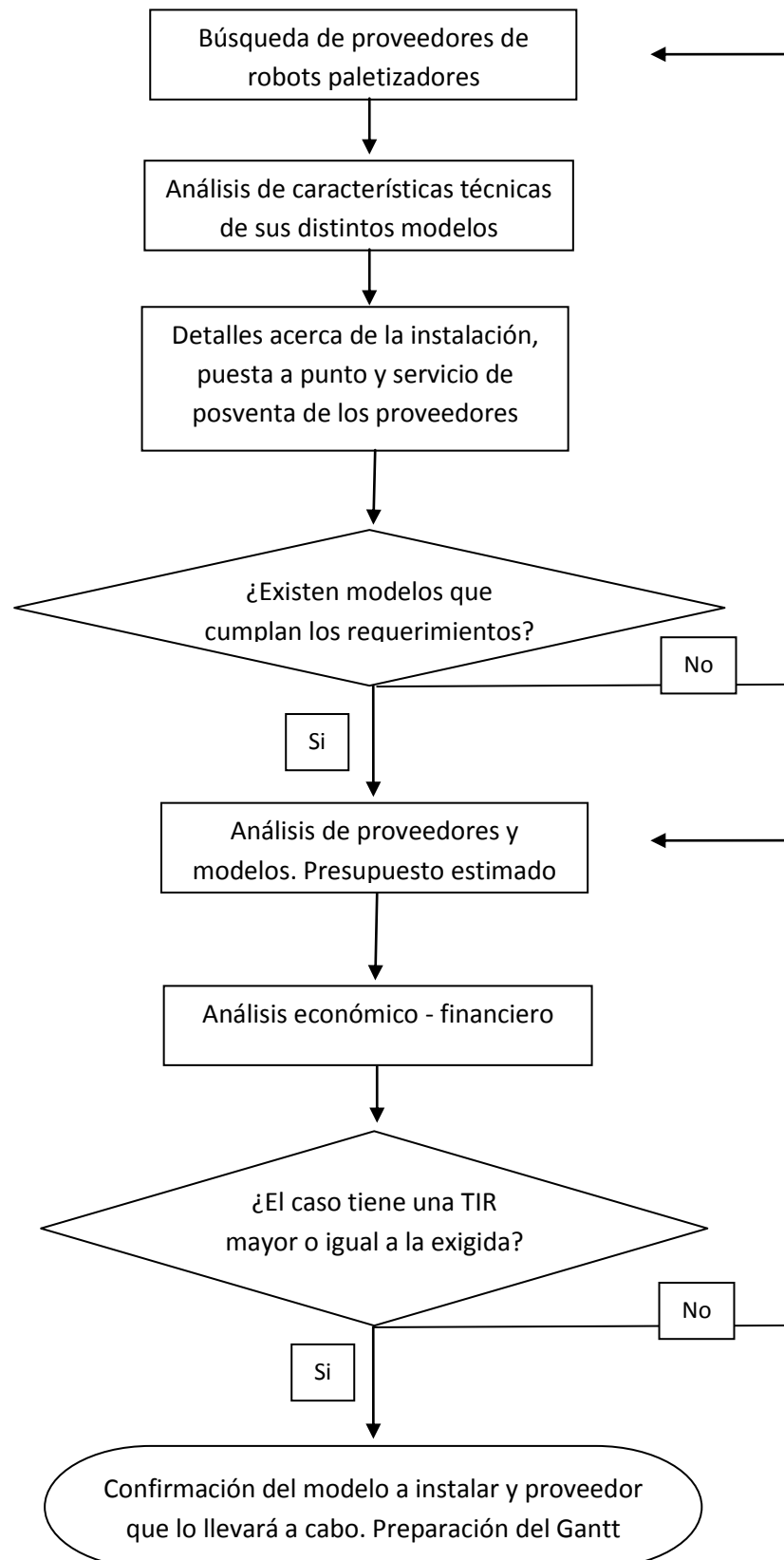
CAPITULO 2 – PROPUESTA PARA INVERSIÓN EN ROBOTS

210 – PROCESO DE SELECCIÓN

A la hora de elegir el robot a comprar e instalar, se deben tener en cuenta una gran cantidad de factores. Seguramente los más influyentes serán las características técnicas y el precio, pero también hay que considerar el servicio de posventa del proveedor, el entrenamiento que ofrezca para quienes vayan a estar a cargo de la operación y mantenimiento del robot o la flexibilidad para adaptarlo a futuros cambios o ampliaciones en la planta.

En cuanto a las características técnicas habrá que tener en cuenta que la tecnología que se busca instalar, si bien es de avanzada y no hay demasiados proveedores con la capacidad de desarrollarlos, entre esos pocos los estándares son muy similares y no sería extraño encontrar que tienen modelos muy parecidos, sin grandes diferencias de precio ni de funciones. Esto hará que tal vez la decisión se centre más en el servicio de posventa, tanto de la empresa como de su representante local en caso de que tenga uno, en el entrenamiento que proporcione, la flexibilidad que presenten y en el cronograma de instalación, puesta a punto y arranque que presente.

El proceso de toma de decisión puede resumirse en el siguiente diagrama, cuyos puntos salientes serán detallados a lo largo de este capítulo:



211 – BÚSQUEDA DE PROVEEDORES DE ROBOTS PALETIZADORES

Como se mencionó en la introducción a este capítulo, a la hora de buscar proveedores de este tipo de tecnología, no son muchas las opciones. Si bien en Europa y en Estados Unidos hay varias compañías que comercializan robots de todo tipo, son pocas las que tienen sucursales en Argentina, que será lo que se busque en una primera instancia, ya que esto permitirá tener un responsable cerca para poder consultarle cualquier duda que surja, tanto del funcionamiento de los robots como de la instalación en general y de los repuestos a traer a medida que pase el tiempo.

Para empezar a buscar alternativas se analizan los proveedores más reconocidos en la Argentina, tanto por haber instalado robots en otras fábricas como por el prestigio y reconocimiento que tienen en la comunidad. Se averigua qué marcas y modelos usan otras fábricas para tener una noción de cuáles son los proveedores más reconocidos y confiados en el mercado local. Los datos recolectados de algunas empresas se muestran en la tabla a continuación:

	Empresas que los utilizan
FANUC	Unilever, Ford, IVECO
ABB	Unilever, Fiat, Volkswagen, Ford
KUKA	Mercedes-Benz, Renault

Tabla 12. Robots usados por distintas empresas

Siendo estos los proveedores más reconocidos y prestigiosos que trabajan en el país, será necesario contactarlos para plantearles la propuesta de ser parte de un bidding con el fin de instalar uno o dos robots paletizadores, más todos los accesorios que trae aparejada esta instalación (sistemas de elevación y transporte de cajas, aplicador de film streech, etc.), en una fábrica de producción de jugos frutales.

Como se comentaba, se piensa en proveedores que tengan un representante local, con el que habrá que hacer la negociación y acordar todos los trabajos. Serán ellos también quienes se encargarán de armar toda la instalación alrededor de los robots, incluyendo los sistemas de transporte de cajas, los transportadores de pallets desde y hacia el robot, el dispositivo para agregarle el film streech al pallet terminado y todo lo que sea necesario para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

En el caso de ABB, es la misma empresa quien comercializa los robots en Argentina. Para los otros dos fabricantes, los representantes locales son:

- FANUC: E+K Roboter
- KUKA: Costantini S.A.

A fin de tener una primera aproximación a lo que será el proyecto, se realizan dos visitas a plantas de características similares a la que se presenta en este trabajo. Esto permitirá entender las características básicas de los equipos, así como su funcionamiento y la conexión que se realiza entre los finales de línea y los robots.

También servirá para tener una noción de cómo deberá ajustarse el layout, y los posibles inconvenientes que podrían surgir.

Planta Aderezos Unilever – Pilar, Argentina

A principios del año 2009 se realizó una instalación similar a la propuesta aquí, conectando 5 envasadoras a 2 robots FANUC, una de las marcas que se analiza. A continuación se presentan algunas fotos y comentarios.



Figura 9. Instalación robots Planta Aderezos Unilever

En las imágenes de arriba se observa la salida de las líneas, realizadas en altura para permitir el paso por debajo de las mismas.

En este caso se puede ver que tres de las líneas cuentan con un elevador de cajas tipo ascensor, mientras que otras dos cuentan con uno tipo rampa. Este punto se ampliará más adelante en este capítulo. También se observan las rampas por las que las cajas bajan del sistema de transporte hasta la altura del brazo de los robots, desde donde toman las cajas para colocarlas en los pallets.

Las fotos a continuación muestran la operación y las conexiones en más detalle.



Figura 10. Instalación robots Planta Aderezos Unilever

Hablando con la gente que estuvo a cargo de este proyecto, comentan que si bien no hubo grandes inconvenientes en cuanto a la instalación de los robots en sí, los problemas llegaron a la hora del ramp-up y comisionamiento de los equipos. El punto que les causó mayores paradas y pérdidas fue la lógica del sistema, ya que costaba configurar al robot para que hiciera todas las tareas coordinadamente y a tiempo. Este dato se tendrá en cuenta a la hora de presentar el Gantt definitivo del proyecto.

Planta Polvos Unilever – Santiago, Chile

Aprovechando un viaje a Chile, se visita la planta Carrascal de Unilever, donde se produce jabón en polvo. Esta planta, una de las más importantes de la compañía en Chile, implementó los robots a fines de los '90.

En esta planta los robots son de la firma ABB, instalados por el representante local en Santiago. Son muy similares a los que se mencionarán más adelante en este capítulo como opciones actuales de la empresa, confirmando que esta tecnología no ha sufrido grandes modificaciones en el transcurso de los últimos años. También se observa la similitud, tanto en el diseño como en toda la instalación a su alrededor, con los robots

FANUC de Pilar. La principal diferencia en el robot es que los de Chile no elevan las cajas mediante un sistema de ventosas, sino que toman las cajas en una especie de jaula adherida al final del brazo robotizado, y luego las depositan sobre el pallet. En cuanto a la instalación, la diferencia se encuentra en que el traslado de cajas se realiza a nivel de piso y no en altura, por lo que el paso queda bloqueado entre el final de línea y los robots, obligando a las personas y materiales a pasar por detrás.

Puede asumirse que, en términos generales, estos dos puntos están mejor resueltos en el caso de los robots de Argentina. Siendo éstos más modernos, es válido pensar que estas diferencias son parte de un proceso de mejora llevado adelante por los desarrolladores mismos en los años que transcurrieron entre la instalación de unos y otros, seguramente después de observar el funcionamiento y los inconvenientes que se iban presentando en las fábricas.

Se muestran algunas de las fotos de esta planta, sin el nivel de detalle y cercanía logrado en Pilar, ya que el acceso al área de robots estaba restringido a las visitas.





Figura 11. Instalación robots Planta Polvos Unilever

El hecho de que los robots estén funcionando hace más de 10 años hace que los inconvenientes que se encuentran en esta planta sean totalmente diferentes a los vistos en el caso anterior, ya que el funcionamiento está mucho más aceitado y todos los problemas de instalación y arranque fueron hace varios años, y no son recordados particularmente por los trabajadores. Lo que sí comentaron fue que en los últimos años se desarrollaron muchas mejoras en el funcionamiento general de las líneas y robots como un conjunto, logrando disminuir los minutos de parada que se generaban en cada turno debido a algún tipo de inconveniente en los robots o en los sistemas de transporte de cajas y pallets. Estos casos de mejora fueron presentados en su totalidad por los operadores mismos, en un claro ejemplo de la autonomía que logra la planta al avanzar la implementación de la filosofía de TPM.

A continuación se presenta información sobre cada uno de los proveedores, incluyendo datos sobre la empresa a nivel mundial y local.

211.100 – KUKA

KUKA Robotics es una empresa de origen alemán, establecida en 1996 a partir de la división de KUKA Schweissanlagen + Roboter GmbH, fundada en 1898. Tienen más de 20 subsidiarias en todo el mundo y es una de las compañías líderes en robots industriales, con más de 80.000 unidades instaladas. En Latinoamérica tienen sucursales en Brasil, Chile y Argentina; aquí son comercializados por Costantini SA, quienes también proporcionan capacitación en el uso de los mismos y soporte técnico.

KUKA



Figura 12. Robots KUKA

211.200 – ABB

El grupo ABB es una corporación multinacional Suizo-Sueca, con base en Zurich, fundada en 1988 producto de la fusión entre ASEA, empresa sueca que data de 1883 y Brown, Boveri & Cie, empresa suiza creada también a fines del siglo XIX. Sus operaciones están focalizadas principalmente en tecnologías de automatización y sistemas de transmisión y distribución de electricidad. Es una de las mayores compañías de ingeniería del mundo, con operaciones en más de 100 países y más de 117.000 empleados. En la actualidad en Argentina trabajan más de 900 empleados, distribuidos entre las oficinas centrales, de ventas y dos plantas productivas en Valentín Alsina y Tucumán.



Figura 13. Robot ABB

211.300 – FANUC

FANUC es uno de los mayores fabricantes de robots industriales en el mundo. Es una empresa de origen japonés, que se dedica exclusivamente a la fabricación de productos electromecánicos desde que en 1972 se independizó de Fujitsu, empresa del mismo origen que comercializa hardware para computadoras y proporciona servicios de IT. FANUC es reconocido como un productor de equipos de alta calidad y precisión, lo que le ha permitido trabajar con importantes empresas japonesas y norteamericanas. En la actualidad cuenta con joint ventures, subsidiarias y oficinas de ventas en más de 22 países alrededor de los 5 continentes. La división FANUC Robotics America es el proveedor líder de automatización robótica tanto en Norteamérica como en Sudamérica, con más de 210.000 robots instalados, y brinda servicios en más de 30 ciudades en Estados Unidos, Canadá, México, Brasil y Argentina, donde cuentan con oficinas centrales para atención a clientes y servicio técnico.



Figura 14. Robots FANUC

Se considera que con estas tres opciones que se tendrán en cuenta para seguir adelante con el proyecto se tendrá una amplia gama de posibilidades para tomar la decisión final y habrá una gran versatilidad tanto en cuanto a características técnicas como a precios, nivel de servicio al cliente y demás aspectos importantes para la contratación.

