

INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental de toda empresa es tener sus productos disponibles en cantidad, calidad, a tiempo y al mínimo costo. Dentro de ese ámbito, surge el interés de planificar la producción, uno de los puntos claves para el buen funcionamiento del negocio.

La planificación es necesaria para que todas las áreas de la empresa y sus integrantes actúen tras un objetivo común, de esta manera se define una línea de acción y se evitan los esfuerzos innecesarios. Por medio del control de la planificación podemos conocer si los planes se están cumpliendo o no y se pueden observar los grados de desviación para aplicar las acciones correctivas necesarias mediante un ajuste del plan original.

El siguiente Proyecto Integrador se desarrolla sobre la línea de barriles de la empresa Weatherford International de Argentina S.A. Planta Industrial Río Tercero, en la cual se ha detectado una inadecuada planificación de la producción por lo cual no se logran los objetivos planteados por la gerencia: producir 1.200 barriles estándar mensuales.

Para poder mejorar la planificación, se estudiarán las variables principales que condicionan al plan: la demanda del mercado, la capacidad de la planta y el tipo de producción.

El objetivo principal de este trabajo es el de establecer un método de planificación que posibilite organizar la producción para poder entregar los pedidos a tiempo y que además se constituya en una importante herramienta de apoyo para la toma de decisiones.

PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

Descripción y ubicación

Weatherford International Inc. es una compañía de servicios petroleros que opera en más de 100 países con una cartera de productos y servicios que abarcan todo el ciclo de vida de un pozo (perforación, evaluación, extracción, producción y desafectación) para poder satisfacer las necesidades de la industria del petróleo y del gas. Actualmente emplea aproximadamente a 40.000 personas alrededor del mundo.

Una de sus plantas industriales está ubicada en la ciudad de Río Tercero en Av. Peñaloza 1.555, provincia de Córdoba, República Argentina. La misma cuenta con 162 empleados y se extiende en 28.700 m² de los cuales 7.344 m² son cubiertos.



Figura 1.1: Imagen aérea de la planta

Reseña histórica

La actual Planta Industrial Río Tercero inició sus actividades en el año 1969 como una empresa familiar, para luego constituirse en sociedad anónima en 1971. Su finalidad era la fabricación de cilindros hidráulicos y neumáticos para la industria siderúrgica, minera, industrial y agrícola.

En 1991 ingresa en la industria petrolera, adquiriendo la licencia para la manufactura de bombas mecánicas de profundidad marca NorrisO´Bannon de EEUU.

En 1997 transfiere el 100% de sus acciones a la firma EVI Oil Tools de EEUU.

En 1998 EVI Oil Tools se fusiona con el grupo corporativo Weatherford, pasando a adoptar este nombre. Desde entonces la Planta Industrial Río Tercero integra el grupo corporativo Weatherford en la división Manufacturing de ALS (Artificial LiftSystem).

Actividades a las que se dedica la empresa

Existen dos líneas de productos bien definidos: bombas mecánicas de profundidad y mandriles de gas lift con diseño de accesorios.

Para ello, la empresa se organiza en tres áreas:

- Gas lift: elevadores de gas y mandriles de inyección de agua.
- Fittings: pistones, válvulas, jaulas de válvulas, etc.
- Barriles: tubos que forman parte de la bomba mecánica de fondo de pozo.

Distribución física

En el lay out (anexo I) se puede observar la distribución interna de la fábrica que cuenta con:

- Taller de mecanizado, bruñido y armado.

- Planta de cromado y fosfatizado.
- Sector soldadura, esmerilado, corte, enderezado, inspección, ensayos y pintura.
- Áreas de Administración y Finanzas
- Áreas de soporte: Calidad, Higiene y Seguridad, RRHH, Compras, Mantenimiento, Planeamiento e Ingeniería.
- Depósito de materia prima.
- Almacén de productos terminados.
- Planta de tratamiento de efluentes líquidos.
- Espacios para vehículos de transporte y particulares.
- Comedor, sanitarios y espacios de recreación.

Misión

“Ser la compañía de servicios líder en la industria del petróleo brindando los estándares más altos de desempeño en las actividades de perforación, evaluación, realización, producción, intervención y mantenimiento de pozos petroleros”.

Visión


Lograremos nuestro objetivo a través de nuestro Proceso de Excelencia Empresarial, el cual incluye, capacitar y educar a nuestros empleados, administrar y minimizar el riesgo, gestionar eficientemente nuestros recursos, establecer procesos efectivos en la realización de nuestros servicios y productos, medir, analizar y mejorar nuestros procesos, satisfacer los requisitos de nuestros clientes la primera vez y todas las veces, eliminar los desechos, trabajar con estándares libre de error y adoptar una cultura preventiva.

Política

Política de excelencia empresarial

Weatherford International Ltd, está comprometida con seguir los más altos estándares de excelencia en todos sus procesos de negocios. Es política de la compañía:

- adherirse a nuestros altos estándares de conducta ética y cumplir todas la leyes y regulaciones aplicables en las áreas donde nosotros tenemos negocios.
- conducir todas las operaciones de manera que promuevan prácticas seguras de trabajo y minimicen riesgos para nuestros empleados, nuestra comunidad y el medio ambiente.
- implementar los programas, entrenamientos y controles internos necesarios para alcanzar nuestros objetivos.



Bernard J. Duroc-Danner
Director Ejecutivo Weatherford International

Objetivo:
Alcanzar la satisfacción completa de nuestros clientes externos e internos y cumplir los requerimientos mutuamente acordados la primera vez, cada vez, y todas las veces, protegiendo el bienestar todo el personal, los activos y el medio ambiente.

Este objetivo es alcanzado mediante el compromiso a entender y a aplicar procesos de negocios definidos, cumpliendo con estándares establecidos e implementando la mejora continua. Se prestará suprema atención a lograr procesos, productos y servicios libres de errores y a mantener un ambiente seguro de trabajo.

Compromiso:
Autorizamos a cada empleado a tomar las acciones apropiadas para asegurar el cumplimiento con la política y el objetivo.

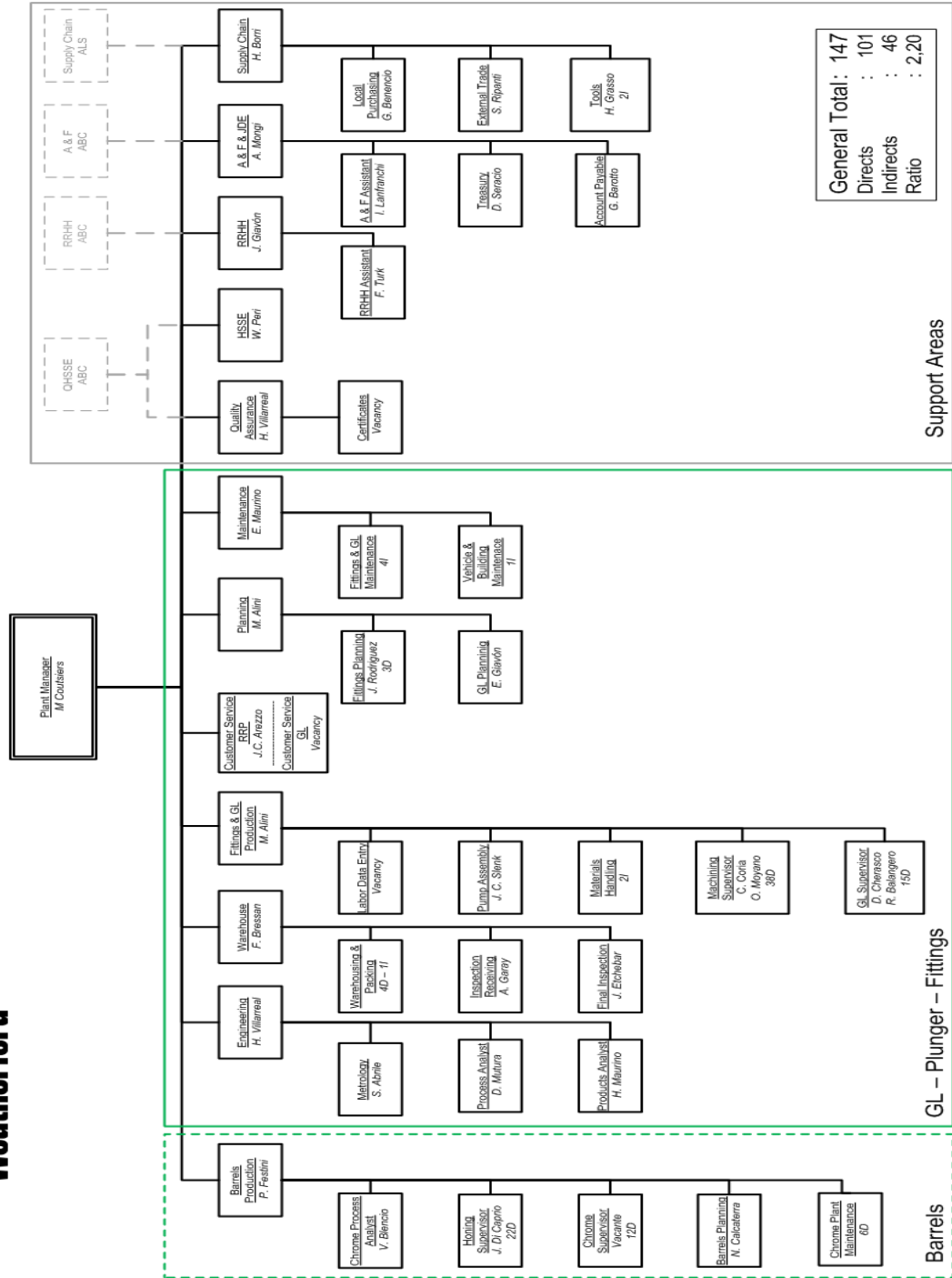
Esta política, el objetivo y la declaración de compromiso asociados describen nuestros propósitos de alcanzar la excelencia. Los principios descritos en este documento definen las expectativas de la corporación que deben ser incorporadas a la cultura de la empresa de modo de poder alcanzar la excelencia.

13 de [signature]

Figura 1.2: Política de la compañía

Estructura organizacional

Chart Río Tercero Plant



General Total:	147
Directs:	101
Indirects:	46
Ratio:	2,20

Cuadro 1.1: Organigrama de la empresa

El organigrama de Weatherford Río Tercero tiene una estructura matricial ya que los recursos son asignados a los diferentes proyectos que se realizan, creando así equipos con integrantes de distintos sectores de la organización con un objetivo en común, más motivados y comprometidos con el proyecto.

Información de mercado

El cliente de todos los productos que fabrica la planta es el mismo Weatherford, ya que se trata de una compañía multinacional que fabrica los componentes de los sistemas de extracción de petróleo y gas en sus distintas industrias distribuidas por el mundo y luego los ensambla en las plantas destinadas a tal fin, es decir que la venta es “intercompany”.

Dentro del mercado de la prestación de servicios para la exploración y producción de petróleo existen compañías que forman parte de la competencia directa de Weatherford: Schlumberger, Halliburton, Baker Hughes y Oilwell. La ventaja que ofrece Weatherford sobre su competencia está basada en el conocimiento, la experiencia y el desarrollo tecnológico del ramo.

Sistema de Gestión de la Calidad

Los documentos del Sistema de Gestión de la Calidad lo constituyen la política de la calidad y los objetivos (se adoptan los corporativos), el manual de gestión, los procedimientos documentados, los instructivos de trabajo, los planos y especificaciones técnicas, y los documentos de origen externo.

La política de calidad de la empresa está desarrollada en base a los requerimientos expresados en la Norma ISO 9001:2008, pero fundamentalmente se tienen en cuenta otras normas específicas del rubro del petróleo: las Normas API (American Petroleum Institute) Spec 11AX y Spec 5CT.

API Spec 11AX: 2006

Especificación para bombas de subsuelo de varillas y conectores: Bombas y Accesorios. - 12^a edición.

Esta especificación cubre las bombas de varillas y bombas de tubería en diámetros de uso común. Requisitos dimensionales se proporcionan suficientes para asegurar la intercambiabilidad y la normalización de todas las partes componentes, sin embargo, los detalles de diseño no se especifican. Se especifican los materiales estándar.

API Spec 5CT: 2011

Especificación para tuberías de revestimiento. - 9^a edición.

Esta norma especifica las condiciones técnicas de entrega para tubos de acero (revestimiento, tubos lisos, forros de camisas y articulaciones pup) y establece los requisitos para los tres niveles de especificaciones de producto (PSL-1, PSL-2, PSL-3). Los requisitos para PSL-1 son la base de la presente norma. Los requisitos que definen los diferentes niveles de requisitos técnicos uniformes para PSL-2 y PSL-3, para todos los grados, excepto H-40, L-80 y C110 9Cr. Se especifican también para tubos cubiertos por esta norma, los tamaños, masas y espesores de pared.

LÍNEA DE BARRILES

Cuando no hay suficiente presión en el yacimiento petrolero para que el líquido fluya hasta la superficie por sí solo como lo hace en los pozos surgentes, se utilizan sistemas de bombeo más conocidos como “cigüeñas” para extraer mecánicamente el líquido del pozo, tal como se observa en la Figura 1.3. Mediante un mecanismo de biela-manivela se convierte el movimiento rotatorio del motor en un movimiento alternativo vertical que mueve la varilla de la bomba y produce el movimiento de cabeceo característico.

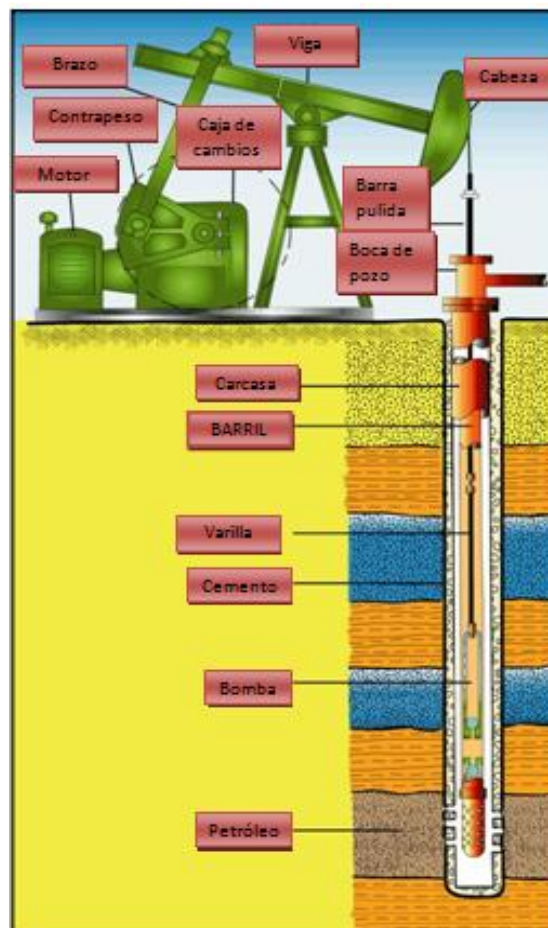


Figura 2.1: Diseño general de un pozo

El siguiente trabajo se enfocará específicamente en la línea de producción de barriles. Estos son tubos que se preparan para trabajar en la bomba mecánica de fondo de pozo, la cual consiste en dos válvulas de bola: una válvula inmóvil y una válvula conectada al pistón que viaja hacia arriba y hacia abajo recorriendo el barril, conocida como la “válvula viajera”. Cuando las varillas están viajando para arriba, la válvula viajera se cierra y la válvula fija se abre. Por lo tanto, el cilindro de la bomba se llena del líquido del pozo (petróleo, rocas y otros minerales). Cuando la varilla comienza a empujar hacia abajo, la válvula que viaja se abre y la válvula fija se cierra (debido a un aumento en la presión dentro de la bomba). El líquido en el barril, que fue aspirado adentro durante la carrera ascendente, fluye para arriba a través de la válvula viajera. El pistón después alcanza el extremo de su movimiento y comienza su trayectoria hacia arriba otra vez, repitiendo el proceso.

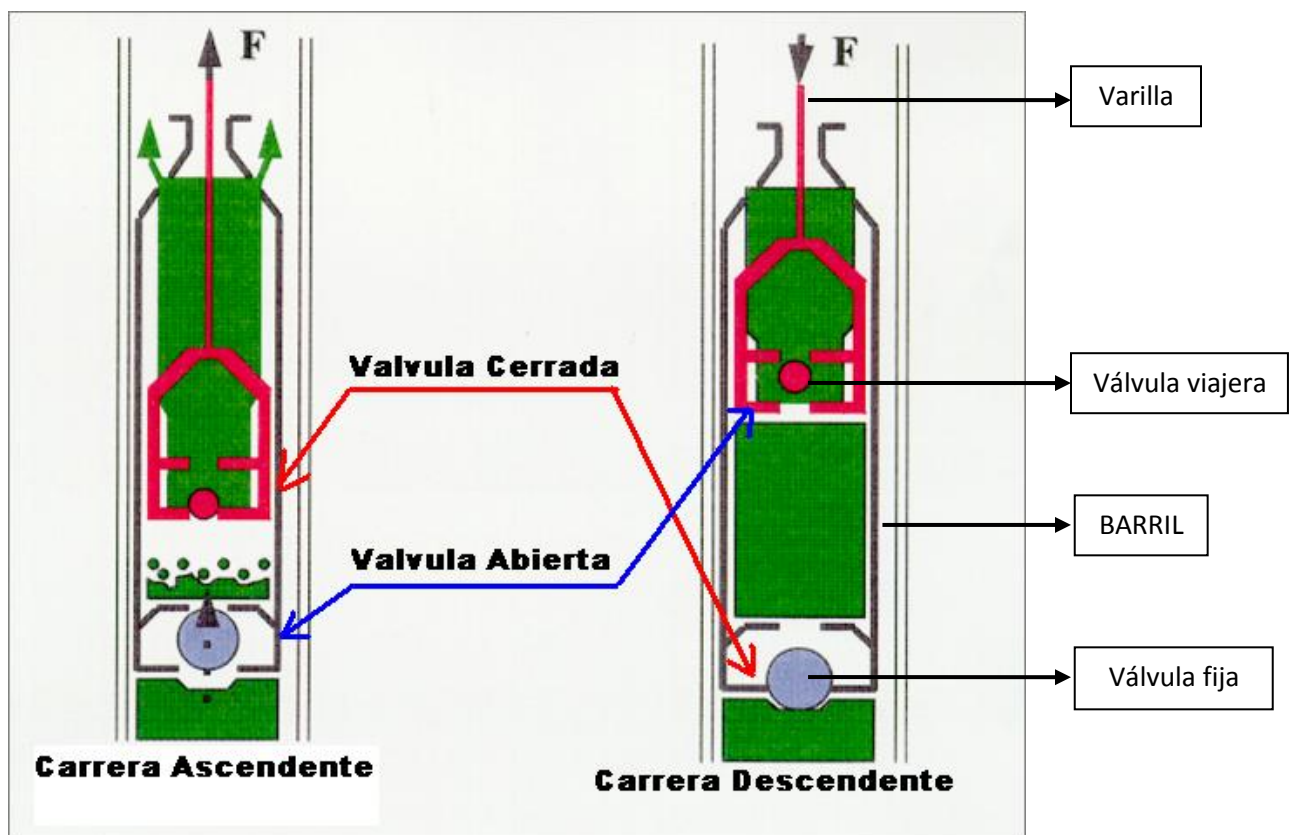


Figura 2.2: Funcionamiento de una bomba mecánica

Es decir, que para un adecuado funcionamiento de los barriles dentro de un sistema de extracción mecánica de petróleo se deben asegurar las siguientes condiciones:

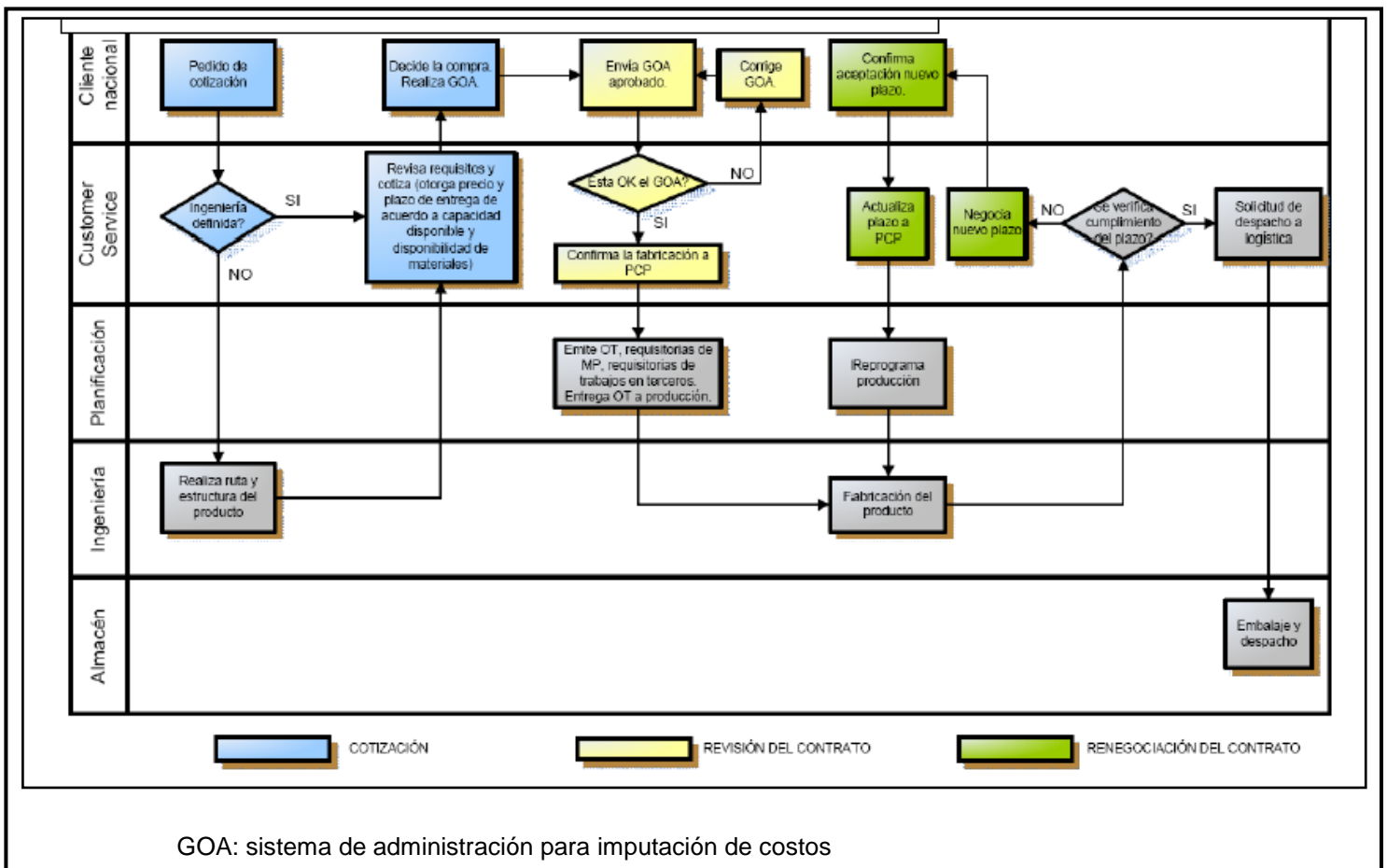
- Correcto dimensionamiento para lograr el ensamble con el sistema.
- Resistencia al desgaste.
- Resistencia a la corrosión.



Figura 2.3: Barriles

PROCESO ACTUAL DE LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

A partir de los objetivos empresariales y junto con la previsión de la demanda a largo plazo, se elabora una Planificación Estratégica, la cual sirve de soporte para la alta dirección al momento de tomar decisiones sobre la expansión de las instalaciones.



Cuadro 3.1: Proceso de planificación de la producción

Tal como muestra el flujograma, el proceso se inicia cuando el área Comercial recibe una Orden de Compra (OC) del cliente interno (Weatherford), revisa los requisitos y otorga precio y plazo de entrega de acuerdo a la capacidad disponible

mensual de la línea: 1200 barriles estándar. Como la producción se realiza contra OC no existe stock de productos terminados.

Si las condiciones son aceptadas por el cliente la OC es enviada al área de Planificación y Control de la Producción en el caso de productos ya desarrollados, y si se trata de productos nuevos se envía la OC al área de Ingeniería para que realice el desarrollo del producto y del proceso de fabricación, y luego envíe la OC al área de Planificación para que la cargue al sistema y de esa manera le dé ingreso a la empresa.

En dicha área se recopilan las OC en las cuales se especifican las cantidades de producto y los plazos de entrega, y tomando como prioridad a este último dato se planifica para los tres meses posteriores en un Plan Agregado de Producción, ya que todos los pedidos planificados para un mes tienen como fecha de entrega el primer día del mes posterior, y donde se tiene en cuenta también la información de recursos humanos y de disponibilidad de las materias primas.

Una vez emitidas las Órdenes de Trabajo (OT) se las envían al responsable de producción (supervisor) quien es el encargado de ordenar los pedidos de acuerdo a la ocupación que él observa en cada máquina.

El legajo que compone una OT contiene (anexo II):

1. El plano de la pieza a fabricar, que contiene además:
 - El N° de OT
 - El nombre y código de la pieza a fabricar
 - El tamaño del lote de producción (10 unidades o menos)
 - La fecha de emisión y finalización de la OT
 - Indicaciones técnicas (código de los programas de utilizar, etc.)
2. La secuencia de operaciones (Hoja de operaciones)
3. La planilla de autocontrol.

Durante la producción no existen registros de las distintas actividades: trabajo en proceso, horas trabajadas, paradas de máquina, estado de la OT, etc.

El principal problema que existe actualmente en la línea es que no se logra cumplir con la demanda mensual, lo cual es de suponer ya que se observa una

inadecuada planificación de la producción a lo largo de los distintos niveles, hasta en los plazos semanales y diarios en donde la programación queda librada al criterio del supervisor de turno. Dicha falta de organización impide visualizar el horizonte de planificación, para poder tomar las decisiones correctas en el momento oportuno.