En caso de que ninguna de las opciones satisfaga los requerimientos, se iniciará nuevamente la búsqueda, y tal vez sea necesario ampliarla a proveedores extranjeros que no tengan representantes locales, aunque habría que analizar muy detalladamente la conveniencia de llevar el proyecto por este camino, debido a las razones mencionadas anteriormente.

212 – ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS DISTINTOS MODELOS

Habiendo presentado las distintas opciones de proveedores para la instalación, se hará un análisis técnico de los robots y sus características principales, para determinar qué modelos podrían cumplir de la mejor manera la función deseada. Para esto es necesario tener en claro cuáles van a ser las necesidades básicas que deberán cumplir.

Como primer paso, se vuelve a mostrar la Tabla 2 presentada en el capítulo anterior:

	Formato	Velocidad nominal		
Línea A	1 L	12000 l/h	12000 env/h	16,7 cj/min
Línea B	1 L	6000 l/h	6000 env/h	8,3 cj/min
Línea C	1 L	6000 l/h	6000 env/h	8,3 cj/min
Línea D	250 cm ³	3000 l/h	12000 env/h	8,3 cj/min
Línea E	250 cm ³	3000 l/h	12000 env/h	8,3 cj/min
Línea F	250 cm ³	3000 l/h	12000 env/h	8,3 cj/min

Tabla 13. Output nominal por envasadora

Siendo estas las velocidades nominales de cada envasadora, se asume que este es el máximo output que podrían llegar a tener, por lo que si se dimensionan los robots para paletizar estas cantidades se tendría cubierto el escenario en que las líneas alcancen una eficiencia ideal del 100%.

Las dos alternativas de instalación de robots que se están planteando son:

- Instalar un robot paletizador únicamente en la línea de alta velocidad
- Instalar dos o más robots, que tengan la capacidad de recibir cajas de 4 o 6 líneas

En caso de optar por la primera opción y dejar que sólo la línea nueva cuente con paletizado automático, el dimensionamiento es sencillo ya que habría que considerar un robot con capacidad de paletizar unas 17 cajas por minuto.

Para el caso intermedio, en que se derivaría producto sólo de las 4 líneas que funcionan durante todo el año, entre los robots deberán tener la capacidad de recibir unas 42 cajas por minuto.

Por último, para el caso de que todas líneas deriven sus cajas a los robots, habrá que considerar el máximo output de la planta (es decir, el de la temporada alta cuando están prendidas en simultáneo las 6 líneas). Esto implicaría que entre los dos robots que se instalen deberían tener la capacidad de paletizar un máximo de 59 cajas por minuto. Habrá que analizar según qué línea se conecte a cada robot cómo habrá que configurarlos para que ninguno quede sobrecargado sino que entre ambos paleticen una cantidad similar de cajas. La programación de los robots para conseguir esto quedará a cargo del proveedor y no será analizada en este trabajo, sin embargo sí se tendrá en cuenta que el robot que finalmente sea elegido tendrá que poder paletizar por lo menos

21 cajas por minuto para los primeros dos casos y no menos de 30 cajas por minuto para el último.

Otro dato que será necesario tomar en cuenta en esta primera etapa es el peso de las cajas. Como se comentó en el capítulo previo, las cajas de 1L contienen 12 envases cada una y las cajas de 250 cm³ contienen 24 envases cada una. Considerando que la densidad del jugo es aproximadamente igual a 1 g/cm³, cada caja de 1L pesa 12kg y cada caja de 250 cm³ pesa 6 kg. Esto deberá ser tenido en cuenta cuando se programe el movimiento del brazo robotizado, para definir qué cantidad de movimientos deberá realizar para completar cada piso del pallet, según la carga que pueda tolerar. Como se vio en el capítulo 1, el pallet de 1L consta de 6 pisos de 12 cajas cada uno y el de 250 cm³ consta de 12 pisos de 15 cajas cada uno.

En cuanto al lugar que ocuparían, los robots paletizadores en general tienen un tamaño y radio de movimiento similar entre los distintos modelos de cada proveedor, por lo que el espacio a ocupar en el layout no sería un inconveniente a grandes rasgos, y sólo se analizará detalladamente una vez que se hayan tenido en cuenta y aceptado las características más relevantes.

Las principales características que deben tenerse en cuenta para empezar a delinear qué robot es el más adecuado para las necesidades presentadas, son las siguientes:

- ✓ Número de ejes: define los movimientos que tiene permitido el robot, sus grados de libertad. En los robots que estamos analizando, usualmente varía entre 4 o 6 ejes.

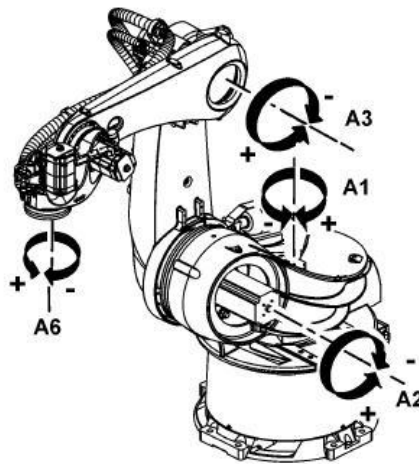


Figura 15. Robot 4 ejes

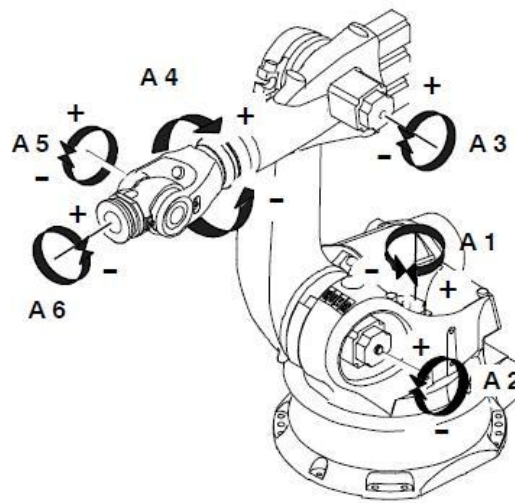


Figura 16. Robot 6 ejes

- ✓ Repetibilidad: es la variación +/- que puede tener el brazo robotizado en el punto de colocación de cada caja. Para estos modelos es siempre menor a 0,1mm.



Figura 17. Repetibilidad

- ✓ Alcance: mide la distancia máxima que puede alcanzar el brazo robotizado entre la posición en que toma la caja del final de línea y la posición en que la deposita sobre el pallet. Habitualmente se encuentran en un rango de entre 2,5 y 3,5 metros.

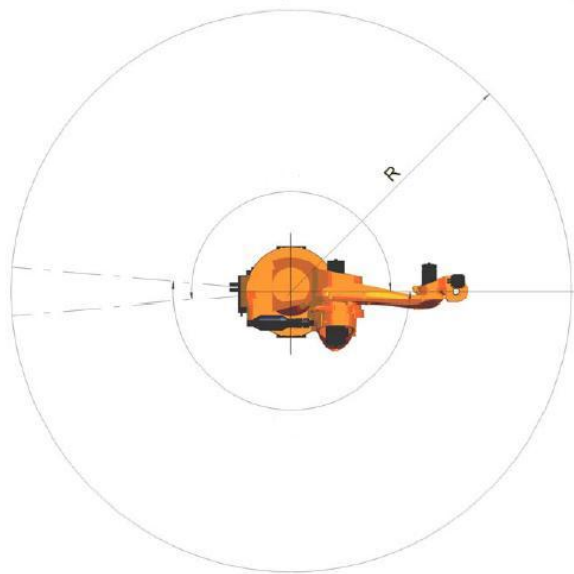


Figura 18. Alcance

- ✓ Carga nominal: es la carga a la que trabaja en condiciones normales el robot. El limitante para la carga está siempre ubicado en la muñeca del brazo robotizado. Dependiendo del uso que se le quiera dar, se pueden conseguir cargas nominales desde unos pocos kilos hasta cientos.



Figura 19. Carga nominal

- ✓ Carga máxima: es la carga máxima tolerada por el robot. Para esta clase de robots, se encuentra alrededor de 50 kg por encima de la carga nominal.

Tomando en cuenta las necesidades que se mencionaron en un principio y analizando las características propias de cada modelo, se presentan como ejemplo algunas opciones de cada proveedor y se hace un breve análisis luego del que se menciona cuál sería la

más conveniente y porqué. La realidad es que esta decisión debería tomarse en conjunto con el proveedor, luego de que conozca en detalle la operatoria de la planta y el proyecto en su totalidad. Siendo esta opción inviable para este trabajo, se simula dicha decisión.

En las tablas a continuación se muestran los modelos de cada proveedor que serán evaluados en esta etapa:

 FANUC

a) M-410iB/160

Ejes	4
Repetibilidad	0,05 mm
Alcance	3143 mm
Carga nominal	160 kg
Carga máxima	210 kg

b) M-900iA/260L

Ejes	6
Repetibilidad	0,03 mm
Alcance	3100 mm
Carga nominal	260 kg
Carga máxima	310 kg

 KUKA

a) KR 300 PA

Ejes	4
Repetibilidad	0,08 mm
Alcance	3150 mm
Carga nominal	300 kg
Carga máxima	350 kg

b) KR 180-2 PA

Ejes	4
Repetibilidad	0,05 mm
Alcance	3200 mm
Carga nominal	180 kg
Carga máxima	230 kg



a) IRB 660/180

Ejes	4
Repetibilidad	0,05 mm
Alcance	3150 mm
Carga nominal	180 kg
Carga máxima	230 kg

b) IRB 6640/180

Ejes	6
Repetibilidad	0,07 mm
Alcance	2550 mm
Carga nominal	180 kg
Carga máxima	230 kg

213 - DETALLES ACERCA DE LA INSTALACIÓN, PUESTA A PUNTO Y SERVICIO DE POSVENTA DE LOS PROVEEDORES PRESENTADOS

Habiendo presentado los datos técnicos que habrá que tener en cuenta, se pasa a analizar el servicio que deberá brindar el proveedor seleccionado, tanto desde el punto de vista de la instalación complementaria a los robots (tal como las cintas y carros transportadores de cajas y pallets o el equipo aplicador de film stretch) como de los detalles de la puesta a punto de todo el sistema, plazos de trabajo, garantía de los equipos y de la instalación, y servicio de capacitación de personal y posventa que brindará.

En cuanto a la instalación complementaria, que será genérica para cualquier proveedor que sea finalmente seleccionado, uno de los puntos que se plantea es la necesidad de que la conexión entre el final de línea y el armado de los pallets sea en altura, a fin de permitir el paso de la gente y de los autoelevadores que lleven materiales para la producción. Esto se solucionaría incorporando algún sistema de elevación para las cajas una vez que salgan del último paso en la línea y un sistema de transporte hasta la isla de paletizado, donde el robot las tome y las traslade hasta su ubicación final en el pallet. Se presentan a continuación tres opciones para la elevación de las cajas:

- Elevadores tipo espiral: se trata de un sistema simple de elevación, sin mucha complejidad de operación ni grandes problemas de funcionamiento, ya que la elevación se realiza mediante un sistema de cadena plástica tipo tablillas que facilita el traslado. Debido a su baja inclinación (2,5°-15°) las cajas no se resbalan, pero en caso de que lo hicieran podría pedirse que las tablillas sean suministradas con insertos de fricción para mantenerlas firmes. Sería la solución

ideal, ya que ocupan poco lugar y pueden lograrse grandes alturas sin que la complejidad del sistema se incremente.



Figura 20. Elevador tipo espiral

- Sistema de transporte tipo rampa: en este caso se simplifica aun más el funcionamiento de los espirales, ya que utilizan cintas transportadoras rectas. Son una solución más económica, pero el principal inconveniente se da en el hecho de que ocupan bastante lugar que queda prácticamente inutilizado, y cuanto más altura se desee alcanzar más metros de rampa hay que instalar y por lo tanto más área de la fábrica queda obstruida.



Figura 21. Elevador tipo rampa

- Elevadores tipo ascensor: tienen la ventaja de ocupar muy poco espacio, incluso menos que los elevadores tipo espiral, y con la posibilidad de alcanzar también grandes alturas. Además de su costo, el principal impedimento es que el sistema de elevación es bastante más complejo que los demás y se corre el riesgo de tener un exceso de paradas para hacer ajustes y regulaciones.



Figura 22. Elevadores tipo ascensor

Por supuesto, la isla de paletizado no contará sólo con el o los robots, sino también con todos los accesorios necesarios para que el sistema funcione a la perfección. Entre estos accesorios se encuentra por ejemplo el pallet dispenser, que se trata de una estructura metálica conteniendo una pila de pallets vacíos (entre 10 y 15) desde donde saldrá el carro que colocará el pallet al pie del robot para que comience a estibar las cajas.

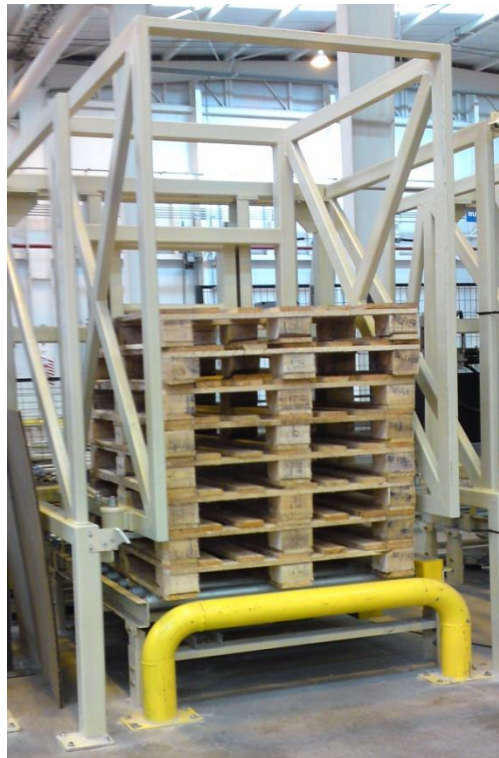


Figura 23. Pallet dispenser



Figura 24. Carro transportador

También se deberán incluir los aplicadores de las planchas separadoras de cartón que van entre los distintos pisos del pallet para afirmar la estructura del mismo y reducir la presión sobre las cajas, y un gripper en el extremo del brazo robotizado que funcionará con ventosas, y tomará las cajas y planchas mediante generación de vacío a partir de un sistema neumático. Una vez que los pallets estén completos, se desplazarán lentamente por una cama de rodillos hasta el equipo aplicador de film streech, para evitar que las cajas tambaleen y se desacomoden o incluso se caigan.



Figura 25. Isla de paletizado



Figura 26. Aplicador de planchas y cama de rodillos

El equipo streechador al que se hace referencia debe contar con la capacidad de streechar no menos de 48 pallets/hora para el caso de mayor output, considerando las 3 vueltas que el film debe dar según la especificación.



Figura 27. Streechador automático

Los plazos de trabajo esperados para llevar a cabo toda la instalación dependen en la mayoría de los casos de la concreción de otras tareas predecesoras. Por lo general todo lo que es preparación de la planta, como ser liberación del espacio por donde van a

pasar las nuevas instalaciones, o la preparación del suelo para el anclaje de los robots, queda a cargo del cliente. De esta manera se facilita la tarea del proveedor y se garantiza que permanezca en la planta la menor cantidad de tiempo posible. Por cuestiones de seguridad, debido al riesgo potencial que hay en el ingreso y traslado de equipos dentro de la fábrica, dichas tareas deberán realizarse en los momentos en que no haya producción. Es por esto que se trabajará en esos puntos principalmente durante los fines de semana, a fin de no perder volumen. Luego, durante la semana, podrán realizarse las tareas de ajuste fino, ya sea en alguna pieza de los equipos o en el software y configuración.

Tanto para el caso en que se instale un robot, como para el caso en que se instalen dos, los plazos de ingreso e instalación de materiales serían similares. El cronograma estimado de trabajo, que será ampliado y detallado más adelante, sería el siguiente:

- Semana 1: ingreso de robot(s), sistemas de elevación y transporte de cajas durante el fin de semana.
- Semanas 2 y 3: con las envasadoras paradas, conexión entre final de línea y sistemas de elevación. En el caso en que se instalen dos robots y se requiera agregar un sistema de elevación en cada línea. Esta tarea requeriría que cada envasadora pare 2 días para realizar las conexiones.
- Semana 4: instalación de sistemas de transporte de cajas entre elevadores e isla de paletizado.
- Semana 5: ingreso e instalación de equipo de streechado. Conexiones entre isla de paletizado y el mismo.
- Semanas 6 y 7: ajustes finales de toda la instalación y pruebas de funcionamiento.
- Semanas 8 a 12: commissioning.

Una vez finalizado el commissioning, si el funcionamiento fue el esperado y no hay más ajustes por realizar, queda finalizada la tarea del proveedor en planta y los equipos se encuentran listos para ser utilizados. El proveedor deberá brindar un servicio de posventa sin cargo por lo menos de tres meses, durante el cual estará a cargo del mantenimiento y reparación de todos los equipos que instaló. Durante ese período todas estas tareas deberán ser realizadas con la presencia del personal de mantenimiento de la fábrica, para que conozcan los posibles inconvenientes con que se van a encontrar y cómo resolverlos. De todas formas, una vez que pasen los primeros tres meses, se mantendrá el contacto con el proveedor para hacer consultas puntuales o eventualmente pedirle una visita a planta para resolver algo que escape a los conocimientos del personal presente.

En cuanto a la capacitación acerca del funcionamiento de los equipos, la misma se llevará a cabo en primer lugar en las instalaciones del proveedor, donde darán una explicación general del funcionamiento y mantenimiento de los equipos, y luego se hará el resto de la capacitación en planta, con los equipos propios, tanto en la etapa previa a la puesta en marcha como luego durante los primeros días de funcionamiento,

presentando las funciones y características de cada parte de la instalación. Esta capacitación estará dirigida al personal que designe la gerencia como encargada de hacer funcionar el sistema de paletizado automático, y a sus eventuales reemplazos.

214 – ANÁLISIS DE PROVEEDORES Y MODELOS. PRESUPUESTO ESTIMADO

Teniendo los posibles modelos de cada proveedor y del servicio que deberán prestar, se hace un breve análisis de cada uno de los mencionados como alternativas factibles y se decide cuál es el más adecuado de cada proveedor, para luego sí cruzarlos entre ellos y tomar la decisión final:

1. FANUC:

a) Breve análisis de funcionamiento

- i) M-410iB/160: este modelo tiene la característica de ser uno de los que trabaja a más alta velocidad dentro del segmento, alcanzando una velocidad de armado aproximada (dependiendo por ejemplo de la distancia exacta que tenga que recorrer) de 40 cajas por minuto, algo que será considerado muy valioso en el caso de que se quiera recibir producto de las 6 líneas de envasado.
- ii) M-900iA/260L: la serie M-900iA está orientada al transporte de grandes cargas, siendo este modelo su límite inferior. Cuenta con un índice de repetibilidad menor que el otro modelo, lo que significa que la probabilidad de que un pallet quede mal armado es mucho menor; esto lo logra trabajando con 6 ejes en vez de 4. También se trata de un modelo de alta velocidad, muy similar en esta característica con el anterior, ya que cuenta con capacidad para paletizar unas 41 cajas por minuto.

- b) Modelo más adecuado para las necesidades de producción: M-410iB/160, ya que es un modelo de alta velocidad y bien dimensionado para las necesidades. El segundo modelo no estaría bien aprovechado ya que no sería necesario tener semejante nivel de precisión ni capacidad de carga para este caso.

- c) Presupuesto: Incluyendo la instalación de los sistemas de transporte de cajas, elevadores, celdas de paletizado, equipo aplicador de film stretch y puesta a punto de los equipos, el costo estimado para uno o dos robots sería:

1 Robot: USD 745.000

2 Robots: USD 1.003.000

2. KUKA:

a) Breve análisis de funcionamiento

- i) KR 300 PA: este modelo tiene una capacidad de carga muy elevada, combinada con un gran alcance, algo que no es común en este tipo de robots. Esos dos parámetros también ocasionan que el índice de repetibilidad sea mayor a otros modelos, aunque no demasiado significativo considerando el tamaño de las cajas. Debido también a estos parámetros que se mencionan, la velocidad de armado es menor a la de otros modelos, siendo de 32 cajas por minuto. De todas formas, es una velocidad suficiente para el requerimiento máximo de la planta.
- ii) KR 180-2 PA: este es un modelo similar al anterior en cuanto a alcance, que al tener una menor capacidad de carga logra un mejor índice de repetibilidad. Puede realizar los movimientos con mayor rapidez que el otro modelo, alcanzando unas 34 cajas por minuto.
- b) Modelo más adecuado para las necesidades de producción: KR 180-2 PA, ya que tiene una velocidad mayor que el otro, logrando paletizar más cajas por minuto, siendo la única diferencia su capacidad de carga, que de todas formas es más que suficiente para la necesidad de la planta.
- c) Presupuesto: Incluyendo la instalación de los sistemas de transporte de cajas, elevadores, celdas de paletizado, equipo aplicador de film stretch y puesta a punto de los equipos, el costo estimado para uno o dos robots sería:
 - 1 Robot: USD 698.000
 - 2 Robots: USD 974.000

3. ABB:

- a) Breve análisis de funcionamiento
 - i) IRB 660/180: este robot de ABB es muy similar al preseleccionado anteriormente de KUKA, ya que tiene la misma capacidad de carga, índice de repetibilidad y número de ejes, mientras que el alcance es levemente menor. También cuenta con la misma velocidad de armado de pallets, de 34 por minuto.
 - ii) IRB 6640/180: este es un modelo más avanzado que el otro de este mismo fabricante, ya que cuenta con 6 ejes en vez de 4, lo que le permite tener mayor flexibilidad en sus movimientos. Lamentablemente, esto también trae acarreado un menor alcance, mayor precio y menor velocidad, alcanzando sólo 31 cajas por minuto.
- b) Modelo más adecuado para las necesidades de producción: IRB 660/180, ya que como se analizó, el otro modelo es más avanzado y no se justifica invertir en un equipo que excede los requisitos máximos de la planta.

- c) Presupuesto: Incluyendo la instalación de los sistemas de transporte de cajas, elevadores, celdas de paletizado, equipo aplicador de film stretch y puesta a punto de los equipos, el costo estimado para uno o dos robots sería:

1 Robot: USD 824.000

2 Robots: USD 1.194.000

220 – ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO

El pago de los robots y los accesorios a instalar se hará en su mayoría en dólares, aunque algunos de los trabajos previos y posteriores deberán hacerse en pesos. Para unificar, se hará todo el análisis en dólares, convirtiendo los costos en pesos con la siguiente cotización:

USD	\$ ARS
1	3,95

Como aún no se ha definido qué proveedor se contratará, se tomará un valor promedio de los 3 presentados anteriormente en este capítulo. El análisis se hará tanto para la propuesta de instalar un solo robot como para las de instalar dos.

221 – CASO FINANCIERO PARA LA INSTALACIÓN DE UN ROBOT EN UNA LÍNEA

En la tabla a continuación se presenta la apertura de gastos del proyecto.

APERTURA DE GASTOS	\$ ARS K	USD K
Celda de paletizado (incl. Robot)	2.245	568
Aplicador de film stretch	240	61
Elevador de cajas	156	39
Transportadores	64	16
Trabajos civiles	240	61
Instalación eléctrica	40	10
INVERSIÓN TOTAL	2.985	756

Tabla 14. Apertura de gastos - Instalación un robot

En cuanto a los “Trabajos civiles” e “Instalación eléctrica”, se trata de las tareas que deberán hacerse anteriores a la instalación de las celdas de paletizado y resto de los accesorios. Las mismas incluyen preparación del suelo, despeje de la zona por donde pasará toda la instalación y otro tipo de trabajos necesarios para garantizar el buen funcionamiento de los equipos.

Como se mencionó en el Capítulo 1, la instalación de un robot paletizador traería una disminución de 9 operarios contratados durante todo el año, sin la necesidad de reubicar

personal, con lo que la tabla de dotaciones para la temporada alta y temporada baja quedaría de la siguiente manera:

a) Temporada baja

	Personal efectivo	Personal temporario
Producción	45	9
Mantenimiento	15	3
Recepción y Despacho	9	0

Tabla 15. Dotación con 1 robot - Temporada baja

b) Temporada alta

	Personal efectivo	Personal temporario
Producción	45	33
Mantenimiento	15	6
Recepción y Despacho	9	3

Tabla 16. Dotación con 1 robot - Temporada alta

Como se ve, aún sería necesario contratar una importante cantidad de temporarios en los meses de mayor producción, mientras que los efectivos se mantendrían en la misma cantidad. De todas formas, el personal efectivo no llega a cubrir la cantidad de posiciones necesarias para operar la planta durante la temporada baja, por lo que también habrá que contratar operarios durante esos meses.

Se presenta entonces el costo proyectado para 2010 que implica cada operario contratado, incluyendo el sueldo, los cargos sociales, y los costos adicionales como ser el plan de salud, comedor, ropa, etc. Este costo es el que se evitaría en caso de instalar los robots y no necesitar más contratar esa cantidad de personal:

Costo Mensual Contratados (2010)	4.325
Adicionales (Plan salud, Comedor, Capacitación, Ropa, etc.)	585
Total por Mes	4.910
Costo Semestral	29.460
Costo Semestral (USD)	7.458

Tabla 17. Costo por operario

Llevando este costo a los 9 operarios que no sería necesario contratar en cada temporada, daría un total de 18 operarios menos a lo largo del año, por lo que se tiene que:

Operarios - salida de línea	18 operarios
Ahorro Semestral por disminución operario contratado	7.458 USD

Total saving MOD	134.247 USD
-------------------------	--------------------

Tabla 18. Ahorro anual para caso 1 robot

Para el año 2011 se asumirá que los robots estarán instalados y funcionando al principio del Q4 (Octubre) por lo que sólo se considerará un ahorro de 33.562 USD.

En cuanto a los costos adicionales por el mantenimiento anual programado y los repuestos estimados para ese período, se tomará un valor promedio del 3,5% de la inversión, que es el valor que se suele estimar para estos equipos nuevos. Este costo anual recién se imputará para 2012, en el momento en que el equipo cumpla un año de vida útil transcurrida.

	Mantenimiento Anual	
Mantenimiento anual = 3,5% sobre inversión	26.450	USD

Para armar los flujos de fondos se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- La amortización de los bienes se hará a lo largo de 10 años, según indica la ley argentina. De todas formas, por política de la empresa los equipos que se usan en la producción son amortizados en 11,8 años. Esto hará que al final del año 10 el bien se haya amortizado por completo, quedando un valor residual de aproximadamente un 15% del valor de la inversión. Esto queda claro a partir de la siguiente tabla, donde se muestra la depreciación del bien de acuerdo a la ley y de acuerdo a los estándares de la compañía, dejando al final del décimo año el mencionado valor residual. En esta tabla se muestra el caso de la inversión a la que se hace referencia en esta sección; para los otros escenarios se ajustará de acuerdo al monto de la misma.

	Origen	Amortización legal	Residual legal	Amortización empresa	Residual empresa
Año 0	755.700				
Año 1		75.570	680.130	64.042	691.658
Año 2		151.140	604.560	128.085	627.615
Año 3		226.710	528.990	192.127	563.573
Año 4		302.280	453.420	256.169	499.531
Año 5		377.850	377.850	320.212	435.488
Año 6		453.420	302.280	384.254	371.446
Año 7		528.990	226.710	448.297	307.403
Año 8		604.560	151.140	512.339	243.361
Año 9		680.130	75.570	576.381	179.319
Año 10		755.700	0	640.424	115.276

Tabla 19. Amortización equipos

- El método que se usará para evaluar los proyectos y definir su factibilidad será comparar la TIR contra la tasa exigida por la empresa a los proyectos. Como ejemplo, se tomará para dicha tasa un valor de 14%, que es la TREMA (Tasa de Rendimiento Mínimo Aceptable) que Unilever exige a sus proyectos y que se utiliza en la empresa para evaluar inversiones.
- Para los cálculos de TIR y VAN se tomará un período de 10 años, ya que es lo que se estima durarán los equipos antes de que haga falta reinvertir, ya sea por

tratarse de tecnología obsoleta o por ampliación de capacidad que requiera otro tipo de equipos.