Además, de las entrevistas realizadas con el personal de la empresa, se presume que el actual cuello de botella de la línea es el área de bruñido por la baja disponibilidad de maquinaria que opera con los barriles más largos, la baja potencia de las máquinas y las constantes paradas de máquina que sufre este CT, lo cual no permite abastecer de manera continua al área de cromado, provocando que se interrumpa el flujo de producción.

PLANTEO DEL PROBLEMA

En función a la información recogida, se puede concluir que uno de las principales necesidades de la planta es la de entregar los pedidos en tiempo y forma. Se apunta a que exista un sistema que permita a la empresa organizar mensualmente su producción, de manera que siempre se logre cumplir con lo acordado con el cliente. Entonces, se plantea el siguiente interrogante:

¿Cómo lograr establecer un método estandarizado que sirva como base para la planificación de la producción de barriles?

OBJETIVOS

Generales

Establecer un método de planificación para la producción de barriles de Weatherford para lograr cumplir con la demanda, optimizando los tiempos de fabricación, reduciendo los costos y por consiguiente, aumentando las ganancias generales de la empresa.

Específicos

- Determinar la capacidad actual instalada
- Encontrar los cuellos de botella y eliminarlos
- Establecer un método de distribución de las Órdenes de Trabajo en las diferentes máquinas
- Realizar un análisis del impacto económico

MARCO TEÓRICO

La importancia de la planificación de la producción

Planificar es definir objetivos y metas, estableciendo una estrategia general para alcanzarlas, y desarrollando los planes que permitan coordinar las actividades para lograrlas.

La planificación es la tarea principal de un responsable de producción, ya que a través de ella se determina una dirección para que los distintos sectores no trabajen con objetivos encontrados impidiendo que la organización se mueva de manera eficiente. Además, se reducen los efectos de los cambios y se podrá conocer cuál será su impacto, fundamentalmente se podrá comparar el desempeño con los objetivos a alcanzar y ver las desviaciones para tomar las decisiones correctivas que correspondan.

Dirección de producción y de operaciones. Decisiones estratégicas. Heizer y Render.

Planificación y programación

Las decisiones de programación comienzan con la planificación de la capacidad que incluyen a los recursos disponibles de equipos e instalaciones. Los planes de capacidad son normalmente anuales o trimestrales en función de la compra o eliminación de nuevos equipos e instalaciones y son definidos por la gerencia de la empresa.

En la fase del plan agregado, el área de planificación toma decisiones sobre la utilización de las instalaciones, inventario, personas y contratistas externos.

Normalmente los planes agregados son mensuales, y se asignan los recursos en función de una medida agregada como unidades, toneladas o número de horas hombre.

Luego, a través del programa maestro se desagrega la planificación agregada, se desarrolla un plan para productos específicos o líneas de producto concretas por cada semana y posteriormente se elaboran las OT.

Finalmente, los programas a corto plazo traducen las decisiones de capacidad, de planificación agregada y de programación maestra, en secuencias de trabajo y de asignaciones específicas de personas, materiales y máquinas.

Dirección de producción y de operaciones. Decisiones tácticas. Heizer y Render.

Determinación de la capacidad

Domínguez Machuca lo define la siguiente manera:

Capacidad:

La capacidad (C) se define como la cantidad de producto o servicio que puede ser obtenido en una determinada unidad productiva durante un cierto periodo de tiempo.

Utilización:

Las horas disponibles durante una jornada de trabajo no se dedican todas a producir (necesidades de mantenimiento periódicos de equipos, paradas por desayuno, ausentismo, roturas de máquina, etcétera). Sin embargo, las horas disponibles, que deben compararse con las necesarias, son sólo las realmente productivas. Para tener en cuenta esto se define el factor de utilización (U) como el cociente entre el número de

horas productivas (NHP) y el número de horas reales (NHR) de jornada por periodo. Es decir: $U = NHP / NHR$.

Eficiencia:

Otro importante hecho a considerar es que, individualmente, los distintos conocimientos, habilidades y rapidez de movimiento de la mano de obra, pueden hacer que distintas personas desarrollen una misma labor empleando diferentes tiempos productivos, es decir, con distinta eficiencia. Así pues, si dicha actividad se repite, daría lugar a un número diferente de horas productivas en función de quién las ejecute; incluso para una misma persona, éstas pueden diferir a lo largo del tiempo debido al efecto aprendizaje. Por otra parte, un mismo trabajador, en diferentes operaciones de diversos productos, puede desarrollar distintas eficiencias, lo que hace que pueda llegar a ocurrir que ni siquiera sean comparables las correspondientes horas productivas. Debido a ello, dichas horas no serían una unidad adecuada que permitiese la medida y comparación de la capacidad disponible y de la necesaria para desarrollar el plan de producción. Necesitamos, pues, utilizar una medida horaria homogénea, basada en unos valores de U y E de referencia, al objeto de poder compararlas. Dicha unidad de medida se denomina hora estándar y supone un valor 1 para los factores de eficiencia y utilización.

Para aclarar lo anterior diremos que, para reducir las horas productivas a horas estándar bastará por multiplicarlas por el factor de eficiencia (E), que sería igual al cociente entre el número de horas estándar (NHE) y el de horas productivas (NHP) desarrolladas en el mismo periodo. Este factor permite convertir la capacidad en horas productivas en capacidad en horas estándar. Es decir: $E = NHE / NHP$.

Ello implica, a su vez, que podemos traducir las horas reales de trabajo en h.e.:
 $NHE = NHP * E = NHR * U * E$.

Capacidad disponible:

La Capacidad Disponible (CD) deberá reflejar el volumen de output que podría ser logrado por período de tiempo en las circunstancias normales de producción (en horas reales), para la eficiencia (E) y utilización (U) reales del factor considerado. Es decir: $CD = C * U * E$.

Teoría de las restricciones (TOC)

El objetivo de una organización es el lucro económico, el resto son medios para la META final.

Los parámetros de gestión son variables financieras que permiten analizar el grado de acercamiento de una empresa a su meta son: beneficio neto, rentabilidad y liquidez. Pero Goldratt afirma que esta metodología de gestión induce a tomar decisiones equivocadas.

Como alternativa a los métodos de gestión tradicionales propone utilizar tres parámetros llamados parámetros de explotación:

-Ingresos netos: dinero generado por ventas.

-Inventario: todo dinero que la empresa invierte en adquirir bienes que luego pretende vender.

-Gastos de operación: todo dinero que gasta el sistema para convertir el inventario en ingresos netos.

Goldratt sugiere focalizarse en los ingresos netos ya que su incremento no está limitado por nada. Los costos y los inventarios solo pueden bajar hasta 0.

Para la TOC los pasos a seguir para obtener una mejora continua son:

1 - Identificar las limitaciones del sistema.

2 - Decidir como explotar las limitaciones: obtener el máximo rendimiento de un CT para eliminar todo tiempo improductivo.

3 - Subordinar todo a las decisiones adoptadas en el paso anterior, un CT que tiene capacidad limitada puede verse obligado a parar porque los recursos no limitados no le suministran los componentes. Opuestamente, que los recursos no limitados abastezcan una cantidad mayor de componentes que los necesarios a un cuello de botella (todo exceso se transforma en inventarios).

4-Elevar la limitación: esto significa eliminar la restricción aumentando su capacidad. A veces esto se logra con las acciones del paso 2.

Es posible que por mejorar la utilización de la limitación o incrementar su capacidad, esta haya desaparecido. Pero este no es el final, ya que al desaparecer esta limitación aparece el siguiente eslabón débil en la organización que debe ser tratado de igual manera.

5-Si en los pasos previos se ha roto una limitación hay que volver al primer paso. Durante el proceso de subordinar las decisiones al levantamiento de una limitación aparecen reglas, formales e informales, que de no ser revisadas aparecen como nuevas limitaciones.

Los principios básicos antes enunciados pueden resumirse en 9 reglas que tienen perfecta coherencia con los 5 pasos.

Regla 1: no se debe equilibrar la capacidad productiva, sino el flujo de producción.

Regla 2: la utilización de un recurso no CB no se determina por su capacidad sino por alguna otra limitación del sistema.

Regla 3: la activación y la utilización de un recurso no son la misma cosa, utilizar significa que este recurso ayuda a avanzar hacia la meta y activar es poner a funcionar un equipo que no ayuda a incrementar los ingresos.

Regla 4: una hora perdida en un CB es una hora perdida por todo el sistema.

Regla 5: cualquier hora ganada en un no CB es un espejismo.

Regla 6: los CB rigen los inventarios como la facturación del sistema.

Regla 7: el lote de transferencia puede no ser, y de hecho no debe ser, igual que el lote en proceso.

Regla 8: el lote de proceso debe ser variable a lo largo del tiempo.

Regla 9: las prioridades solo se pueden fijar conociendo simultáneamente todas las limitaciones del sistema.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

La principal materia prima utilizada son los tubos de Acero SAE 1030 sin costura (trefilado en frío) provistos por Siderca - Tenaris. Cada lote adjunta un certificado de inspección que especifica los análisis químicos y pruebas de tensión y dureza.

También se utilizan tubos de latón los cuales son suministrados por Earle M. Jorgensen Company (U.S.) cuyo certificado es similar al de los tubos de acero. Todos los lotes tienen un número de trazabilidad.

Los diferentes barriles que produce Weatherford se identifican con un Part Number (PN):

Ej.: PN: 45095B-11

Dónde cada parte corresponde a:

- 45095: diámetro y espesor de pared
- B: tipo de materia prima (sin letra: Acero SAE 1030, B: Latón).
- 11: largo en pies (3,35 m)

A su vez, cada PN se corresponde con un número de materia prima (MP):

Ej.: MP: MCB13-17522L

Dónde se hace referencia a:

- MCB13: espesor

Clasificación según API 11AX:
MCB11 (pared fina)
MCB12 (pared gruesa)

MCB13 (pared gruesa)
MCB16 (pared gruesa)

- 175: diámetro (50,8 mm)
- 22: largo en pies (6,71 m)
- L: tipo de materia prima (A: Acero SAE 1030, L: Latón).

Weatherford realiza compras de barriles de los siguientes largos: 16, 20, 24 y 34 pies (4,88; 6,10; 7,32 y 10,36 metros respectivamente), por lo tanto, de acuerdo al largo requerido para el barril y el largo del tubo de MP se obtienen uno o más barriles. Por ejemplo, se obtienen de un tubo de 22 pies de largo dos barriles de 11 pies.

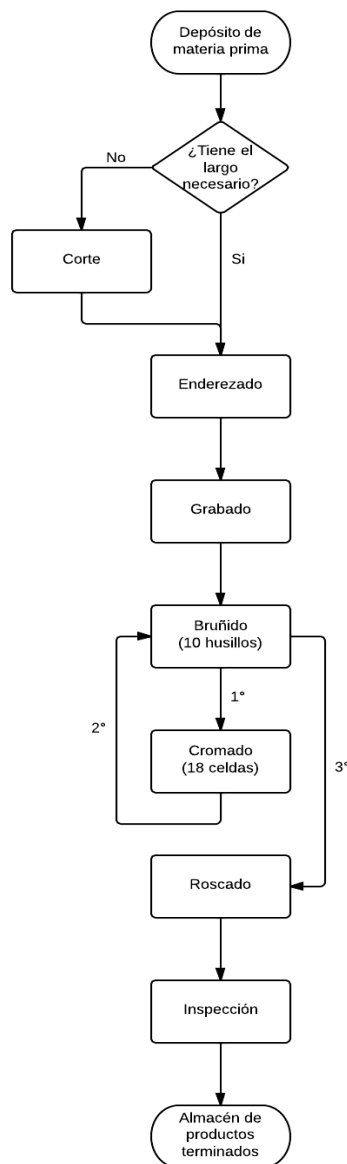
Como unidad de medida se utilizará un “barril estándar”, el cual tiene las dimensiones más aproximadas al área promedio, calculada como el cociente entre la suma de las superficies de todos los barriles a producir y la cantidad de dichos barriles. Se trata del PN 53055-20 que posee las siguientes dimensiones:

Barril estándar:
53055-20
2.00" x 20 Ft.

Diámetro (mm):	50,8
Largo (m):	6,1
Área (mm ²):	972385,152

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Los pasos que se llevan a cabo a partir de la llegada al Área de Producción de la OT son los que se encuentran en el siguiente flujograma:



Cuadro 6.1: Proceso de fabricación de los barriles

Como se puede observar en la ruta de proceso de fabricación, estamos frente a un tipo de fabricación en Job-shop, es decir que se fabrica bajo pedido, en lotes pequeños de ítems que tienen diferente secuencia de paso por las máquinas de cada centro de trabajo (CT), los cuales son utilizados en el desarrollo de una o de varias operaciones en la ruta de todos los ítems. Además, para cada uno de ellos, la obtención de un lote puede diferir en términos de materiales necesarios, tiempos de procesamiento en cada CT, necesidades de preparación, etc.

A continuación se describen las diferentes etapas de producción de los barriles:

Depósito de materia prima

En la zona derecha posterior de la planta se encuentra el depósito de tubos de materia prima, la misma es al aire libre y tiene facilidades para el acceso de los vehículos de transporte. Allí se disponen los tubos en racks organizados por diámetro y por largo.

Algunos tubos están expuestos durante un tiempo prolongado a la intemperie lo que provoca que se oxiden y que luego tengan que ser desechados ya que al mecanizarlos se deben desbastar demasiado y quedan inutilizables.