- El flujo de fondos se analizará en dólares, por las razones indicadas previamente.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
PERÍODOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPITAL FIJO											
TERRENOS											
EDIFICIOS											
PLANTA & MAQUINARIA	-756										115
VEHÍCULOS											
OTROS ACTIVOS FIJOS											
SUB-TOTAL	-756	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115
REPARACIONES EXCEPCIONALES											
OTRAS REPARACIONES											
OTROS GASTOS											
DIFERENCIAL EN GP	34	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
A&P											
IMPUESTOS	-12	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-52
SUB-TOTAL	22	97	97	97	97	97	97	97	97	97	56
FLUJO DE FONDOS NETO EN MONEDA CONSTANTE	-734	97	97	97	97	97	97	97	97	97	171

CALCULO DE IMPUESTOS	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
AHORRO	34	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
DEPRECIACIÓN FISCAL		-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76
CARGOS BALANCEADOS											115
BASE IMPONIBLE	34	32	32	32	32	32	32	32	32	32	148
IG	35	-12	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-52

La TIR, VAN y Período de Repago de este flujo de fondos se presenta en la siguiente tabla:

Rendimiento					
EN MONEDA CONSTANTE	TIR	3,570	%	VAN al 14%	-209
PERÍODO DE REPAGO en moneda constante			7 Años	8 Meses	

Tabla 20. Resultados para caso 1 robot

De esta tabla se observa que este caso tiene una TIR de 3,57%, muy inferior al 14% exigido por la empresa. Este bajo rendimiento también se ve en el extenso período de repago, y en el VAN negativo.

Por esta razón, esta opción queda claramente descartada y no será más tenida en cuenta.

222 – CASO FINANCIERO PARA LA INSTALACIÓN DE DOS ROBOTS EN 4 LÍNEAS

A partir de este punto la inversión se incrementa considerablemente, ya que contempla la instalación de dos robots en vez de uno, junto con todos los elevadores de cajas y cintas transportadoras; esto implica también un mayor gasto en todo lo que es preparación de las instalaciones.

APERTURA DE GASTOS	\$ ARS K	USD K
Celdas de paletizado (incl. Robots)	3.141	795
Aplicador de film stretch	280	71
Elevadores	145	37
Transportadores	60	15
Trabajos civiles	268	68
Instalación eléctrica	85	22
INVERSIÓN TOTAL	3.979	1.007

Tabla 21. Apertura de gastos - Instalación 2 robots en 4 envasadoras

En este caso los paletizadores automáticos estarían instalados en las 4 líneas que trabajan a lo largo de todo el año, dejando las 2 que sólo se prenden en temporada para paletizado manual como es actualmente. Así, se estarían necesitando 27 contratados menos; siendo que el área de Producción sólo cuenta con 18 contratados durante la temporada baja, quedarían 9 lugares por librar. De esos 9 operarios, 3 tomarán el lugar de los contratados que tiene durante la temporada baja el área de Mantenimiento, aunque seguirán perteneciendo al área de Producción. Lo mismo ocurrirá con los otros 6 efectivos, que serán reubicados en otras áreas que brindan soporte a Producción. Este punto será detallado en el próximo capítulo.

Las tablas de dotación quedarían armadas de la siguiente manera:

a) Temporada baja

	Personal efectivo	Personal temporario
Producción	45	0
Mantenimiento	15	0
Recepción y Despacho	9	0

Tabla 22. Dotación caso 2 robots en 4 envasadoras - Temporada baja

b) Temporada alta

	Personal efectivo	Personal temporario
Producción	45	15
Mantenimiento	18	3
Recepción y Despacho	9	3

Tabla 23. Dotación caso 2 robots en 4 envasadoras - Temporada alta

Los costos anuales de cada operario son los mismos que los presentados en el punto anterior, y lo único que cambia es el monto total debido a que se estaría dejando de contratar una mayor cantidad. Como se mencionaba anteriormente, durante la temporada baja sólo se evitará contratar 21 eventuales (18 de Producción y 3 de Mantenimiento) y los otros 6 que se ahorrarían serán reasignados a otras áreas de soporte, por lo que seguirán contribuyendo al Production Cost. Durante la temporada alta sí se evitará el contrato de 27 paletizadores, por lo que la cantidad de eventuales menos que serán contratados a lo largo del año son 48. Los nuevos valores serían:

Operarios - salida de línea	48 operarios
Ahorro semestral por disminución de operario contratado	7.458 USD

Total saving MOD	357.993 USD
-------------------------	--------------------

Tabla 24. Ahorro anual caso 2 robots en 4 envasadoras

Dentro de este saving, utilizando el mismo criterio que en el punto anterior, el ahorro para 2011 será aplicable sólo al Q4, por lo que quedará de 89.498 USD.

Los costos de mantenimiento también cambian ya que estaban atados al nivel de inversión:

	Mantenimiento Anual	
Mantenimiento anual = 3,5% sobre inversión	35.254	USD

En este caso, el flujo de fondos será:

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
PERÍODOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPITAL FIJO TERRENOS EDIFICIOS PLANTA & MAQUINARIA VEHÍCULOS OTROS ACTIVOS FIJOS	-1007										154
SUB-TOTAL	-1007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154
REPARACIONES EXCEPCIONALES OTRAS REPARACIONES OTROS GASTOS DIFERENCIAL EN GP A&P	89	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
IMPUESTOS	-31	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-131
SUB-TOTAL	58	245	245	245	245	245	245	245	245	245	192
FLUJO DE FONDOS NETO EN MONEDA CONSTANTE	-949	245	245	245	245	245	245	245	245	245	345

CALCULO DE IMPUESTOS	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
AHORRO	89	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
DEPRECIACIÓN FISCAL		-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101
CARGOS BALANCEADOS											154
BASE IMPONIBLE	89	222	222	222	222	222	222	222	222	222	376
IG	35	-31	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-131

La TIR, VAN y Período de Repago de este flujo de fondos se presenta en la tabla a continuación:

Rendimiento					
EN MONEDA CONSTANTE	TIR	21,240	%	VAN al 14%	355
PERÍODO DE REPAGO en moneda constante		3	Años	11	Meses

Tabla 25. Resultados caso 2 robots en 4 envasadoras

En este caso, la TIR es superior al 14% exigido, por lo que este escenario quedará entre las opciones a considerar. El mejor rendimiento se nota también en la gran diferencia que hay en el período de repago de la inversión, además del VAN positivo.

223 – CASO FINANCIERO PARA LA INSTALACIÓN DE DOS ROBOTS EN 6 LÍNEAS

La apertura de gastos para este escenario es muy similar a la presentada en el punto anterior, ya que sólo se incrementa el costo de los elevadores de cajas, transportadores, etc. pero se mantiene igual el costo de las celdas de paletizado, que son las que realmente pesan en la inversión.

APERTURA DE GASTOS	\$ ARS K	USD K
Celdas de paletizado (incl. Robots)	3.141	795
Aplicador de film streech	280	71
Elevadores	218	55
Transportadores	89	23
Trabajos civiles	336	85
Instalación eléctrica	112	28
INVERSIÓN TOTAL	4.175	1.057

Tabla 26. Apertura de gastos – Instalación 2 robots en 6 envasadoras

En cuanto a la dotación, este es el escenario que mayores ahorros genera ya que dejarían de ser necesarios todos los paletizadores; esto llevaría el personal contratado al mínimo durante la temporada alta. Durante la temporada baja la dotación es la misma que en el punto anterior, ya que son las mismas 4 líneas funcionando y ya se mostró que no hay necesidad de contratar temporarios para este caso. En el caso de la temporada alta, la dotación sería:

a) Temporada alta

	Personal efectivo	Personal temporario
Producción	45	3
Mantenimiento	15	6
Recepción y Despacho	9	3

Tabla 27. Dotación caso 2 robots en 6 envasadoras - Temporada alta

Con respecto a la dotación total que se evita en este escenario, hay que sumar los 39 operarios menos de la temporada alta a los 21 que ya se demostró que no hacen falta durante la temporada baja. Esto da un total de 60 contratos semestrales menos a lo largo del año.

Operarios - salida de línea	60 operarios
Ahorro semestral por disminución de operario contratado	7.458 USD
Total saving MOD	447.491 USD

Tabla 28. Ahorro anual caso 2 robots en 6 envasadoras

El ahorro para 2011, correspondiente al 25% del ahorro anual proyectado, sería de 111.873 USD.

Al ser la inversión levemente mayor que en el punto anterior cambia también el gasto asociado a mantenimiento, que sería:

	Mantenimiento Anual	
Mantenimiento anual = 3,5% sobre inversión	36.995	USD

Este último flujo de fondos quedaría de la siguiente manera:

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
PERÍODOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPITAL FIJO											
TERRENOS											
EDIFICIOS											
PLANTA & MAQUINARIA	-1057										161
VEHÍCULOS											
OTROS ACTIVOS FIJOS											
SUB-TOTAL	-1057	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161
REPARACIONES EXCEPCIONALES											
OTRAS REPARACIONES											
OTROS GASTOS											
DIFERENCIAL EN GP	112	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410
A&P											
IMPUESTOS	-39	-107	-107	-107	-107	-107	-107	-107	-107	-107	-163
SUB-TOTAL	73	303	303	303	303	303	303	303	303	303	247
FLUJO DE FONDOS NETO											
EN MONEDA CONSTANTE	-984	303	303	303	303	303	303	303	303	303	409

CALCULO DE IMPUESTOS	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
AHORRO	89	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
DEPRECIACIÓN FISCAL		-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101
CARGOS BALANCEADOS											154
BASE IMPONIBLE	89	222	222	222	222	222	222	222	222	222	376
IG	35	-31	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-131

La TIR, VAN y Período de Repago se presentan a continuación:

Rendimiento					
EN MONEDA CONSTANTE	TIR	27,340	%	VAN al 14%	627
PERÍODO DE REPAGO en moneda constante		3	Años	3	Meses

Tabla 29. Resultados caso 2 robots en 6 envasadoras

En este último flujo de fondos, se obtiene el mejor valor de los 3 parámetros. En cuanto a estos indicadores, este sería el mejor proyecto. De todas formas, como se mencionó desde un principio en este trabajo, hay más factores a considerar que los fríos números, y será el conjunto de todos los factores lo que definirá cuál es el mejor caso.

230 – RESUMEN

Como resumen de las propuestas presentadas en este capítulo se muestra a continuación un cuadro con las principales características de cada una.

Propuesta	Envasadoras	Inversión (usd)	TIR	VAN al 14%	Repago (años)
1 robot	1	756.000	3,6%	-209	7,7
2 robots	4	1.007.000	21,2%	355	3,9
2 robots	6	1.057.000	27,3%	627	3,3

Tabla 30. Resultados de cada propuesta

Por lo presentado en este cuadro y desarrollado a lo largo de todo el capítulo, se decide descartar la primera propuesta por tener un rendimiento inferior al mínimo exigido por la empresa.

Las otras dos propuestas seguirán siendo analizadas, y una vez que se hayan evaluado todos los factores se decidirá cuál será la más conveniente.

CAPITULO 3 – PROBLEMÁTICAS, LAYOUT Y MANEJO DE PERSONAL

310 – POSIBLES INCONVENIENTES

Hasta aquí se han analizado las principales ventajas de llevar a cabo este proyecto, junto con todos los posibles ahorros y mejoras tanto en la producción como en los resultados del negocio. Sin embargo, no son pocos los casos en que un proyecto parece ser excelente en los papeles, pero cuando se lleva a la práctica resulta muy lejos de lo planificado, y los ahorros y ventajas no son las inicialmente planificadas, o hasta resulta en pérdidas para la compañía.

Buscando reducir al mínimo posible la probabilidad de fracaso de este proyecto es que se analizarán los ocasionales problemas que pueden surgir y se buscarán medidas preventivas para evitar que se presenten. También se presentarán acciones de mitigación que podrían llevarse a cabo en caso de que alguno de estos problemas se presente a pesar de las medidas preventivas que se hayan tomado.

Los inconvenientes se abrirán en tres sub-categorías:

- Problemas técnicos
- Riesgos económico-financieros
- El factor humano

Los problemas técnicos son quizás el punto más preocupante cuando se habla de proyectos de este tipo. Si bien también es el único de los tres puntos donde hay un soporte externo que debería encargarse de dejar los equipos trabajando como corresponde luego del commissioning, siempre cabe la posibilidad de que el funcionamiento no sea el que se esperaba en un principio y la eficiencia sea menor a la planificada, ocasionando mayores paradas y costos, tanto de operación como de mantenimiento y reparaciones.

En cuanto a los riesgos económico-financieros, la incertidumbre a mediano y largo plazo (y a veces incluso en el corto plazo) es algo con lo que se debe lidiar constantemente en un país sin reglas de juego claras y con constantes promesas incumplidas. Quizás el mayor riesgo en este momento sea la inflación, que por supuesto tendrá más impacto cuanto más tardío se haga el pago del proyecto. También habrá que tener en cuenta la posibilidad de alguna devaluación o revalorización del dólar, lo que también afectaría el pago del proyecto.

Por último, y quizás el punto en el que habrá que ser más cuidadosos, la reacción de los operarios y del gremio podría afectar la operación de toda la planta en reclamo por el reemplazo de mano de obra directa por maquinarias. Si bien este proyecto no contempla el despido de trabajadores activos, sí implicará una menor contratación de personal temporario en la época de mayor producción, por lo que el reclamo podría llegar de todas formas.

Aunque pueden existir otros puntos que generen dificultades en la implementación de este proyecto, se cree que entre estos tres deberían estar cubiertos los problemas más graves que podrían surgir tanto desde la etapa de instalación de los equipos como en el principio del funcionamiento o en una siguiente etapa, cuando ya esté todo funcionando. A continuación se presentarán detalles de los mismos, planteando también algún plan de control para evitar su aparición o mitigación si de todas formas se presentan.

311 – PROBLEMAS TÉCNICOS

Como se mencionaba en la introducción a este capítulo, este es quizás el tipo de problema que más fácil sería resolver en términos relativos, ya que se supone que los encargados de realizar toda la instalación y puesta a punto de los equipos son expertos en el tema, y tienen experiencia en otras instalaciones similares, además del apoyo de la casa matriz en caso de que no puedan resolver algo. Por otro lado, hasta que los robots y todos los accesorios no estén funcionando de la manera estipulada por contrato, el proveedor tiene la obligación de quedarse e invertir el tiempo y recursos que sean necesarios para poder finalmente confirmar el comisionamiento.

De todas formas, los robots y la instalación en general pueden tener problemas algún tiempo después de que el proveedor haya cumplido con su parte del trato y así el proyecto y los ahorros planificados no serían tales, además de tener la sensación de que se invirtió mucho tiempo y dinero en algo que no funcione como se esperaba.

Estas dos rutas de problemas técnicos serán analizadas por separado a continuación.

311.100 – PROBLEMAS ANTERIORES AL COMISIONAMIENTO

En este caso el costo del problema en sí no tendría que ser absorbido por la empresa, ya que por contrato el equipo y su funcionamiento todavía estarían en manos del proveedor, quien tendría que hacerse cargo de dichos inconvenientes.

De todas formas, algo así también impactaría en los flujos de fondos presentados en el Capítulo 2, ya que al tener que seguir paletizando a mano, los ahorros no llegarían en el momento esperado y el período de repago de la inversión se extendería.

A modo de ejemplo se mostrará un flujo de fondos para cada caso (sólo para los de 2 robots, ya que el de 1 robot quedó descartado), uno con una demora de 3 meses en la implementación y otro con una demora de 1 año. Se considerará que la demora en el

arranque de los robots impactará directa y proporcionalmente en el tiempo que habrá que seguir contratando personal temporario, y que no lo hará significativamente en ningún otro de los puntos que se tienen en cuenta para el proyecto. Como se mencionó, se asume que la demora se produce en el arranque y puesta a punto de los equipos, por lo que en los flujos de fondos se mantiene la fecha en que se realiza la inversión, y la pérdida del ahorro se puede ver en la línea “Diferencial en GP”, que varía respecto de la original a medida que la demora se extiende.

A continuación, el flujo de fondos para el caso de la instalación de 2 robots en 4 líneas, con una demora en la implementación de 3 meses:

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
PERÍODOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPITAL FIJO											
TERRENOS											
EDIFICIOS											
PLANTA & MAQUINARIA	-1007										154
VEHÍCULOS											
OTROS ACTIVOS FIJOS											
SUB-TOTAL	-1007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154
REPARACIONES EXCEPCIONALES											
OTRAS REPARACIONES											
OTROS GASTOS											
DIFERENCIAL EN GP	0	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
A&P											
IMPUESTOS	0	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-131
SUB-TOTAL	0	245	245	245	245	245	245	245	245	245	192
FLUJO DE FONDOS NETO											
EN MONEDA CONSTANTE	-1007	245	245	245	245	245	245	245	245	245	345

CALCULO DE IMPUESTOS	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
AHORRO	0	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
DEPRECIACIÓN FISCAL		-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101
CARGOS BALANCEADOS											154
BASE IMPONIBLE	0	222	222	222	222	222	222	222	222	222	376
IG	35	0	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-131

La TIR, VAN y Período de Repago en este caso son:

Rendimiento EN MONEDA CONSTANTE	TIR	19,350	%	VAN al 14%	296
PERÍODO DE REPAGO en moneda constante		4	Años	1	Meses

Tabla 31. Resultados caso 2 robots en 4 envasadoras - 3 meses de demora

A modo de recordatorio, se muestra el Rendimiento que otorgaba el caso original presentado en la Tabla 25, sin tener en cuenta la demora:

Rendimiento EN MONEDA CONSTANTE	TIR	21,240	%	VAN al 14%	355
PERÍODO DE REPAGO en moneda constante		3	Años	11	Meses

Como se puede ver, la TIR es aproximadamente un 9% menor en caso de tener una demora de 3 meses en el ahorro. También el período de repago es impactado por esta demora, siendo 2 meses mayor, sumado a los 3 meses que se demora el comienzo del ahorro.

Para tener una idea también de cómo impacta al otro escenario, se presenta el flujo de fondos para la instalación de los dos robots en las 6 líneas, considerando una demora en la implementación de 1 año:

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
PERÍODOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPITAL FIJO											
TERRENOS											
EDIFICIOS											
PLANTA & MAQUINARIA	-1057										161
VEHÍCULOS											
OTROS ACTIVOS FIJOS											
SUB-TOTAL	-1057	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161
REPARACIONES EXCEPCIONALES											
OTRAS REPARACIONES											
OTROS GASTOS											
DIFERENCIAL EN GP	0	75	410	410	410	410	410	410	410	410	410
A&P											
IMPUESTOS	0	11	-107	-107	-107	-107	-107	-107	-107	-107	-163
SUB-TOTAL	0	86	303	303	303	303	303	303	303	303	247
FLUJO DE FONDOS NETO											
EN MONEDA CONSTANTE	-1057	86	303	303	303	303	303	303	303	303	409

CALCULO DE IMPUESTOS	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
AHORRO	0	75	410	410	410	410	410	410	410	410	410
DEPRECIACIÓN FISCAL		-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106
CARGOS BALANCEADOS											161
BASE IMPONIBLE	0	-31	305	305	305	305	305	305	305	305	466
IG	35	0	11	-107	-107	-107	-107	-107	-107	-107	-163

Con este flujo de fondos, la tabla de rendimientos es:

Rendimiento EN MONEDA CONSTANTE	TIR	19,610 %	VAN al 14%	1.421
PERÍODO DE REPAGO en moneda constante		4 Años	2 Meses	

Tabla 32. Resultados caso 2 robots en 6 envasadoras - 12 meses de demora

Y la comparación contra el caso original, presentado en la Tabla 29, es:

Rendimiento EN MONEDA CONSTANTE	TIR	27,340 %	VAN al 14%	1.611
PERÍODO DE REPAGO en moneda constante		3 Años	3 Meses	

En este caso la diferencia es mucho más notoria, siendo la TIR casi un 30% más chica en el caso con demora que en el original, y el Período de Repago casi un año más largo.

De todas formas, en ambos casos la TIR del proyecto sigue siendo mayor al requerimiento de la empresa, por lo que la inversión seguiría siendo aceptable.

A continuación se presenta una tabla donde se muestra la variación de los parámetros básicos de rendimiento para distintas demoras. Se evita mostrar los flujos de fondos de cada escenario por ser muy similares a los presentados hasta aquí.

Para el escenario de 2 robots en 4 líneas, la tabla de variaciones quedaría así:

Fecha arranque	oct-11	ene-12	abr-12	oct-12
Demora (meses)	-	3	6	12
TIR (%)	21,24	19,35	17,92	15,22
Δ TIR	-	-9%	-16%	-28%
VAN al 14%	355	296	246	143
Δ VAN	-	-16%	-31%	-60%
Período de Repago (años)	3,9	4,1	4,3	4,8
Δ Período de Repago	-	4%	10%	23%

Tabla 33. Comparación resultados con demoras en caso 4 envasadoras

Mientras que para el escenario de 2 robots en 6 líneas, sería la siguiente:

Fecha arranque	oct-11	ene-12	abr-12	oct-12
Demora (meses)	-	3	6	12
TIR (%)	27,34	24,80	22,96	19,61
Δ TIR	-	-9%	-16%	-28%
VAN al 14%	627	554	491	364
Δ VAN	-	-12%	-22%	-42%
Período de Repago (años)	3,2	3,5	3,7	4,2
Δ Período de Repago	-	7%	15%	28%

Tabla 34. Comparación resultados con demoras en caso 6 envasadoras

Como se puede ver, el impacto de demorar el proyecto es notorio y, si bien los valores de TIR obtenidos siguen siendo mayores al límite establecido por la empresa, el retorno de la inversión es considerablemente menor a medida que pasa el tiempo.

Esto demuestra la necesidad de hacer todo lo posible por cumplir con las fechas preestablecidas, comprometiendo a cada área a cumplir con su parte del proyecto en tiempo y forma para lograr el mejor resultado del mismo. En caso de que haya que realizar algún tipo de gasto adicional para poder cumplir con dichas fechas, será fácil analizar si ese costo adicional se justifica o no, simplemente agregándolo en el flujo de fondos y comparando los nuevos parámetros contra los originales.

Más allá de que la demora en tener los equipos funcionando no es algo que se desee, los números confirman que este no sería el más grave de los problemas, ya que todos los escenarios donde el caso era aceptado lo siguen siendo, sólo que con una TIR menor y un incremento en el Período de Repago, que se potencian a medida que pasa el tiempo. En el próximo punto se analiza la posibilidad de que, una vez que el equipo haya sido comisionado y el proveedor no esté más a cargo del proyecto, surjan los inconvenientes.

311.200 – PROBLEMAS POSTERIORES AL COMISIONAMIENTO

En caso de que los inconvenientes surjan después que el commissioning haya sido aprobado y el contrato firmado, los costos de mantenimiento y reparaciones pasarían a correr por cuenta de la empresa. Es por esto que, según se aclaró en el capítulo anterior, uno de los temas que habrá que negociar con el proveedor en cuanto al servicio de posventa es que se haga cargo de todos los mantenimientos y reparaciones durante los primeros tres meses posteriores al commissioning, ya que se supone que es el tiempo que podría tardar el equipo en empezar a trabajar en régimen, y los operarios a entender bien su funcionamiento. En caso de que el proveedor acepte este requerimiento, se estaría logrando no sólo un ahorro por los tres meses menos de posibles gastos, sino también se estaría capacitando de la mejor manera (mediante la práctica, con asistencia de personal especializado) a los operarios que quedarán a cargo de la operación y

mantenimiento de toda la instalación, lo que seguramente desencadenará en un mejor uso de las funciones y una mayor vida útil de los equipos.

Pasando a las acciones concretas que habrá que realizar para prevenir el mal funcionamiento de la instalación, se pueden enumerar las siguientes:

- ✓ Dejar las mesas paletizadoras manuales una vez que los robots estén funcionando

Si el o los robots paran imprevistamente y la gente de mantenimiento no puede resolver la situación en pocos minutos, una o más líneas tendrían que parar al no poder paletizar las cajas. La opción de dejar las mesas paletizadoras donde se encuentran actualmente permitiría solucionar temporalmente este problema y darle algunas horas más al equipo de mantenimiento para que resuelva el problema.

Está claro que esta no es una acción que pueda llevarse a cabo durante varios días, ya que el personal que se utilice para paletizar manualmente tendría que dejar otras tareas durante el tiempo que dure el inconveniente. Pero sí permitirá conseguir algo de volumen en una situación que podría desencadenar en una parada total de varias envasadoras.



Figura 28. Mesa paletizadora

- ✓ Cumplir con los mantenimientos preventivos recomendados por el proveedor

Como todo equipo mecánico, los robots, sistemas elevadores, cintas transportadoras y aplicador de film stretch requieren de un servicio de revisión para realizar ajustes y reparaciones cada cierto tiempo, basado principalmente en las horas de uso. Lamentablemente, en muchos casos estas revisiones quedan postergadas en pos de no resignar días (o hasta incluso horas) de producción y obtener más volumen; es en estas ocasiones cuando las piezas se rompen y generan paradas de varios días o semanas, y todos se lamentan no haber parado

las pocas horas que hacía falta en el momento adecuado. Para evitar esto, será clave tener un plan de mantenimientos acordado con el área de Planning apenas se instalen los robots, así ya podrán tener en cuenta en sus planes y proyecciones esas paradas.

A modo de ejemplo se muestra a continuación un cronograma tentativo de cómo podría ser el plan de mantenimientos para cada equipo:



- ✓ No apurar las reparaciones

Por más que se cumplan al pie de la letra, los mantenimientos preventivos no garantizan al 100% la no rotura del equipo. En caso de hallarse ante esta situación, será clave no querer acelerar excesivamente los tiempos naturales de diagnóstico, reemplazo de piezas y pruebas, a fin de que la reparación sea bien hecha y no arrastre una nueva rotura de mayor gravedad más adelante.

Buscando valorizar también estos problemas que podrían surgir después del comisionamiento, se plantea un escenario en el que se combinen estos 3 puntos. Esto se daría en caso de que los robots nunca lleguen a funcionar de la manera que se espera y sufran constantes paradas no programadas que pongan en riesgo la operación y los cumplimientos del plan.

Se considerará el caso de que hubiera que tener uno o dos equipos de operarios paletizadores contratados esperando que fuera necesario empezar a paletizar manualmente ante la falla de algún robot o alguna de las partes del equipo. Durante el tiempo que no haga falta utilizar a esta dotación, podrían asignárseles tareas varias dentro de la planta, ya sea temas básicos de TPM, confección de planillas y reportes, u otras tareas que no requieran de gran entrenamiento.

Cada equipo de paletizadores podría cubrir el paletizado manual en una envasadora (mediante el uso de las mesas de paletizado que se mencionó anteriormente), por lo que una dotación más implicaría 6 operarios más contratados por semestre, mientras que dos dotaciones implicarían 12 operarios más por semestre. También se asumirá que, de presentarse este caso, se duplicará el costo anual de mantenimiento para el primer escenario y se triplicará para el segundo.