Imagen 6.1: Depósito de materia prima

Corte

La materia prima en buen estado es trasladada hacia el sector de corte. Algunos tubos tienen el mismo largo que se requiere y otras veces es necesario cortarlos para obtener dos o más barriles o para eliminar el excedente. En tales casos, los tubos son cortados con una sierra Elite automática que utiliza una sierra dentada Lenox y que cuenta además con una mesa de corte (o banco de trabajo) y un puente grúa.

El sector de corte es compartida con las demás líneas de producción de la empresa, aunque los barriles tienen prioridad sobre el mecanizado de cualquier otra pieza.



Imágen 6.2: Área de corte

Enderezado

Los barriles son enderezados por medio de una prensa hidráulica para lograr concentricidad a lo largo del eje del barril, para ello la máquina va repasando la superficie del cilindro para que todas las generatrices queden paralelas al eje mediante la corrección de los desvíos que se detectan. Todos los barriles son sometidos a esta etapa ya que posteriormente la pieza debe ser mecanizada, el tiempo en proceso dependerá del largo y del grado de deformación de cada uno.



Imágen 6.3: Área de enderezado

Grabado

En la siguiente operación cada barril es grabado por punzonado con una grabadora Bench Mark 460 para poder identificarlos y así poder llevar la trazabilidad de los productos. Un ejemplo de la inscripción que lleva cada barril es la siguiente:

WTF -45095-20- A1	(Weatherford – Part number - MP)
WO-54074-10	(Work order – N° barril)
API 11AX-0043-05/12	(Norma API – Fecha)



Imágen 6.4: Grabadora

Bruñido

El bruñido es la operación de acabado de la superficie interior por medio de piedras bruñidoras que tiene el objetivo de lograr la precisión y calidad superficial además de mejorar la macrogeometría: rectitud (la generatriz del cilindro debe estar comprendida entre dos rectas paralelas separadas entre sí) y cilíndricidad (la superficie debe estar comprendida entre dos cilindros coaxiales separados entre sí), de manera que se aumente la resistencia al desgaste.

La piedra abrasiva va montada en un cabezal expansible y está compuesta por granos abrasivos finos que producen superficies más lisas, y aglomerante para retener los granos en la piedra. Durante este proceso se utilizan además aceites para dar una acción de corte más suave y eliminar el material que se haya desprendido, debido a que las partículas no filtradas pueden producir rayas profundas en la superficie.



Imagen 6.5: BR05 del taller de bruñido

La empresa posee 5 bruñidoras de dos cabezales cada una que poseen diferentes características:

Bruñidora	Largo máx. que procesa	MP que procesa	Tipo de bruñido
BR01	24' (7,32 metros)	Acero	Incial y final
BR02	24' (7,32 metros)	Acero y latón	Incial y final
BR03	30' (9,14 metros)	Acero y latón	Incial y final
BR04	34' (10,36 metros)	Acero y latón	Incial y final
BR05	24' (7,32 metros)	Acero	Incial

Tabla 6.1: Bruñidoras y sus características

Todas las bruñidoras tienen dos cabezales que trabajan de forma independiente cada uno (lo que permite trabajar sobre tubos de distintos largos), el sistema de sujeción es mecánico, y el cabezal tiene un avance con carrera horizontal ascendente y descendente igual al largo del material a bruñir mientras que la barra tiene una rotación de derecha a izquierda.

Solo en el caso de la bruñidora BR05 los cabezales giran y avanzan a la vez mediante un sistema de sujeción hidráulica, con el tubo fijo.

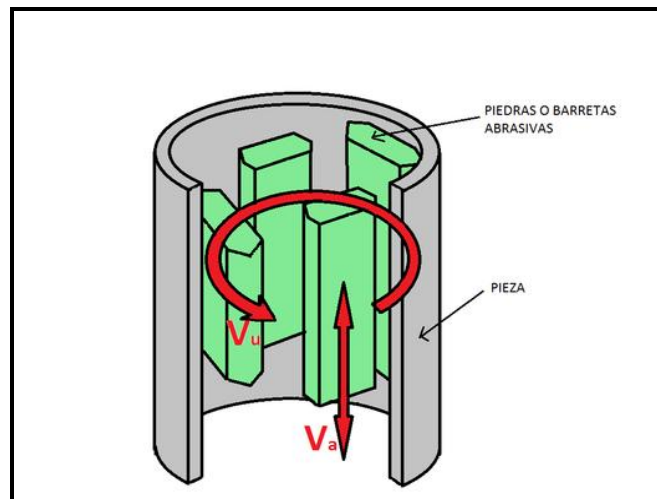


Imagen 6.6: Cabezal con carrera horizontal

El bruñido se realiza en dos ocasiones: antes del cromado para preparar la superficie y luego del cromado para pulir defectos y lograr la terminación final. Este proceso se realiza sobre todos los barriles.

El control de proceso realizado luego del bruñido final la medición del diámetro para asegurar el espesor del cromado.

Cromado

El cromado es un recubrimiento químico basado en la electrólisis, por medio del cual se deposita una fina capa de cromo metálico sobre las paredes internas de las barras. Este proceso se utiliza para mejorar la resistencia a la corrosión.

En un baño electrolítico de cromo se disuelve ácido crómico en agua en una proporción de 300 gramos por litro y se añade 2 gramos por litro de ácido sulfúrico. Se emplea como ánodo un electrodo de plomo y estaño.

Cuando el barril llega al área para ser cromado en su interior completamente se lo coloca en las celdas dispuestas verticalmente. Existen 16 celdas para barriles de hasta 24' de largo (de ahora en adelante las identificaremos a través del código CR01) y 2 celdas para aquellos de más de 24' (CR02). El proceso se realiza colocando la pieza en una celda mediante un brazo mecánico y liberando el flujo del baño de cromo desde abajo por medio de bombas centrífugas, el cual retorna a las cubas por rebalse.

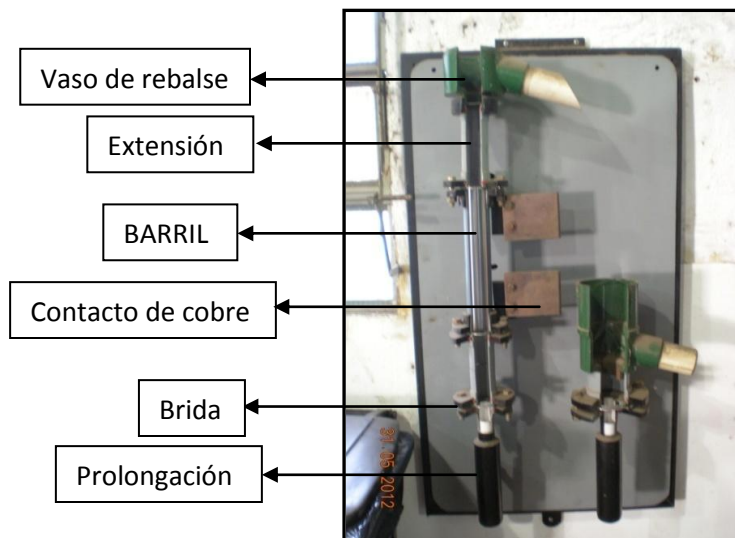


Imagen 6.7: Sistema de cromado

Se le realizan los siguientes controles del baño:

- Dos veces por semana: se analizan en el laboratorio propio los parámetros químicos principales como la concentración del ácido de cromo, ácido sulfúrico y las impurezas.
- Dos veces al mes: una muestra del baño es enviada al proveedor del ácido de cromo para revalidar los valores y ellos establecen las modificaciones a realizar.



Imágen 6.8: Planta de cromado

Roscado

Ya en el área de mecanizado, con un torno CNC se realiza el roscado de los extremos de la pieza, donde solo se debe cambiar el herramental en los casos en los que varíe el diámetro respecto al barril predecesor.



Imágen 6.9: Torno CNC

Inspección

La inspección final consiste en:

- Limpieza.
- Pruebas dimensionales de acuerdo a los requerimientos de la API 11AX:
 - La superficie interior terminada debe ser inspeccionada visualmente en el 100%. Para ello, se utiliza de soporte una micro videocámara.
 - El diámetro interior debe ser inspeccionado con el instrumento adecuado. Sugiere sistema neumático o micrómetro mecánico de 3 puntos.
 - Al 100% se le debe controlar la rectitud interior con un pistón de 4 pies (1,22 m) o mayor y tolerancia de 0,001" (0,03 mm).

- El recubrimiento interior (cromo, niquelado, etc.) debe ser controlado de acuerdo a lo establecido en el procedimiento del fabricante.
- Deben estar claramente visibles los datos grabados: nombre del fabricante, Licencia API, número de parte, identificación del material y fecha de fabricación.

Validación del proceso: cada mes un barril es utilizado para realizarle pruebas en el laboratorio propio:

- Adhesión de Ensayo de Doblado (ASTM B571).
- Examen metalográfico de la morfología de la capa de cromo.
- Micro-Dureza Vickers 100 gramos.
- Medición del espesor directo.

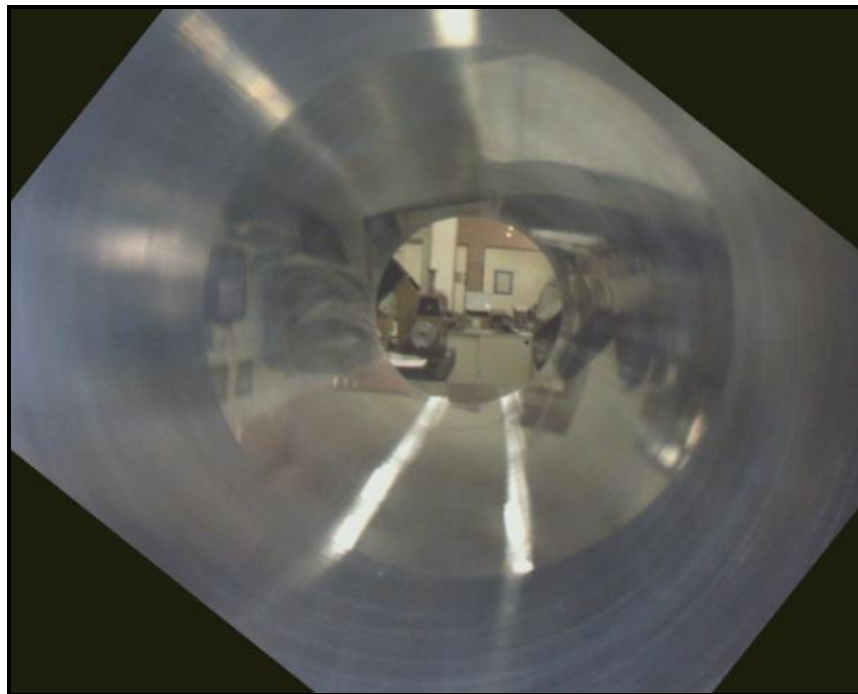


Imagen 6.10: Inspección visual con una microvideocámara

Pintado

Durante esta operación se pintan los barriles con pintura gris para lograr terminación y protección externa. La disposición de pintura sobre el barril se realiza mediante un soplete y se trabaja con el lote completo. Para ello se cuenta con caballetes dentro de cubículos de chapa recubiertos internamente con material absorbente.



Imágen 6.11: Área de pintura

Almacén de producto terminado

El producto terminado es registrado con el código de producto y N° de OT antes de su ingreso al almacén, donde se lo protege, embala, almacena y posteriormente

despacha. El sector de almacenamiento de productos terminados tiene una superficie de 800 metros cuadrados y los mismos son organizados por tipo de barril.

Datos generales

- La trazabilidad se controla mediante el n° de OT que se graba en cada producto, el Área de Calidad mantiene en archivo los legajos de cada OT donde se incluye: la copia de los planos utilizados, las planillas de autocontrol, los registros del n° de trazabilidad de las materias primas empleadas, etc.
- En cada etapa del proceso se realiza el Autocontrol adjuntado en las OT.
- El tamaño del lote con el que se trabaja es igual o menor a 10, siempre agrupando los de mismo PN.
- La mano de obra se rige de la siguiente manera:
 - En las áreas de bruñido y cromado se trabajan las 24 horas del día los 365 días del año de acuerdo al siguiente régimen de turnos rotativos: 4 días con turnos de 12 horas y 4 días de descanso, con 1 operario por máquina de bruñido y 3 operarios para el área de cromado.
 - Para el resto de las operaciones se necesitan 1 operario por centro de trabajo y se trabajan 8 horas y media diarias con turnos de Lunes a Viernes de 5 hs. a 13:30 hs. y de 13:30 hs. a 22 hs.