311.210 – UNA DOTACIÓN ADICIONAL POR MAL FUNCIONAMIENTO

En este escenario, el resumen del saving por menor dotación para el caso de los 2 robots en 4 líneas quedaría de la siguiente manera:

Operarios - salida de línea	42 operarios
Ahorro semestral por disminución de operario contratado	7.458 USD
Total saving MOD	313.236 USD

Tabla 35. Ahorro anual con 1 dotación de reserva

Mientras que el costo de mantenimiento anual sería:

Mantenimiento anual = 7% sobre inversión	Mantenimiento Anual	
	70.508	USD

Para mostrar cómo quedaría un flujo de fondos de estos escenarios, se armará el detalle de este primer caso. Luego sólo se mostrarán los resultados de los subsiguientes.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
PERÍODOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPITAL FIJO											
TERRENOS											
EDIFICIOS											
PLANTA & MAQUINARIA	-1007										154
VEHÍCULOS											
OTROS ACTIVOS FIJOS											
SUB-TOTAL	-1007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154
REPARACIONES EXCEPCIONALES											
OTRAS REPARACIONES											
OTROS GASTOS											
DIFERENCIAL EN GP	78	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243
A&P											
IMPUESTOS	-27	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-103
SUB-TOTAL	51	193	193	193	193	193	193	193	193	193	140
FLUJO DE FONDOS NETO											
EN MONEDA CONSTANTE	-956	193	193	193	193	193	193	193	193	193	293

CALCULO DE IMPUESTOS	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
AHORRO	78	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243
DEPRECIACIÓN FISCAL		-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101
CARGOS BALANCEADOS											154
BASE IMPONIBLE	78	142	142	142	142	142	142	142	142	142	296
IG	35	-27	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-103

Y los resultados de este flujo de fondos serían:

Rendimiento EN MONEDA CONSTANTE	TIR	13,920	%	VAN al 14%	77
PERÍODO DE REPAGO en moneda constante		4	Años	12	Meses

Tabla 36. Resultado caso 2 robots en 4 envasadoras con 1 dotación de reserva

Como se ve, la TIR es menor al 14% por lo que en este caso el proyecto no llegaría a cubrir el requerimiento mínimo para aprobar la inversión.

Siendo que este escenario contempla problemas posteriores a la instalación, la inversión ya estaría hecha y no habría forma de volver atrás. De todas formas, esto sirve para saber que en caso de no cumplir con el funcionamiento planificado y que disminuya el ahorro por dotación, el proyecto no llegaría a cubrir las expectativas de la empresa.

Por el otro lado, para el caso de los 2 robots para las 6 líneas las tablas serían las siguientes:

Operarios - salida de línea	54 operarios
Ahorro semestral por disminución de operario contratado	7.458 USD
Total saving MOD	402.732 USD

Tabla 37. Ahorro anual con 1 dotación de reserva

Y la del costo de mantenimiento:

	Mantenimiento Anual	
Mantenimiento anual = 7% sobre inversión	73.990	USD

Los resultados para este caso son:

Rendimiento EN MONEDA CONSTANTE	TIR	20,610	%	VAN al 14%	345
PERÍODO DE REPAGO en moneda constante		3	Años	11	Meses

Tabla 38. Resultado caso 2 robots en 6 envasadoras con 1 dotación de reserva

En este otro escenario se observa que todavía el proyecto cumple con la TIR mínima, si bien disminuye considerablemente respecto de la del caso original (27,34%).

311.220 – DOS DOTACIONES ADICIONALES POR MAL FUNCIONAMIENTO

Este sería el caso en que en vez de una dotación sería necesario tener dos para cubrirse ante un mal funcionamiento de los robots, y en el que se triplicarían los costos anuales de mantenimiento.

Las tablas para el escenario de 2 robots en 4 líneas serían:

Operarios - salida de línea	36 operarios
Ahorro semestral por disminución de operario contratado	7.458 USD

Total saving MOD	268.488 USD
-------------------------	--------------------

Tabla 39. Ahorro anual con 2 dotaciones de reserva

Mientras que el costo de mantenimiento anual sería:

	Mantenimiento Anual	
Mantenimiento anual = 10,5% sobre inversión	105.762	USD

Y la tabla de resultados queda como sigue:

Rendimiento				
EN MONEDA CONSTANTE	TIR	5,860	%	VAN al 14%
				-202
PERÍODO DE REPAGO en moneda constante		6	Años	10
				Meses

Tabla 40. Resultado caso 2 robots en 4 envasadoras con 2 dotaciones de reserva

Como era de esperar, el rendimiento de este caso es incluso más bajo que el de una sola dotación adicional. Está claro que si el proyecto termina con indicadores de este estilo, será considerado como una pésima inversión.

Esta misma situación de dos dotaciones adicionales, para el caso de los robots en las 6 líneas, tiene las siguientes características:

Operarios - salida de línea	48 operarios
Ahorro semestral por disminución de operario contratado	7.458 USD

Total saving MOD	357.984 USD
-------------------------	--------------------

Tabla 41. Ahorro anual con 2 dotaciones de reserva

Y la del costo de mantenimiento:

	Mantenimiento Anual	
Mantenimiento anual = 10,5% sobre inversión	110.985	USD

Los resultados en este caso serían:

Rendimiento EN MONEDA CONSTANTE	TIR	13,470	%	VAN al 14%	62
PERÍODO DE REPAGO en moneda constante			3	Años	12 Meses

Tabla 42. Resultado caso 2 robots en 6 envasadoras con 2 dotaciones de reserva

Este es el primer escenario para el caso de la instalación de robots en las 6 líneas en que la TIR es menor al requerimiento mínimo. Esto demuestra que el hecho de que haya algún tipo de problema con la instalación, o estándares que se “flexibilicen” con tal de cumplir con los plazos acordados, pueden llegar a desembocar en serios problemas económicos y financieros para la empresa.

312 – RIESGOS ECONÓMICO-FINANCIEROS

Como viene sucediendo durante los últimos años, una considerable inflación es esperada para el presente año. Esto tendrá un impacto directo en los gastos que se planifica realizar en pesos, que si bien son los menos también habrá que tenerlos en cuenta. Por otro lado, también es de esperar que el dólar continúe devaluándose como lo viene haciendo en los últimos años.

Siendo estas variaciones extremadamente difíciles de predecir de manera exacta, se asumirá que la inflación anual será similar a la devaluación del dólar, por lo que el incremento de los costos en pesos se mantendrán en dólares al hacer la conversión, y los flujos de fondos serán válidos en el tiempo.

En caso de no cumplirse alguna de estas premisas, habrá que realizar el ajuste de los flujos de fondos, por inflación y por devaluación.

A modo de ejemplo, se plantearán las situaciones en que la inflación sea mucho más significativa que la devaluación y viceversa, para entender qué efecto macro tendrían estos casos sobre el proyecto.

312.100 – FLUJOS DE FONDOS CON ALTO IMPACTO DE LA INFLACIÓN

En caso de que la inflación mantenga los niveles actuales pero no sea acompañada por una controlada devaluación del dólar, los costos en pesos se incrementarán (y por consecuencia, los costos en dólares) y cambiarán los resultados del flujo de fondos.

Se asumirá una inflación anual del 20%, manteniendo el cambio del dólar constante en el mismo valor actual. Los costos que serán impactados son los últimos dos ítems de la Apertura de gastos, Trabajos civiles e Instalación eléctrica, ya que todos los demás son gastos en dólares de la compra de los equipos.

Por otro lado, asumiendo que los sueldos de los operarios se ajustarán acorde a la inflación, también se incrementará el ahorro por la no contratación de MOD.

Siendo así, el flujo de fondos quedará de la siguiente manera:

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
PERÍODOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPITAL FIJO											
TERRENOS											
EDIFICIOS											
PLANTA & MAQUINARIA	-1025										156
VEHÍCULOS											
OTROS ACTIVOS FIJOS											
SUB-TOTAL	-1025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156
REPARACIONES EXCEPCIONALES											
OTRAS REPARACIONES											
OTROS GASTOS											
DIFERENCIAL EN GP	89	394	480	583	706	855	1.033	1.247	1.503	1.811	2.181
A&P											
IMPUESTOS	-31	-102	-132	-168	-211	-263	-326	-401	-490	-598	-782
SUB-TOTAL	58	292	348	415	495	592	707	846	1.013	1.213	1.399
FLUJO DE FONDOS NETO											
EN MONEDA CONSTANTE	-967	292	348	415	495	592	707	846	1.013	1.213	1.555

CALCULO DE IMPUESTOS		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
AHORRO		89	394	480	583	706	855	1.033	1.247	1.503	1.811	2.181
DEPRECIACIÓN FISCAL			-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103
CARGOS BALANCEADOS												156
BASE IMPONIBLE		89	291	377	480	604	752	931	1.144	1.401	1.709	2.235
IG	35	-31	-102	-132	-168	-211	-263	-326	-401	-490	-598	-782

Y los resultados serían:

Rendimiento EN MONEDA CONSTANTE	TIR	43,960	%	VAN al 14%	2.245
PERÍODO DE REPAGO en moneda constante				2 Años	9 Meses

Tabla 43. Resultados con alto impacto de la inflación

Más allá del excelente resultado que da este escenario, está claro que una situación así es totalmente ficticia, ya que afectaría muchas otras variables macro y microeconómicas, que no son analizadas en este trabajo. Simplemente se llevó a cabo este ejercicio para mostrar un caso hipotético de inflación sin devaluación.

En los resultados se confirma que invertir en dólares en un contexto inflacionario es una muy buena opción.

312.200 – FLUJOS DE FONDOS CON ALTO IMPACTO DE LA DEVALUACIÓN

En contrapartida, el escenario en que la inflación se mantiene en 0 pero el dólar se devalúa se presenta en el siguiente flujo de fondos. Se asumirá una devaluación sostenida en el tiempo de un 15% anual, sin inflación ni incremento de costos de ningún tipo.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
PERÍODOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPITAL FIJO											
TERRENOS											
EDIFICIOS											
PLANTA & MAQUINARIA	-1007										154
VEHÍCULOS											
OTROS ACTIVOS FIJOS											
SUB-TOTAL	-1007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154
REPARACIONES EXCEPCIONALES											
OTRAS REPARACIONES											
OTROS GASTOS											
DIFERENCIAL EN GP	89	276	235	200	169	143	120	99	82	67	53
A&P											
IMPUESTOS	-31	-61	-47	-35	-24	-15	-7	0	7	12	-37
SUB-TOTAL	58	215	188	165	145	128	113	99	89	79	16
FLUJO DE FONDOS NETO											
EN MONEDA CONSTANTE	-949	215	188	165	145	128	113	99	89	79	170

CALCULO DE IMPUESTOS		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
AHORRO		89	276	235	200	169	143	120	99	82	67	53
DEPRECIACIÓN FISCAL			-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101	-101
CARGOS BALANCEADOS												154
BASE IMPONIBLE		89	175	135	99	69	42	19	-1	-19	-34	106
IG	35	-31	-61	-47	-35	-24	-15	-7	0	7	12	-37

Los resultados de este escenario serían:

Rendimiento EN MONEDA CONSTANTE	TIR	6,540	%	VAN al 14%	-159
PERÍODO DE REPAGO en moneda constante			4	Años	6 Meses

Tabla 44. Resultados con alto impacto de la devaluación

El contraste de este escenario es claro, mostrando lo que puede pasar ante una devaluación de gran magnitud. En este caso (una vez más, completamente hipotético e irrealista sin realizar un análisis mucho más profundo y detallado de todas las otras variables) se ve que la inversión en dólares esperando un repago en pesos es riesgosa en un contexto de devaluación, que podría llevar el período de repago a un tiempo mucho mayor al inicialmente planificado.

313 – EL FACTOR HUMANO. PASOS PARA LA COMUNICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN

Ya se mencionó la dificultad que puede llegar a generar el cambio de trabajo manual a automatizado en una fábrica de estas características. Más allá de las medidas que se puedan tomar y por más que los operarios acepten este proyecto como algo positivo para toda la fábrica, se corre el riesgo de que la motivación quede afectada, principalmente ante el miedo de que este tipo de inversiones continúen y eventualmente desemboquen en despidos.

Como se comentó anteriormente, será clave la comunicación que habrá con los delegados para que no haya malentendidos y rumores que después se expandan y desemboquen en complicaciones. Cabe recordar que durante el 2009 el gremio de la alimentación estuvo en el centro de la escena por el conflicto surgido en Kraft, que duró varias semanas y fue seguido de cerca por toda la sociedad, llegando incluso a las tapas de los diarios. Este antecedente confirma la fuerza que pueden tener las asociaciones gremiales en Argentina, y tratándose encima de la misma que ya demostró su poder, podría impactar seriamente en toda la compañía si la comunicación no es clara o se crea un clima de incertidumbre y desconfianza.



Figura 30. Protesta en Kraft - 2009

Aprovechando la buena relación que se comentaba en el primer capítulo entre los delegados y las autoridades de la planta, se diseñará un plan para comunicar a través de ellos a todos los trabajadores las intenciones de la compañía con este proyecto. Este plan comenzará con una reunión entre los directores de la compañía y los delegados, donde se presentará la propuesta, haciendo especial hincapié en el hecho de que no se despedirá gente. Se presentarán las distintas opciones de puestos para los operarios que deban dejar sus tareas actuales, incluso con los nombres de cada uno y las posiciones que podrían ocupar. Ya que estos cambios representarán un crecimiento respecto de sus tareas actuales, serán los operarios de mejor desempeño en los últimos años quienes sean sugeridos por la jefatura y gerencia de planta para ocupar esas posiciones. Eso generará el cascadeo hacia los demás operarios, lo que culminará en que los que actualmente son paletizadores y sean reemplazados por los robots, pasen a auxiliares o maquinistas.

313.100 – OPCIONES DE REUBICACIÓN PARA EMPLEADOS EFECTIVOS

Se hablaba de que la reubicación sería considerada como un crecimiento para los operarios, ya que pasarán a tener una categoría mayor, podrán contar con mayores responsabilidades y algunos incluso tener gente a cargo. Las áreas en que podrían ser re alocados son:

- Mejoras enfocadas
- Mantenimiento autónomo
- TPM
- Mantenimiento
- Seguridad
- Ingeniería
- Calidad

En estas áreas podrían empezar con tareas operativas, ya sea tomando muestras para Calidad, haciendo análisis de mermas para Mejoras enfocadas, o de pérdidas de eficiencia para Mantenimiento autónomo. En TPM también podrán realizar en un principio algunas de las tareas básicas, como ayudas de control visual en la planta, y mientras avanzar en un plan de capacitación y entrenamiento, así como en el área de Seguridad, en la que podrán identificar riesgos en las tareas que se realizan en la planta y poco a poco adquirir más conocimientos para eventualmente poder capacitar a sus compañeros. Por último, aquellos con alguna formación técnica más sólida o mayor experiencia dentro de la planta, podrán pasar a las áreas de Mantenimiento o Ingeniería, donde podrán seguir en contacto con las máquinas y procesos de la fábrica, siendo quizás ellos quienes mejor conozcan el comportamiento detallado de los equipos.