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ACTUAL

Se calculó la capacidad C, capacidad teórica máxima de producción que se da en óptimas condiciones, de cada Centro de Trabajo (CT) teniendo en cuenta los siguientes datos:

- días disponibles mensuales
- horas disponibles diarias
- velocidad estándar de producción (pza/hr): obtenido de un estudio de tiempos que realizó la empresa
- n° de máquinas del CT (o de celdas en el caso del cromado)

$$\text{Capacidad (C)} = \text{días disponibles mensuales} * \text{horas disponibles diarias} * \text{velocidad estándar de producción} * \text{n° de máquinas del CT}$$

	CT01	CT02	CT03	CT04	CT05	CT06	CT07	CT08
	CORTE	ENDEREZADO	GRABADO	BRUÑIDO	CROMADO	ROSCADO	INSPECCIONADO	PINTADO
Días disponibles mensuales promedio	20	20	20	30	30	20	20	20
Horas disponibles diarias	17	17	17	24	24	17	17	17
Velocidad estándar de producción (pza/hr)	38,21	4,93	17,68	0,44	0,10	3,99	5,53	15,85
N° de máquinas del CT	1	1	1	5	18	1	1	1
N° de etapas por CT	1	1	1	2	1	1	1	1
Capacidad de cada CT	12991	1676	6011	3168	1296	1357	1880	5389

Tabla 7.1: Capacidad teórica de cada CT

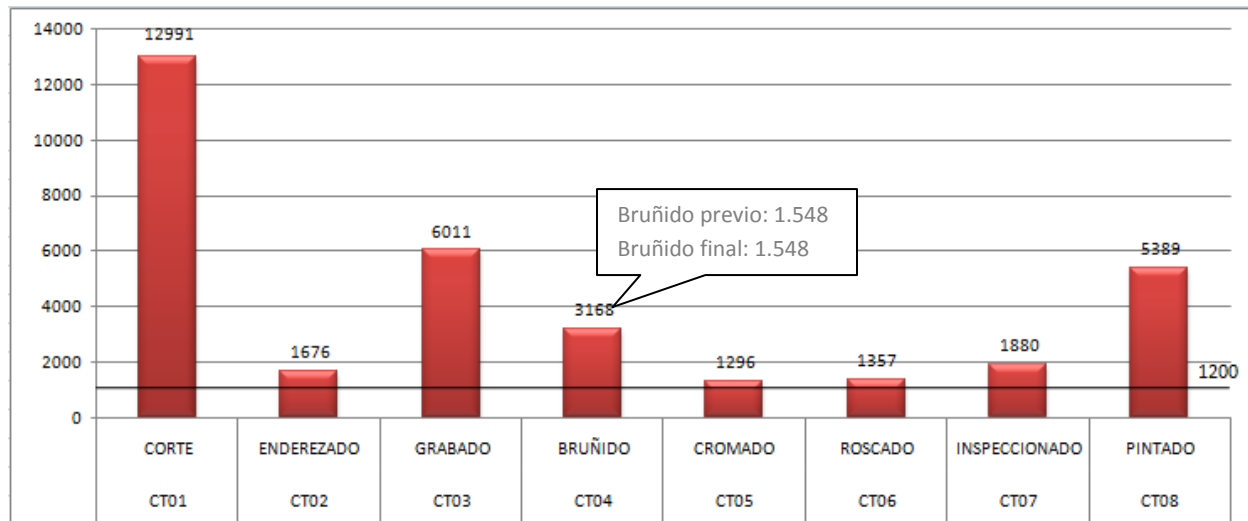


Gráfico 7.1: Capacidad teórica de cada CT

Allí se observa que el cuello de botella de la línea se encuentra en el área de Cromado ya que es el CT con menor capacidad, mientras que las capacidades de Corte, Grabado y Pintado están muy por encima de la capacidad del resto de los CT, principalmente debido a que no toda la materia prima debe ser cortada, el tiempo necesario para realizar el grabado es muy corto y en el área de pintado se trabajan los lotes completos.

En el caso de las áreas de Bruñido y Cromado, es importante destacar que existe la particularidad, a diferencia del resto de las áreas que cuentan con una sola máquina cada una, de que cada barril puede ser trabajado en una o varias máquinas (o celdas), por lo que se realizará un análisis secundario ya que pueden existir desequilibrios entre las capacidades de las diferentes máquinas.

El área de Cromado está compuesta por 18 celdas conectadas a una misma cuba, poseen un único administrador de barriles y el armado manual de la celda es realizado por el mismo operario, por lo tanto, al no haber registros de tiempos ni existir diferencias de condiciones, la capacidad de cada una será considerada como 1/18 de la capacidad total del CT.

Por su lado, el área de Bruñido está compuesta por 5 máquinas con diferentes características entre ellas. Vamos a analizar esta área incorporando al cálculo el factor de eficiencia y de utilización para cada caso, ya que es el único CT que registra dichos datos, además de ser el área donde más problemas técnicos se detectan.

En este caso, la capacidad disponible se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad disponible (CD)} = \text{días disponibles mensuales} * \text{horas disponibles diarias} * \text{velocidad estándar de producción} * E * U$$

Es decir, el volumen que puede ser producido en un período de tiempo en las normales circunstancias de producción, para la eficiencia y utilización reales.

En el anexo III se encuentra el detalle de los cálculos de CD realizados donde se consideraron los meses de Enero, Febrero y Marzo 2013.

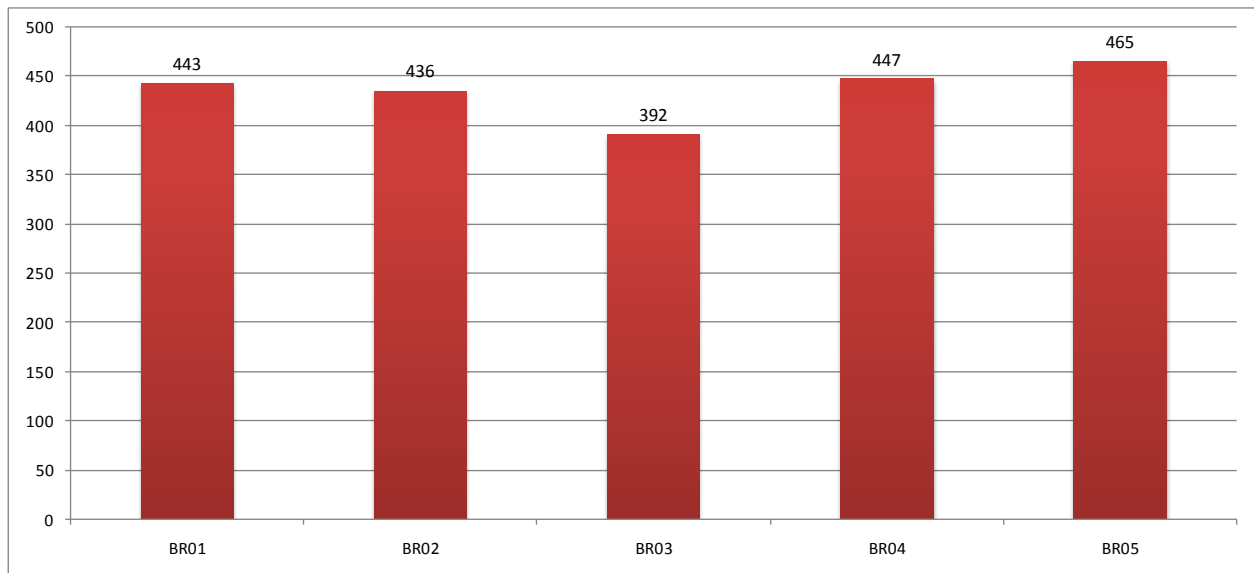


Gráfico 7.2: Capacidad disponible de cada bruñidora

Se observa que existe un importante desequilibrio entre la capacidad real de las diferentes máquinas, especialmente en la BR03, lo cual era ignorado en el análisis anterior. Se conoce ahora que la capacidad real del área de bruñido (CT04) que se obtiene sumando las capacidades de cada bruñidora es de 2.182 barriles estándar en

total: 1.091 barriles para bruñido inicial y 1.091 para bruñido final (en el cálculo inicial daba un total 3.168 barriles estándar), y se convierte en otro cuello de botella para la línea porque la capacidad disponible necesaria en cada etapa de bruñido es inferior a la supuesta por la empresa de 1.200 barriles estándar.

Para el cálculo del factor de utilización “U” se utilizaron los datos de paradas de máquina registrados por la empresa en el CT04 para los meses de Enero a Marzo que se observan en el siguiente gráfico de Pareto:

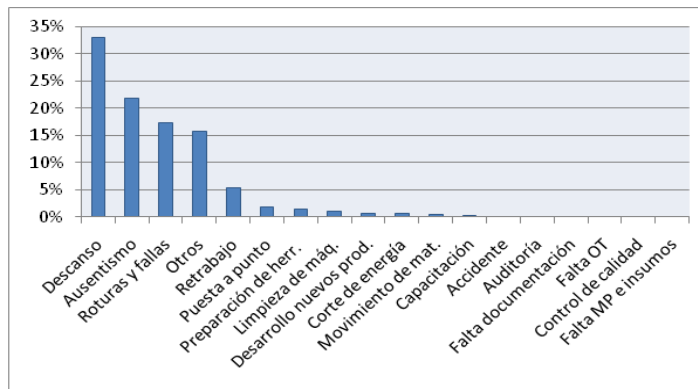


Gráfico 7.3: Pareto de paradas de máquina del CT04

Se manifiesta que las 4 primeras causas son las que provocan el 88% de las paradas. El mayor porcentaje de paradas son debido al descanso, este indicador se ve afectado porque no existe un régimen de descansos intercalados, sino que todos los operarios se toman los descansos en los mismos horarios dejando de producir durante esos momentos. De las roturas y fallas las más comunes fueron:

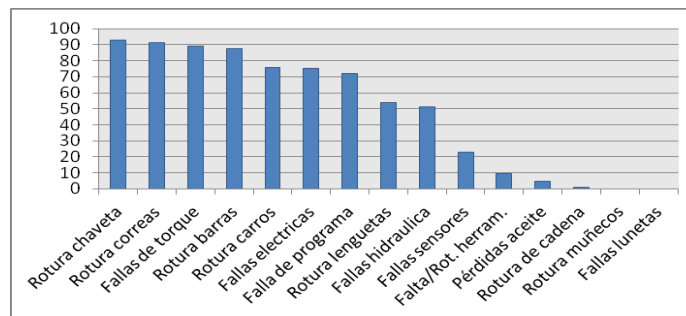


Gráfico 7.4: Tipos de roturas y fallas

En el caso del factor de eficiencia “E” se utilizaron los tiempos tomados en la empresa sobre las horas productivas que cada operario tuvo durante los meses estudiados. Estos valores varían proporcionalmente a la capacidad de cada operario, las condiciones de trabajo y la variable suplencia por vacaciones que repercute significativamente en esos meses.

Para poder realizar un análisis global de la línea de barriles se calculó también la saturación de los CT para los mismos meses antes considerados.

Operación	PRODUCCIÓN			CAPACIDAD	Promedio	SATURACIÓN			
	ene-13	feb-13	mar-13			ene-13	feb-13	mar-13	PROMEDIO
Cortado	1123	1042	1095	12991	9%	8%	8%	8%	
Enderezado	1123	1042	1095	1676	67%	62%	65%	65%	
Grabado	1123	1042	1095	6011	19%	17%	18%	18%	
Bruñido total	2246	2084	2190	2183	103%	95%	100%	100%	
Cromado	1123	1042	1095	1037	108%	101%	106%	105%	
Roscado	1123	1042	1095	1357	83%	77%	81%	80%	
Inspeccionado	1123	1042	1095	1880	60%	55%	58%	58%	
Pintado	1123	1042	1095	5389	21%	19%	20%	20%	

Tabla 7.2: % de saturación de los CT

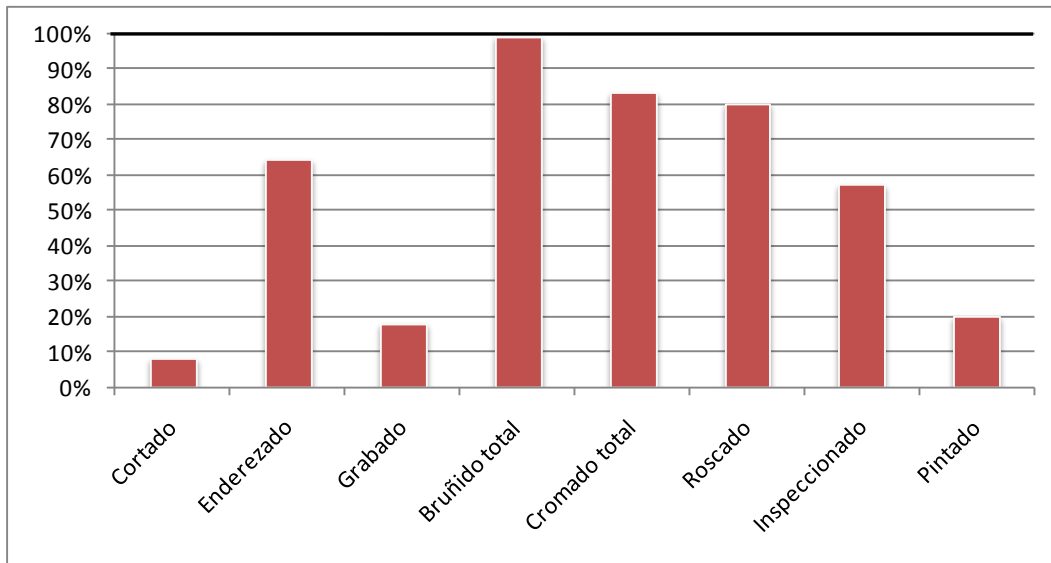


Gráfico 7.5: % de saturación de los CT

El gráfico demuestra que las áreas de Cromado y Bruñido están sobresaturadas. En Corte, Grabado y Pintado se confirma el exceso de capacidad y el resto de las áreas tienen un porcentaje de saturación aceptable.