Una vez que vayan adquiriendo la experiencia y habilidades intrínsecas de cada puesto, podrán desarrollarse más y continuar con su crecimiento, ya sea en esa área o en alguna otra de las asociadas a producción.

320 – LAYOUT DEFINITIVO

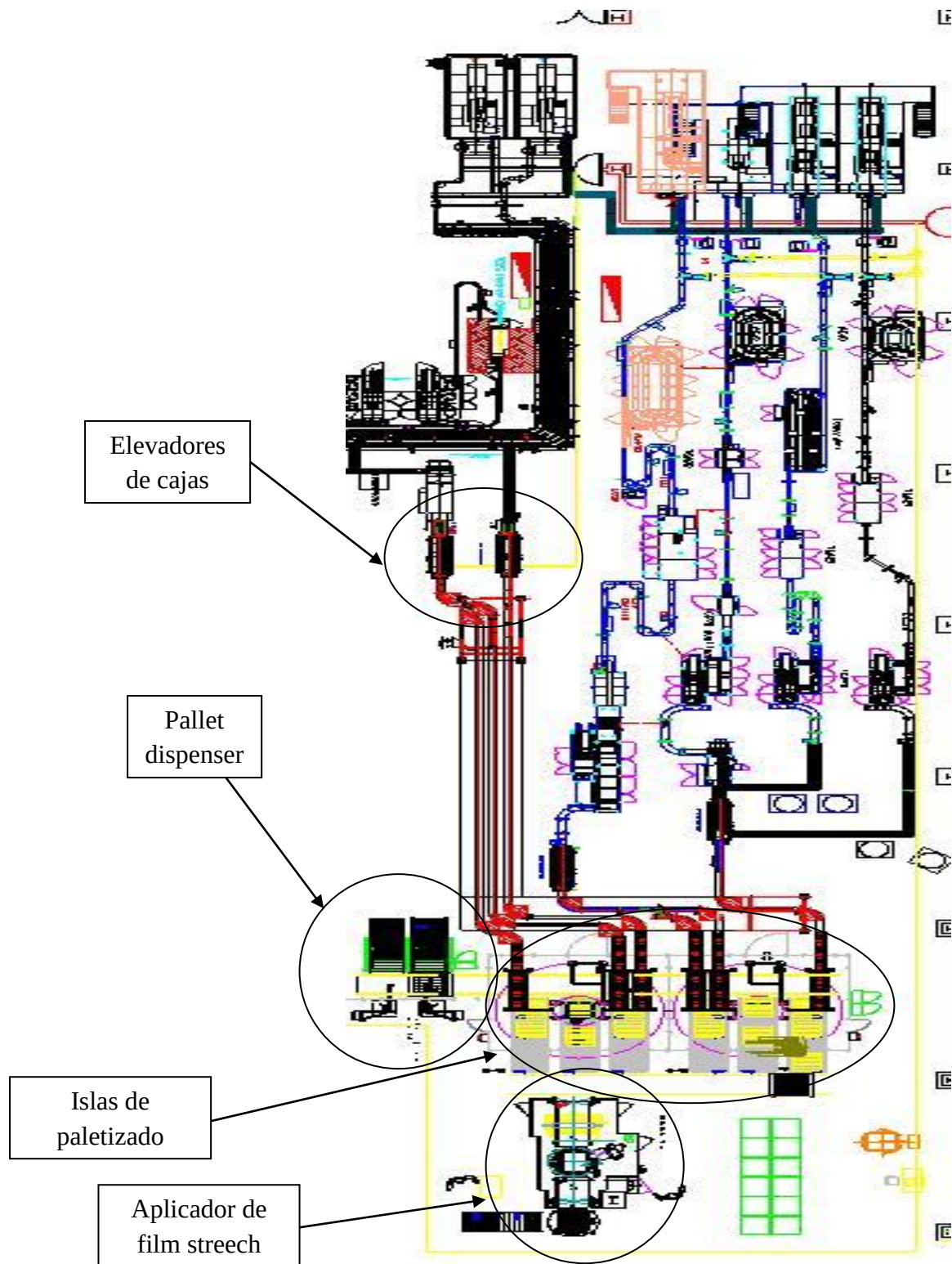


Figura 31. Layout con robots

CAPITULO 4 – INSTALACIÓN, PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CONCLUSIONES

410 – INSTALACIÓN

Sea cual fuera el modelo elegido, el proceso de instalación no va a diferir demasiado por lo que se realizará un cronograma genérico con las diferentes tareas que se deberán llevar a cabo antes, durante y después de la instalación. Se realizará el Gantt para el proyecto más largo, que sería el de conectar las 6 envasadoras. Si sólo se conectasen 4, la única diferencia será eliminar las tareas referidas a las otras 2 envasadoras.

Las tareas que habrá que realizar son las siguientes:

- Ingreso de componentes a la planta: robots, espirales elevadores de cajas y cintas transportadoras
- Preparación de suelos
- Conexiones de final de línea con sus respectivos espirales para las 6 líneas
- Pruebas en las 6 líneas
- Instalación de cintas transportadores y robots en sus lugares correspondientes
- Pruebas de todos los equipos
- Comisionamiento durante 1 mes de cada robot

Finalmente, una vez que todas esas tareas estén cumplidas, se podrá firmar la recepción definitiva de los equipos, y la empresa quedará finalmente a cargo de los mismos. De todas formas, por el acuerdo mencionado en el Capítulo 2, el proveedor deberá hacerse de cargo del mantenimiento durante los primeros 3 meses, utilizando ese período también para capacitar a los operadores de los robots y a los mecánicos que queden a cargo de su mantenimiento preventivo y correctivo.

A continuación se presentan todas las tareas en un Diagrama de Gantt, donde se puede ver que la duración completa desde la llegada de los equipos hasta que quedan finalmente comisionados debería rondar los 3 meses y medio. Como parte del acuerdo, la finalización del período de comisionamiento sólo se dará cuando ambos robots hayan cumplido con las condiciones requeridas, evitando así que el proveedor haga foco sólo en uno de los equipos y deje al otro de lado para acelerar tiempos.

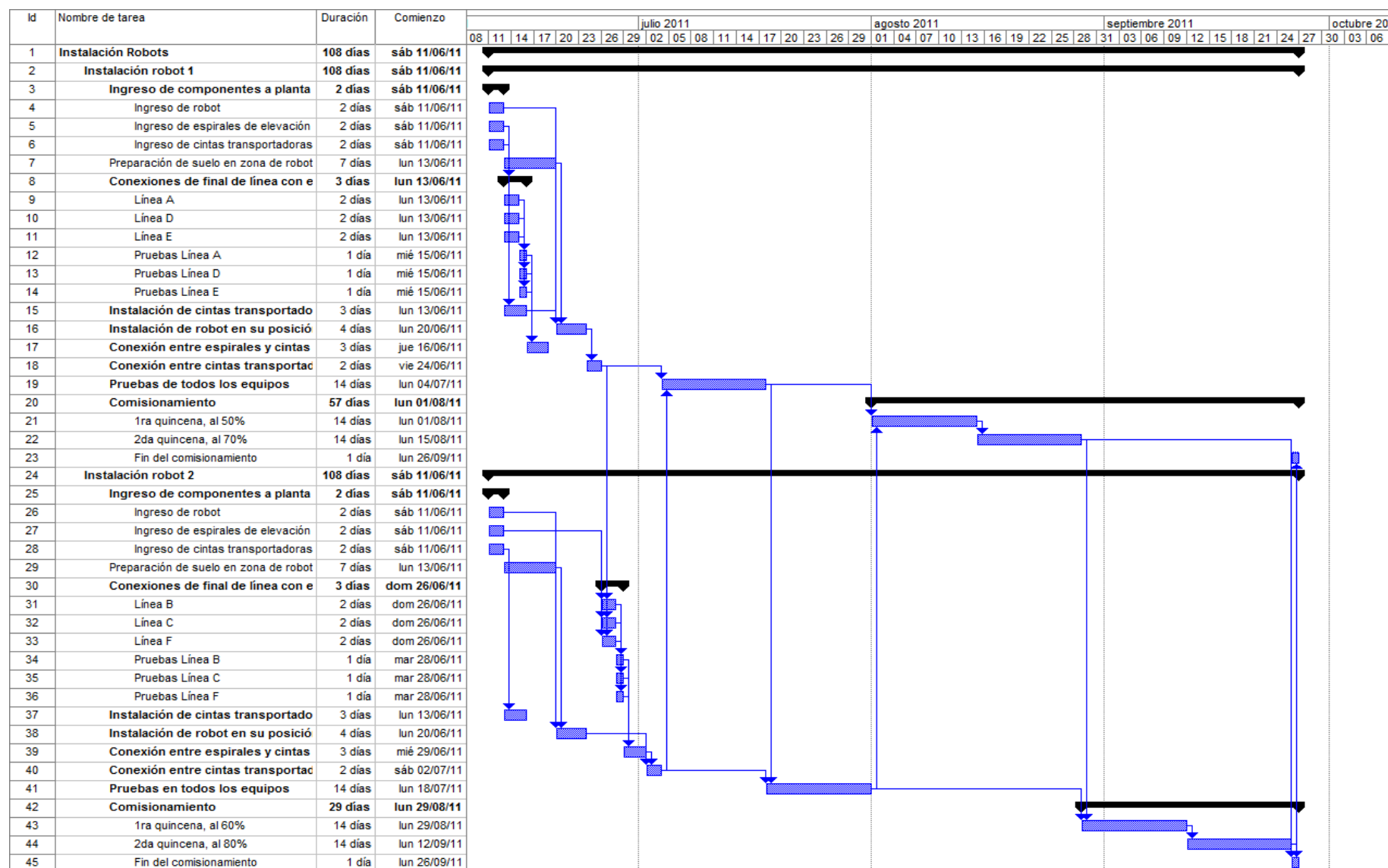


Figura 32. Diagrama de Gantt de la instalación y arranque

En el Gantt se puede ver que, de cumplirse los plazos estimados, los equipos quedarán comisionados y listos para comenzar con el funcionamiento definitivo a principios de Octubre, que es cuando se calculó el comienzo del ahorro por la menor dotación necesaria.

420 – PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Como se muestra en el punto anterior, la instalación de los robots no debería generar demasiados inconvenientes ni paradas a la producción, ya que muchas de las tareas se hacen durante los fines de semana o con las líneas en funcionamiento.

Sin embargo, y a fin de estar preparados para cualquier eventualidad, se deberá planificar una preconstrucción de stock de producto terminado para hacer frente a los imprevistos que podrían ocurrir. También se considerará una rampa de arranque para los robots, durante la cual el output de la planta podría ser menor al normal. Este punto también tendrá que ser considerado en los escenarios de preconstrucción.

La política de la compañía es mantener en stock 3 semanas (21 días) de venta de producto terminado. Se asume que la instalación de los robots no se hará durante la temporada alta, en que la planta está con la capacidad saturada sino durante la temporada baja, por lo que habrá margen para prender más envasadoras si es necesario. La demanda mensual en temporada baja es de aproximadamente 9.000 toneladas por mes, mientras que durante la temporada alta dicho promedio se eleva a unas 12.000 toneladas mensuales. Siendo que la planta tiene una capacidad aproximada de 9.800 toneladas mensuales durante la temporada baja, en que sólo se prenden 4 envasadoras, no debería haber mayores inconvenientes en lograr la preconstrucción deseada prendiendo una o dos de las líneas que se encuentren apagadas, y alcanzando así una capacidad de poco más de 13.000 toneladas/mes.

La siguiente tabla muestra el output de cada envasadora y total de la planta para distintos períodos de tiempo:

	lt/h	Mlt/sem	Mlt/mes	Prod diaria
Línea A	10.680	1.282	5.126	214
Línea B	4.800	576	2.304	96
Línea C	4.380	526	2.102	88
Línea D	2.430	292	1.166	49
Línea E	2.520	302	1.210	50
Línea F	2.370	284	1.138	47
Total	27.180	3.262	13.046	544

Tabla 45. Output de cada envasadora

A continuación se muestra un estimado de los días que se perderían por cada etapa de la instalación, y cuántos litros representan:

Tarea	Días	Mlitros	Cuándo	Observaciones
Conexión de líneas	3	1.226	1er mes	2 días para conexión + 1 día de arranque
Pruebas	3	1.226	2do mes	Las pruebas son durante 2 semanas para cada robot. Se considera en total 3 días completos
Comisionamiento 1er robot	6,4	2.609	3er mes	2 semanas 50% eficiencia + 2 semanas 70% eficiencia
Comisionamiento 2do robot	4,8	1.957	4to mes	2 semanas 60% eficiencia + 2 semanas 80% eficiencia

Tabla 46. Producción perdida en cada etapa

En esta tabla se muestra que se estará tomando un día para el arranque de los equipos luego de la parada para conectar cada línea a su respectivo elevador de cajas. Si bien estas tareas se harán de manera secuenciada, a fin de que sólo se pare una línea por vez, en el transcurso del 1er mes todas las líneas habrán tenido esta parada, por lo que se considera el volumen perdido como si todas parasen simultáneamente.

En cuanto a las pruebas, las mismas llevarán aproximadamente 2 semanas, durante las que se probará el funcionamiento tanto de la lógica como del funcionamiento mecánico de los robots. En estas 2 semanas se irán realizando paradas y ajustes para lograr el rendimiento esperado, por lo que se asume que en total se perderán 3 días completos de producción.

Por último, el comisionamiento de cada robot se extenderá durante 1 mes. Se hará de a uno por vez, manteniendo la dotación de paletizadores hasta que ambos robots se encuentren con su comisionamiento cumplido. Ya que esta dotación de paletizadores no será utilizada en sus tareas normales mientras funcionen los robots, podrá servir para prender las líneas que no estaban programadas durante esos meses, a fin de conseguir el volumen extra solicitado.

Para el primer robot se considera una curva de arranque de 2 semanas al 50% de la eficiencia esperada y 2 semanas al 70% de la eficiencia esperada. Para el segundo robot se cree que la curva debería ser más vertical, debido al aprendizaje adquirido durante el comisionamiento del primero, por lo que se tomará una curva de 60% y 80% de la eficiencia esperada. Luego de estos plazos los equipos deberían quedar comisionados, comenzando el período de 3 meses en que el proveedor queda a cargo del mantenimiento de los equipos y donde ya se puede asumir un output normal de todas las envasadoras.

La situación esperada de coberturas de producto terminado se resume en la tabla a continuación. Todos los valores están expresados en Mlts.

Demanda estimada											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
12.312	11.882	12.086	9.158	8.731	8.866	8.640	9.138	9.282	12.405	12.928	11.901
Cobertura normal a principio de mes - 21 días de venta											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
8.618	8.317	8.460	6.411	6.112	6.206	6.048	6.397	6.497	8.684	9.050	8.331
Producción teórica necesaria en el mes											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
12.011	12.025	10.036	8.859	8.826	8.708	8.989	9.239	11.468	12.771	12.209	12.454
Producción perdida por instalación, arranque y comisionamiento de robots											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
					1.226	1.226	2.609	1.957			
Producción necesaria en el mes ajustada con tons perdidas											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
12.011	12.025	10.036	8.859	8.826	9.934	10.214	11.848	13.425	12.771	12.209	12.454
Mlitros excedentes de capacidad máxima								→	379		
Producción necesaria en el mes ajustada con tons perdidas - Llevadas a capacidad real											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
12.011	12.025	10.036	8.859	8.826	9.934	10.214	12.227	13.046	12.771	12.209	12.454
Stock a fin de mes (Mlitros & Días)											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
8.317	8.460	6.411	6.112	6.206	7.274	7.622	9.486	10.261	9.050	8.331	8.883
21	21	21	21	21	25	25	31	25	21	21	21

Tabla 47. Análisis de nivel de producción y coberturas

En esta tabla se ve que los meses de mayor producción son entre Septiembre y Febrero, levemente desfasado de los meses de mayor demanda, que son entre Octubre y Marzo.

A partir de estos datos se calcula cuál deberá ser el nivel de producto terminado que habrá que tener en stock al inicio de cada mes, y luego se ajusta con el equivalente de las toneladas perdidas por la instalación, arranque y comisionamiento de los robots. Con esa conversión se obtiene cuál sería la producción necesaria en cada mes para lograr los volúmenes deseados. Sin embargo, estos cálculos resultan en un mes de Septiembre con un requerimiento de producción mayor al teóricamente posible. Esto ocasiona una preconstrucción mayor en Agosto para hacer frente a esa necesidad excedente, y finalmente queda conformado el plan de producción mensual para todo el año.

A continuación se da una breve explicación de cada valor mostrado en la tabla 47:

Item	Descripción
Demanda estimada	Volumen de venta esperado por mes para 2011
Cobertura normal a principio de mes n (21 días)	= $21/30 * \text{Demanda mes } n$ (para simplificar, se consideran meses de 30 días)
Producción teórica necesaria en el mes n	= $\text{Demanda mes } n - \text{Cobertura a principio de mes } n + 21/30 * \text{Demanda mes } n+1$
Producción perdida por robots	Explicado anteriormente
Producción necesaria en el mes n ajustada con tons perdidas	= $\text{Producción teórica mes } n + \text{Producción perdida por robots mes } n$
Mlitros excedentes de capacidad máxima	= si $\text{Producción necesaria mes } n > 13.046 \text{ Mlts}$ entonces $\text{Producción necesaria mes } n - 13.046$
Producción necesaria en el mes n - Llevadas a capacidad real	La necesidad excedente de la Capacidad Máxima se preconstruye en meses anteriores
Stock a fin de mes n - Mlitros	= $\text{Producción real mes } n + \text{Cobertura a principio mes } n - \text{Demanda mes } n$
Stock a fin de mes n - Días	= $\text{Stock a fin de mes } n / \text{Demanda mes } n+1 * 30$

Tabla 48. Detalle de ítems presentados en Tabla 47

Por último, se muestra a continuación un gráfico para hacer más claro el concepto de preconstrucción, donde se observa en la barra azul la producción teórica necesaria de cada mes y se agrega una barra de distinto color para mostrar la preconstrucción mencionada. En el fondo verde se ve cómo se incrementa el nivel de coberturas durante este período respecto de la política de 21 días. De todas formas, esta preconstrucción y mayor nivel de inventario será un bajo costo a pagar contra la posibilidad de quedarse sin producto y perder ventas.

Por último, el nivel de inventarios se normaliza durante el Q4, cerrando el año en los niveles deseados.

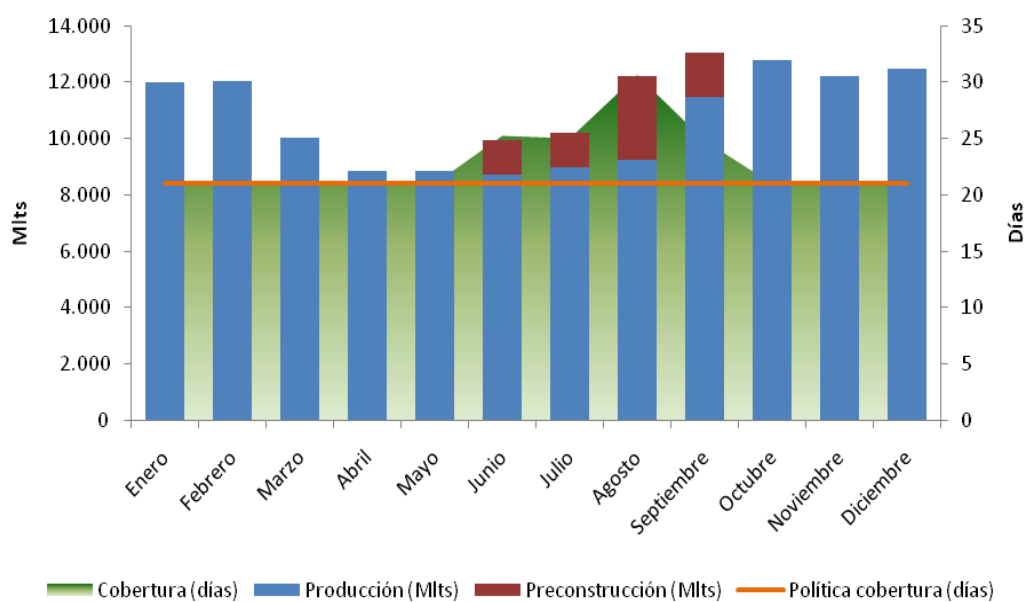


Figura 33. Nivel de producción y coberturas 2011

430 – CONCLUSIONES

Habiendo realizado el análisis completo de la situación se llega a la conclusión de que lo más conveniente será instalar 2 robots paletizadores que reciban producto de todas las envasadoras, con elevadores de tipo espiral al final de cada línea. Esto requerirá una inversión inicial aproximada de 1.057.000 usd, teniendo el proyecto una TIR de 27,3% y un período de repago estimado de 3 años y 3 meses, proveniente principalmente del ahorro por no contratar personal temporario para realizar tareas de paletizado manual.

El robot elegido para instalar en este proyecto será el M-410iB/160, de FANUC, ya que es un modelo de alta velocidad y excelente performance. Su velocidad de paletizado de 40 cajas por minuto permite pensar en una futura ampliación de la capacidad de la fábrica sin tener que invertir en más robots. El representante local de FANUC, E+K Roboter, será el encargado de presentar la propuesta final con los plazos estimados de preparación, instalación y arranque de los equipos. Serán ellos también los responsables por el funcionamiento y mantenimiento de los mismos durante el período de comisionamiento y los 3 meses posteriores, permaneciendo después como fuente de consulta ante problemas que surjan.

Además del beneficio económico que generará esta inversión, es muy importante recalcar que la automatización del paletizado evitará una de las tareas con mayor riesgo ergonómico en planta y una de las que genera mayor cantidad de consultas y de lesiones en los operarios. Siendo la seguridad y el bienestar de los empleados una de las prioridades de todas las empresas hoy en día, este es un punto difícil de cuantificar pero con un gran beneficio. Junto con esto, se garantiza también un mejor armado del pallet, lo que disminuirá considerablemente los reclamos de los clientes y el costo de remanejo o incluso destrucción de producto dañado en el almacenamiento o traslado, mejorando también la imagen de la empresa en cuanto a la calidad de sus productos.

Para lograr una buena aceptación de este proyecto por parte del sindicato es clave aprovechar la buena relación que hay con ellos. Se deberá diagramar un plan de comunicación desde el principio en el que se convoque a los representantes para contarles detalladamente cómo será el proyecto, sin esconderles información y escuchando su feedback al respecto. Se deberá mostrar el plan de reubicación de los empleados efectivos cuyas tareas sean reemplazadas, haciendo foco en el hecho de que no habrá ningún despido. La parte humana es una pieza clave en el buen resultado de la inversión, ya que si bien es difícil que el sindicato impida la instalación de los robots, sí pueden generar demoras en la producción a través de huelgas, paros o incitando al personal a trabajar a reglamento. Quizás el peor problema no sea la demora puntual que se generaría en este proyecto, sino el hecho de arruinar la muy buena relación que existe hoy en día y que es clave para el funcionamiento armónico de la planta.

Por último, a fin de evitar que un mal arranque de los robots afecte en el nivel de servicio a los clientes, se planificará una preconstrucción de stock de producto terminado que contemple no sólo los días de parada establecidos para ingreso y puesta a punto de los equipos, sino también una rampa de arranque para cada robot, estimando

que el funcionamiento de los mismos irá mejorando a medida que pasen las primeras semanas.

440 – FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En lo que respecta a futuras inversiones en la planta, podrían considerarse dos alternativas:

- Incremento de capacidad
- Profundizar el nivel de automatización

Con respecto al incremento de capacidad, el mismo puede llegar mediante la adquisición de nuevas máquinas, o mediante el reemplazo de alguna de las actuales por otras más modernas y de mayor output.

Como se mencionaba, el robot elegido tiene capacidad para recibir más cajas de las precisadas en la actualidad, por lo que en caso de que se decida incrementar la capacidad de planta, habrá que analizar si los dos robots instalados tienen capacidad ociosa suficiente para recibir la mayor cantidad de cajas producidas. Si no la tienen, habrá que realizar el caso de invertir en un tercer equipo o evaluar la contratación de mayor personal para realizar el paletizado a mano.

Teniendo como experiencia el análisis realizado para la situación actual, se puede observar que la contratación de personal adicional sería sólo una solución temporaria y eventualmente será necesario instalar un nuevo robot, por todas las razones ya presentadas en este trabajo. Lo mejor sería incluir en el proyecto de ampliación de capacidad la compra e instalación del robot paletizador.

Por otro lado, pensando en profundizar el nivel de automatización dentro de la planta habría que considerar algunas de las siguientes alternativas:

- Sistemas automatizados de warehousing
- Ensayos y controles de calidad automáticos
- Dosificación automática de materias primas

Los sistemas automatizados de warehousing reciben la necesidad de producción y buscan en el almacén los pallets requeridos, trasladándolos hasta el punto de utilización o hasta algún lugar desde donde puedan ser retirados por los operadores. Si bien son de gran utilidad y generan un ahorro en mano de obra, su instalación, mantenimiento y funcionamiento no son baratos, por lo que es difícil que se justifique la inversión cuando el almacén de materiales a automatizar no tiene grandes dimensiones. También se pueden aplicar en centros de distribución para el almacenamiento o retirada de pallets de producto terminado, con características de funcionamiento muy similares.

Con respecto a los ensayos y controles de calidad, la idea sería que muchas de las tareas que hoy en día se hacen en forma manual puedan evitarse, dando así más tiempo a los operadores para realizar otras tareas, como ser mantenimiento de sus máquinas, análisis

de mejoras, etc. Esta automatización sería difícil de lograr, ya que en muchos casos se requiere la habilidad y experiencia del operador para saber si un envase pasa o no pasa el ensayo correspondiente, o si un material cumple con los requisitos para ser usado.

En cuanto a la dosificación automática de materias primas, lo ideal sería pasar a recibir materiales a granel, disminuyendo así el costo de distribución y de almacenamiento del producto. Luego, se podría generar la conexión para que esos materiales sean dosificados en cantidades exactas a los tanques de elaboración, disminuyendo así la intervención del personal en estas tareas, que en muchos casos también acarrearán riesgos ergonómicos por tener que cargar bolsas o bidones desde el lugar de almacenamiento hasta el de dosificación. Esta tercera opción aparenta ser la más útil de las 3 presentadas, y quizás sería el mejor punto sobre el que hacer foco si se decide seguir con el proceso de automatización de tareas.

BIBLIOGRAFÍA

- Winston, W. 2004. Investigación de operaciones. 1424 páginas. Editorial Thomson. ISBN: 9706863621
- Zandin & Maynard. 2001. Maynard's Industrial Engineering Handbook. 2566 páginas. Editorial Mc Graw-Hill.
- Eco, U. 2001. Cómo se hace una tesis. 240 páginas. Editorial Gedisa. ISBN: 9788474328967
- García, R. 2004. Inferencia estadística y diseño de experimentos. 736 páginas. Eudeba. ISBN: 9502312953
- Apuntes de las materias Logística, Organización de la Producción I y II, Investigación Operativa.
- Stios Web:
 - www.logismarket.com.mx
 - www.kuka-robotics.com
 - www.abb.com.ar
 - www.fanucrobotics.com
 - www.wikipedia.org