Nuevamente para el sector de bruñido se analizó la saturación de cada máquina ya que contamos con los datos de producción específicos de cada una de ellas durante los meses considerados:

	PRODUCCIÓN			CAPACIDAD	SATURACIÓN			
Bruñido BR01	420	402	294	443	95%	91%	66%	84%
Bruñido BR02	522	429	534	436	120%	98%	123%	114%
Bruñido BR03	553	546	538	392	141%	139%	137%	139%
Bruñido BR04	427	288	466	447	96%	64%	104%	88%
Bruñido BR05	324	419	359	465	70%	90%	77%	79%

Tabla 7.3: % de saturación de cada bruñidora

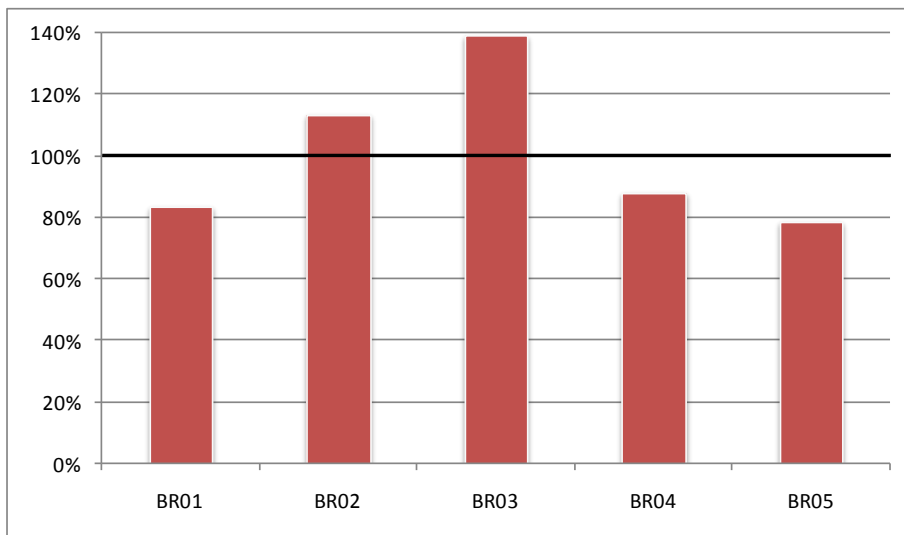


Gráfico 7.6: % de saturación de cada bruñidora

El gráfico reafirma el desequilibrio existente en el área de bruñido ya que la máquina con menor capacidad es la más saturada. Esta diferencia de porcentajes de saturación se produce porque se están asignando la misma cantidad de barriles a las distintas máquinas debido al desconocimiento de las capacidades reales.

Concluimos que los cuellos de botella actuales son las áreas de bruñido y cromado, ya que se observa que son los CT con menor capacidad disponible, de manera que se deduce que generalmente sería imposible lograr producir los 1.200 barriles estándar por mes. Además de que la capacidad teórica que tiene el área de bruñido es baja, se le suma el mix inadecuado de productos que se trabajan en las distintas máquinas y que perjudica a los siguientes CT que tienen una capacidad muy ajustada y que por la falta de abastecimiento en el momento adecuado la capacidad real disminuye considerablemente, tal como lo demuestra el gráfico de saturación. Estamos ante la presencia de un cuello de botella intermitente. Por último, al haber dos cuellos de botella seguidos (equivalentes a tres etapas: bruñido Inicial - cromado - bruñido final) habrá que prestar especial atención en el área de Roscado que tiene una capacidad teórica muy ajustada y si aumentara su tiempo improductivo por no disponer de lotes para procesar producto, se convertiría en un nuevo problema en la línea.

ANÁLISIS DE LOS CUELLOS DE BOTELLA

El área de planificación elabora la hoja de operaciones para cada barril pero no determina en qué bruñidora o celda de cromado debe ser procesado, de manera que cuando el barril llega a esos CT, es el supervisor quien de acuerdo a la ocupación que observa en las máquinas o celdas le da un destino a cada lote. Pero el hecho de que las diferentes máquinas tengan limitaciones dimensionales, de mecanizado de la materia prima y de tipo de bruñido, provoca que algunas bruñidoras se saturen más que otras, que aumenten los tiempos improductivos y que no se logre terminar toda la producción mensual.

En el caso de las celdas de cromado no contamos con información sobre la saturación específica de cada una de ellas, pero podemos suponer que sucede algo similar ya que también existen limitaciones dimensionales con respecto a los barriles a cromar.

A continuación se detallan las condiciones de trabajo:

	LARGO			MP		TIPO BR	
	<24'	<30'	<34'	ACERO	LATÓN	BR INICIAL	BR FINAL
BR01	X			X		X	X
BR02	X			X	X	X	X
BR03	X	X		X	X	X	X
BR04	X	X	X	X	X	X	X
BR05	X			X		X	
CR01	X			X	X		
CR02	X	X	X	X	X		

Tabla 8.1: Características de trabajo de cada bruñidora y tipo de celda

Como se puede apreciar en el cuadro, existen diferencias en la variedad de barriles que pueden trabajar las distintas bruñidoras y celdas. Esto provoca que en los casos en los que se tienen que mecanizar barriles de 34 pies puede ocurrir que la máquina esté ocupada con barriles de menor largo que podrían haber sido bruñidos en otra máquina, provocando que se forme cola de espera y alargando los tiempos de entrega de los barriles. Lo mismo sucede en el sector de cromado con las celdas n° 17 y 18 que son las únicas que se adaptan a los barriles más largos.

Es necesario, por lo tanto, equilibrar las cargas para aprovechar las bruñidoras y celdas al máximo, porque al ser estos los CT cuellos de botella, marcan el ritmo de producción de toda la línea.

Para ello, definiremos varios grupos de productos para diferenciar aquellos que pueden ser mecanizados en cada una de las bruñidoras y los que tienen que ser cromados en determinadas celdas.

En el siguiente cuadro se detallan los nuevos grupos de producto propuestos con sus características y tablas de prioridades (la celda coloreada en gris marca para cada grupo la máquina o celda en la que tiene prioridad para ser procesada, más allá de que algunos grupos pueden ser procesados en más de una de ellas tal como lo muestran las cruces):

	LARGO	MP	TIPO DE BRUÑIDO	BR01	BR02	BR03	BR04	BR05	CRO1	CRO2
GR01	<24'	Acero	Inicial, Final	x	x	x	x	x	x	x
GR02	<24'	Latón	I o F		x	x	x		x	x
GR03	24'<x<30'	A o L	I o F			x	x			x
GR04	30'<x<34'	A o L	I o F				x			x

Tabla 8.2: Grupos de producto (características y escala de prioridades)

Haciendo un análisis de los tres meses que venimos trabajando, determinamos qué porcentaje de los barriles mensuales fabricados pertenece a cada grupo:

	ene-13	feb-13	mar-13
GR01	90%	84%	85%
GR02	7%	7%	10%
GR03	0%	0%	0%
GR04	3%	8%	6%

Tabla 8.3: % de barriles en cada grupo

Si consideramos que del GR01 se podría trabajar el 50% en la BR01 (para bruñido final) y el otro 50% en la BR05 (para bruñido inicial), se advierte que es posible equilibrar la producción en las bruñidoras ya que las que están menos saturadas son las que más barriles con prioridad tienen y las sobresaturadas tienen un porcentaje de barriles asignado sumamente bajo.

En cuanto a las celdas de cromado, casi el 90% de ellas (16 de 18) son para cromar más del 90% de los barriles (GR01 y GR02), por lo que también es posible utilizarlas al máximo sin desperdiciar tiempos.

Es decir, que el problema no está en la falta de bruñidoras o celdas que trabajan con determinados largos sino en el método de asignación.

En conclusión, se ha determinado que los cuellos de botella son las áreas de Bruñido y Cromado (son dos porque tienen casi exactamente la misma capacidad, 1091 y 1037 barriles estándar respectivamente), es decir que la capacidad de toda la línea estará definida por la capacidad de los mismos.

Por lo tanto, el principal problema que existe es que se aceptan pedidos que finalmente no se pueden realizar a tiempo debido al desconocimiento de la capacidad real, entonces, en primer lugar se propone que mensualmente se actualice el análisis de la capacidad en barriles estándar incorporando los factores de eficiencia y utilización de todos los CT para que el área comercial pueda comprometerse con los clientes basándose en datos reales y no teóricos.

Para ello, cada vez que se analice aceptar o no la producción de un pedido en un plazo determinado se deberán calcular y verificar las cuatro condiciones que se detallan a continuación, ya que no se debe comparar contra un número de barriles estándar en general porque existen limitaciones que condicionan la combinación del total de barriles estándar que se pueden producir en la planta durante un mes, y que se calculan en base a la capacidad disponible de las diferentes máquinas limitantes (en el anexo IV se presentan los resultados del mes que venimos tomando como ejemplo):

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{GR02} \leq \text{CD BR02} \\ \text{GR03} + \text{GR04} \leq \text{CD CR02} \\ \text{GR01} \leq \text{CD TOTAL} - \text{GR02} - \text{GR03} - \text{GR04} \end{array} \right.$$

Donde CD es capacidad disponible de determinada bruñidora o celda.

En segundo lugar, para eliminar los cuellos de botella se deberán atacar las principales causas de paradas de máquina reduciendo el nivel de ausentismo con programas de incentivo, programando descansos intercalados entre los operadores de una misma máquina, realizando un plan de mantenimiento preventivo y velando por su cumplimiento, y además realizando mejoras en el equipamiento como un aumento de la potencia de las bruñidoras para disminuir los tiempos de producción y la adaptación de las máquinas y celdas existentes para que trabajen todos los largos de materia prima de manera que se vuelva indistinto el paso del producto por cualquiera de las máquinas disponibles para esa operación.

Los picos de saturación deben ser eliminados para que ante cualquier imprevisto se pueda lograr satisfacer la demanda de todas maneras. Pero para solucionar el problema de no poder entregar los pedidos a tiempo no solo se debe aumentar la capacidad sino también de aprovechar los recursos al máximo mediante una eficaz programación.

PROGRAMACIÓN A CORTO PLAZO

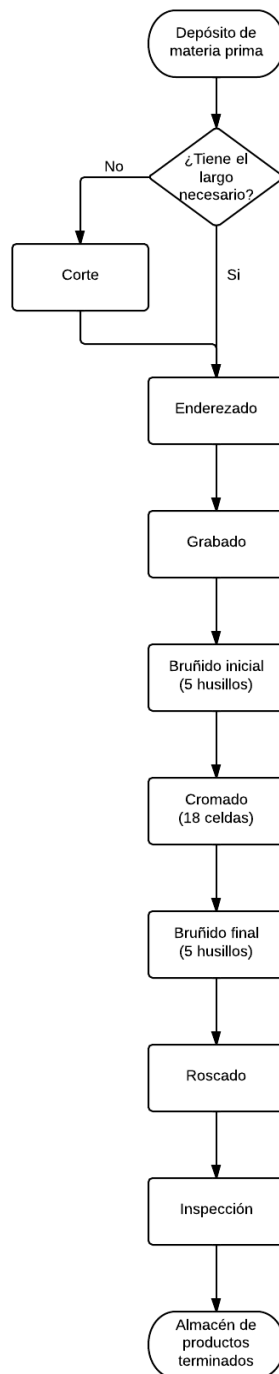
Un Programa de Operaciones maximiza la utilización de la capacidad de las instalaciones, y es imprescindible para que los supervisores y cada trabajador responsable de una instalación sepa qué ha de hacer en cada máquina, en qué orden debe realizarse y cuáles son las fechas de comienzo y finalización de cada operación, de forma que se cumplan las fechas de entrega planificadas con la mayor precisión posible.

Como ya se ha mencionado, la configuración de la línea es de tipo Job-shop, es decir que cada orden tiene una ruta de producción propia, lo que le confiere flexibilidad al proceso pero vuelve dificultosa la tarea de gestionar, especialmente cuando existe un CT (bruñido) que realiza dos etapas no consecutivas del proceso. Se trata de un caso complejo de programación con un altísimo número de posibles soluciones del problema. Ello hace que la práctica haya derivado hacia la utilización del método de prueba y error para obtener soluciones aceptables, que estén cerca del óptimo.

Se realizarán consideraciones tendientes a simplificar la tarea de programar independizándonos del flujo que vuelve a ocupar el área de bruñido durante el bruñido final:

- De las bruñidoras BR02, BR03 Y BR04 utilizaremos el 1° husillo para realizar el bruñido inicial y el 2° husillo para el bruñido final, entendiéndose como máquinas independientes.
- Los dos husillos de la BR05 realizarán el bruñido inicial.
- La bruñidora BR01 se dedicará al bruñido final con sus dos husillos.

El flujograma del proceso actualizado quedaría como se muestra a continuación:



Cuadro 9.1: Nuevo flujograma del proceso

Nos encontramos con tres actividades a analizar para obtener un Programa de operaciones:

1. Asignación de los pedidos a las diferentes máquinas de un CT, ya que algunas operaciones pueden realizarse en varios equipos diferentes.

En nuestro caso los dos CT que cuentan con varias máquinas para realizar la misma operación son los de Bruñido y Cromado. Aquí sería necesario asignar previamente cada pedido a las diferentes máquinas, sin tener en cuenta el orden de los pedidos y luego equilibrar la carga generada en cada CT, para elaborar los trabajos asignados con la capacidad disponible de cada una para el período considerado.

Para ello se asignaran los pedidos a las diferentes máquinas teniendo en cuenta las limitaciones de cada una, considerando para este primer estudio de la programación de la línea de barriles, que los tiempos de realización de cada operación son los mismos en todas las máquinas, además teniendo en cuenta que el porcentaje de defectuosas, los desperdicios, etc., no varían en las diferentes máquinas, ya que no existen registros del tiempo que demora una misma pieza en cada una de las máquinas, ni en el volumen de piezas desperdiciadas.

Para poder realizar esta primera etapa, las tareas a realizar en el área de planificación serán las siguientes:

- una vez determinada la lista de barriles a producir durante el siguiente mes se deberán separar los PN por lotes (para trabajarlos luego como unidades),
- fijarles el grupo al cual corresponden y
- realizar el cálculo del tiempo de bruñido y cromado para cada lote teniendo como referencia al barril estándar (anexo V).

De la asignación de cada grupo según las prioridades para el CT04 y CT05 se obtienen la solución inicial y la solución optimizada. Los cálculos se encuentran en el anexo VI y se basan en los datos del mes de Enero.

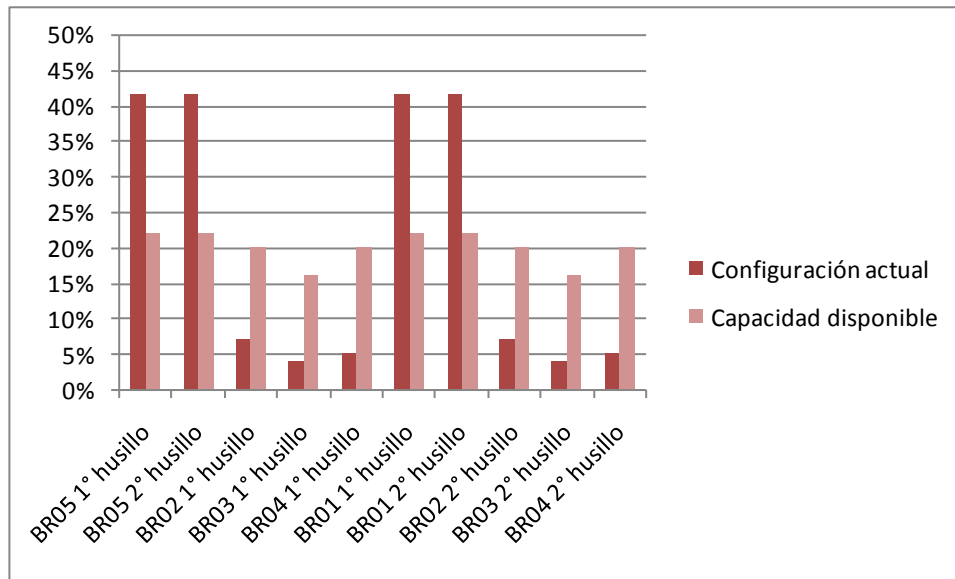


Gráfico 9.1: Solución inicial para bruñidoras

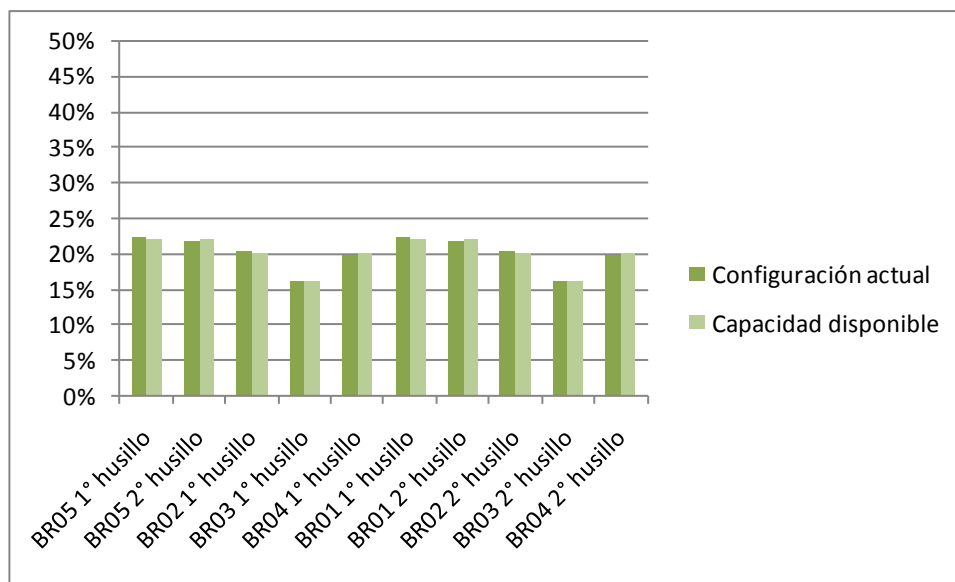


Gráfico 9.2: Solución optimizada para bruñidoras

Para el caso del área de cromado la solución inicial es la mejor alternativa (los datos se detallan en el anexo VII):

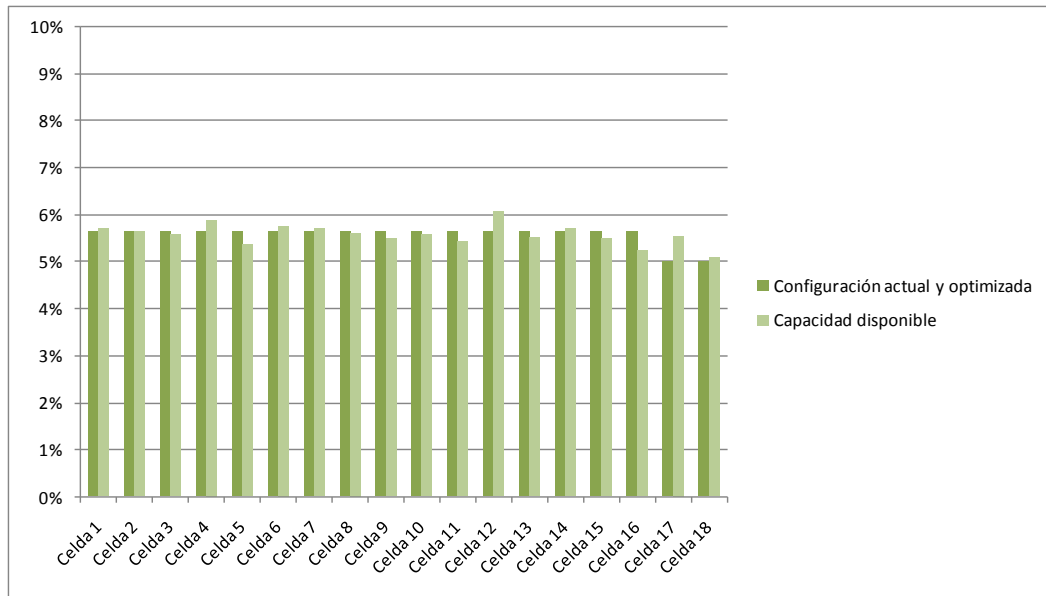


Gráfico 9.3: Solución inicial y optimizada para el área de cromado

2. Secuenciación de los pedidos estableciendo el orden de prioridad de paso de los pedidos en los diferentes CT y empleando la menor cantidad de tiempo y recursos.

En este tipo de configuración ninguna técnica suele contemplar simultáneamente la multiplicidad de objetivos del problema, por lo tanto nos centraremos en aquel que es prioritario para la empresa: cumplimiento de las fechas de entrega, intentando llegar a una solución aceptable.

En este caso la secuenciación se realizará partiendo del análisis del área de bruñido, debido a que se trata del primer CT que tiene limitaciones para procesar los productos y de esta manera, se garantizaría que en las áreas cuello de botella siempre haya material para procesar. Entonces, para iniciar la secuenciación de la línea, tomaremos el primer lote de cada bruñidora ordenados de menor a mayor diámetro y dentro de los del mismo diámetro de menor a mayor largo, luego los segundos y así sucesivamente (en las BR02, BR03 y BR04 se bruñirán primero los lotes con prioridad allí). Luego, en el área de cromado, seleccionamos el primer barril bruñido disponible

como el próximo a ser realizado en cada celda cuando esté próxima a quedarse libre, siempre que las limitaciones dimensionales lo permitan. Por último, al llegar al bruñido final, se respetaran las asignaciones realizadas en la etapa previa.

Un ejemplo de los resultados obtenidos se encuentra en el anexo VIII.

3. La Programación detallada determina los momentos de comienzo y fin de las actividades en cada CT.

Los procedimientos de prueba y error permiten representar el desarrollo de las diferentes opciones a realizar de cada lote en cada CT en función del tiempo.

En el siguiente gráfico de Gant del mes de Enero 2013 se muestra un ejemplo de Programa de operaciones, donde se puede apreciar además para la solución propuesta, la coordinación de las secuencias, las colas de espera y los tiempos ociosos (en el anexo IX se encuentra la tabla correspondiente al siguiente gráfico).

El mismo demuestra el ahorro de días de producción que se lograría con el nuevo método de planificación para realizar la producción que la empresa se había comprometido a entregar.

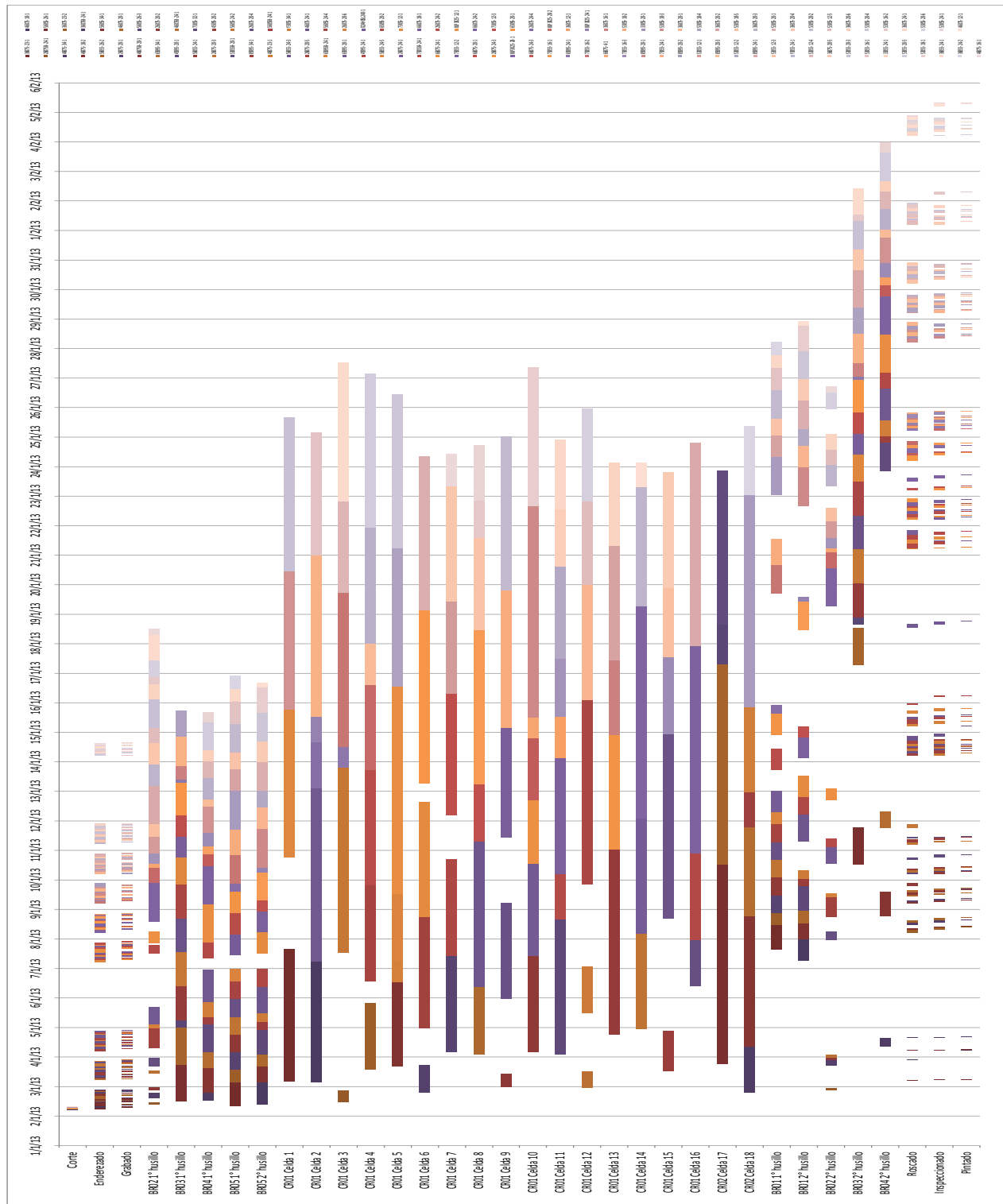


Gráfico 9.4: Programa de operaciones

La forma en que se haga el Programa de Operaciones conllevará importantes consecuencias, pues ésta influirá en el tiempo total empleado en la realización de los trabajos, en el volumen de la producción en proceso, en la eficiencia, en los costos, en las fechas de finalización de los pedidos y, por consiguiente, en el nivel de servicio a los clientes.

Se vuelve necesario, entonces, controlar las distintas actividades diarias: cantidades de ítems realmente obtenidas, la eficiencia y la utilización de los CT, las fechas de entrega, la evolución de las colas de espera, la adecuación de las capacidades y cargas planificadas a las reales, etc.

Dichas actividades podrían reunirse en las siguientes funciones:

- Registrar la evolución de los pedidos en curso a través de los CT, estableciendo la situación de los mismos al final de cada jornada y controlando las cantidades de ítems.
- Controlar el desarrollo de las operaciones en los CT, estableciendo los tiempos empleados y desperdiciados. Y controlar la capacidad de cada CT mediante la comparación de la carga y capacidad planificados con las reales, estableciendo la evolución prevista de cola de espera y las medidas de ajuste de capacidad necesarias a muy corto plazo, para mantenerla en los niveles deseados.

En el anexo X se encuentra el ejemplo de un Formulario de producción diario y del Formulario por lote. Luego con un gráfico se podrán controlar la evolución de los indicadores a lo largo del mes.

Sólo así será posible detectar las divergencias significativas entre los valores planificados y los reales, en base a las cuales se adoptaran las medidas correctoras necesarias semanalmente, que se retroalimentaran a los distintos niveles del sistema, de forma que la información utilizada para la toma de decisiones sea siempre actualizada.

ANÁLISIS ECONÓMICO

En este capítulo analizaremos cual sería el impacto económico de implementar las mejoras que se propusieron en las secciones anteriores. La optimización de la planificación de la producción puede repercutir en los siguientes aspectos:

- Mano de obra directa e indirecta
- Agua y energía
- Materia prima directa e indirecta
- Gastos de administración
- Gastos de comercialización
- Etc.

En nuestro caso, las mejoras están enfocadas a entregar los pedidos a tiempo, es decir, que el ahorro provendría de la disminución de los tiempos necesarios para producir el mismo volumen de producción. Por lo tanto, todas aquellas variables que tengan costos relacionados al tiempo serán las que generarán el ahorro para la empresa.

En el caso de la materia prima también se podrían generar ahorros desde el punto de vista de la demanda ya que al no existir un pronóstico se compran barriles de diferentes largos y se los corta, en vez de adquirirlos directamente del largo necesario para no desperdiciar sobrantes de materia prima y para disminuir los costos ya que el precio que se paga por cada tubo de materia prima es proporcional a la superficie del mismo, y además se generan gastos por tener personal y equipos disponibles para tal fin.

De todas maneras, la disminución en los costos más importantes estará vinculada a la utilización de la mano de obra directa y al consumo de energía.

El principal ahorro se verá reflejado en la disminución del costo de mano de obra directa por cada barril. En el caso del mes de Enero 2013, los pedidos comprometidos a

producirse durante ese mes fueron completados a los 50 días, pero a través de la propuesta de reconfiguración de las etapas de planificación de la producción esos mismos pedidos podrían ser terminados en 36 días, es decir que el costo incurrido en mano de obra para dicha producción sería considerablemente menor.

En el siguiente análisis se encuentran discriminados los costos por cada centro de trabajo. Allí se tuvo en cuenta la cantidad de operarios, los horarios de trabajo del área y la diferencia entre los costos de la hora de mano de obra en el caso de turnos rotativos o de turnos convencionales (no se contemplan los gastos de la empresa en aportes, mutual, premios, etc.).

ene-13					
MOD					
ANTES					
	N° de operarios/CT	Hs./Día	\$/Hs.	Día/pedido mensual	\$/pedido mensual
Corte	1	17	\$ 32,93	32	\$ 17.913,92
Enderezado	1	17	\$ 32,93	32	\$ 17.913,92
Grabado	1	17	\$ 32,93	32	\$ 17.913,92
Bruñido	5	24	\$ 38,49	50	\$ 230.940,00
Cromado	3	24	\$ 38,49	50	\$ 138.564,00
Roscado	1	17	\$ 32,93	32	\$ 17.913,92
Inspeccionado	1	17	\$ 32,93	32	\$ 17.913,92
Pintado	1	17	\$ 32,93	32	\$ 17.913,92
TOTAL					\$ 476.987,52
AHORA					
	N° de operarios/CT	Hs./Día	\$/Hs.	Día/pedido mensual	\$/pedido mensual
Corte	1	17	\$ 32,93	24	\$ 13.435,44
Enderezado	1	17	\$ 32,93	24	\$ 13.435,44
Grabado	1	17	\$ 32,93	24	\$ 13.435,44
Bruñido	5	24	\$ 38,49	36	\$ 166.276,80
Cromado	3	24	\$ 38,49	36	\$ 99.766,08
Roscado	1	17	\$ 32,93	24	\$ 13.435,44
Inspeccionado	1	17	\$ 32,93	24	\$ 13.435,44
Pintado	1	17	\$ 32,93	24	\$ 13.435,44
TOTAL					\$ 346.655,52
Diferencia					\$ 130.332,00

Por su lado, la energía utilizada para la fabricación de los barriles, también significará un ahorro, ya que serán menores las horas necesarias. El consumo de energía en las diferentes etapas depende principalmente del tiempo que permanecen encendidos los sistemas de producción, es decir que en nuestro caso, se generará el mayor ahorro en el área de cromado ya que existe una considerable reducción en los tiempos de espera y allí se utiliza energía para mantener el cromo a la temperatura indicada mientras se esperan productos para cromar. Por lo tanto, la diferencia en el consumo eléctrico del área de cromado estará dada por la diferencia en la cantidad de horas necesarias para producir los pedidos mensuales, teniendo en cuenta la potencia necesaria.

ene-13

ENERGÍA										
ANTES										
	KWh				Horas	Días	\$/KWh			Total
	Pico	Resto	Valle	Total			Pico	Resto	Valle	
Cromado	17,15	44,80	20,76	82,70	24	50	\$ 0,21	\$ 0,17	\$ 0,15	\$ 17.493,38
AHORA										
	KWh				Horas	Días	\$/KWh			Total
	Pico	Resto	Valle	Total			Pico	Resto	Valle	
Cromado	17,15	44,80	20,76	82,70	24	36	\$ 0,21	\$ 0,17	\$ 0,15	\$ 12.595,23
Diferencia										\$ 4.898,15

La siguiente tabla resume los ahorros generados por la nueva configuración de planificación de la producción:

Ahorro por MOD	\$ 130.332,00
Ahorro por energía	\$ 4.898,15
TOTAL	\$ 135.230,15

Visto desde otra perspectiva, los cambios propuestos darían como resultado 14 días libres. En este punto la dirección será la encargada de elegirle un nuevo destino a los recursos ahora disponibles ya sea aumentando la producción o tomando la decisión

de disminuir los turnos de trabajo excedentes de algunas etapas. Lo indicado sería, dado que la demanda existe, que ante la mayor disponibilidad de recursos se produzca más, para que con los mismos gastos de operación aumente el caudal de producción y, por ende, los ingresos netos para la empresa.

CONCLUSIONES

Durante el presente Proyecto Integrador, nos hemos enfocado en la planificación y control de la producción de la línea de barriles de la empresa Weatherford Internacional de Argentina S.A. Luego de analizar el proceso, diagnosticamos deficiencias en algunos aspectos de la planificación que impiden la entrega de los pedidos a tiempo.

Para poder cumplir con dicha demanda, la empresa plantea como solución ampliar la capacidad de la línea comprando maquinaria y equipos, pero del estudio realizado se desprende que existe un problema raíz basado en el desconocimiento de la capacidad real de la planta y, por lo tanto, no se están aprovechando al máximo los recursos con los que se cuenta en la actualidad. Toda empresa antes de pensar en nuevas inversiones para aumentar su capacidad debe investigar sus procesos internos, en búsqueda de maximizar la utilización de los recursos físicos y humanos ya disponibles.

A lo largo de este trabajo se describen y analizan las actividades del proceso, permitiendo conocer los problemas existentes en el mismo, para de esta manera hacer un análisis de la situación actual del sistema productivo e intentar eliminar las causas que están afectando de manera crítica a la producción, y como se planteó en el objetivo, se logre establecer un método de planificación para la producción en la línea de barriles.

Las dificultades nacen en el momento en el cual el área comercial se compromete con los clientes desconociendo la capacidad de producción real que tiene la línea. Para ello, se realizó un primer análisis desarrollado a nivel centro de trabajo donde se relevaron datos para determinar la capacidad disponible y los porcentajes de saturación de las máquinas, el cual nos brindó como resultado el actual cuello de botella que limita a la línea. Se trata de las áreas de bruñido y cromado, donde la capacidad de producción es prácticamente igual (1037 barriles estándares en el caso

de cromado y 1091 en cada etapa de bruñido). Los cuellos de botella marcan el ritmo de producción de la línea y por lo tanto la cadencia de salida de productos debe ajustarse a dicha capacidad, ya que resulta inútil producir sin freno contra un cuello de botella porque el único efecto que se conseguiría sería la acumulación de trabajo en proceso a su entrada. Además, observamos que existen varias causas de paradas de máquinas en estas etapas, que deben ser indiscutiblemente trabajadas por tratarse de las de menor capacidad de producción, las principales son reducir el nivel de ausentismo, programar los descansos, realizar un plan de mantenimiento preventivo y realizar mejoras en el equipamiento. A partir de una actualización mensual del análisis de capacidad que incorpore los factores de eficiencia y utilización para todas las máquinas, el área comercial podrá calcular correctamente los barriles que podrían producirse en la planta, definir los plazos de entrega y tomar decisiones correctivas a tiempo.

En una segunda instancia, se analizó el método de asignación de los pedidos en las áreas donde existen varias máquinas para realizar el mismo proceso y se observó que las decisiones sobre asignación se realizan en base a lo que decide el personal, principalmente debido a la falta de herramientas de gestión y control. El objetivo de la programación basada en la mejora continua procura que se maximice la utilización de tiempos de producción para obtener los productos en el momento estipulado. Para ello se propone un programa de operaciones donde se establecen las tareas a realizar en las etapas de asignación, secuenciación y programación detallada para obtener un esquema donde se puedan apreciar los momentos de comienzo y fin de las actividades en cada máquina, la coordinación de las tareas, los tiempos ociosos y las colas de espera, y donde se puedan actualizar los datos semanalmente de manera que todo el personal sea consciente de la evolución de los pedidos en producción.

Otros defectos que presenta actualmente la empresa son la falta de metas de producción diarias, semanales o mensuales, la inexistencia de registros que se lleven a cabo durante el proceso de producción para disponer de la información necesaria y poder llevar a cabo los controles pertinentes, la escasez de planes de entrenamiento y

capacitación al personal lo que ocasiona en algunos casos el uso inadecuado de los equipos de trabajo e incumplimiento de las normas de higiene y seguridad industrial, y la falta de planes motivacionales para el personal que lo incentiven a sentirse involucrado con la su trabajo.

Posteriormente, realizamos un análisis del impacto económico que originarían estos cambios en el sistema productivo. Dado que con la nueva configuración los barriles serían elaborados en menor tiempo que en la actualidad, los costos de producción serían más bajos. Los principales ahorros provienen de la disminución en horas de mano de obra directa y en el uso de la energía, y el resultado al cual se arribó fue de \$135.230,15 por cada período mensual, lo que se traduciría en mayor productividad y días disponibles de mano de obra para producción. Como opción alternativa se propuso aprovechar al máximo los recursos con los que dispone la empresa para producir más y obtener mayores ganancias por el aumento de los ingresos netos que un caudal mayor de producción provocaría.

En conclusión, a través de este trabajo se lograron evidenciar las deficiencias del proceso y elaborar propuestas de mejora para establecer un nuevo método de planificación y control de la producción, que permita optimizar los recursos del proceso de fabricación manteniendo los estándares de calidad, cubriendo la demanda, aumentando la satisfacción de los clientes a través del constante cumplimiento de los compromisos asumidos, para finalmente convertirse en una organización más competitiva.

Por último, quiero destacar la importancia que ha tenido este trabajo para mi formación profesional ya que me permitió combinar la teoría incorporada a lo largo de la carrera, principalmente relacionada al área de planificación de la producción, con la realidad de las empresas en donde no solo es dificultosa la tarea de recolectar información, sino también la de implementar los cambios, especialmente cuando se trata de cambios culturales.

BIBLIOGRAFÍA

- DOMINGUEZ MACHUCA, José, et al. 1995. *Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos de la producción y los servicios*. 1° edición. España. Ed.: McGraw Hill.
- GOLDRATT, Eliyahu; COX, Jeff. 2011. *La meta: un proceso de mejora continua*. 1° edición. Buenos Aires. Ed.: Granica.
- HEIZER, Jay; RENDER, Barry. 2007. *Dirección de producción y de operaciones. Decisiones estratégicas*. 8° edición. Madrid. Ed.: Pearson Educación S. A.
- HEIZER, Jay; RENDER, Barry. 2008. *Dirección de producción y de operaciones. Decisiones tácticas*. 8° edición. Madrid. Ed.: Pearson Educación S. A.