



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE MODELO DE PRODUCCIÓN EN UNA
EMPRESA FUNDIDORA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A:

DIEGO ALBERTO TORREJÓN REYES



**DIRECTOR DE TESIS:
M.I. SILVINA HERNÁNDEZ GARCÍA**

Cd. Universitaria, D. F. 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi madre.

Índice

Introducción	01
Estado del conocimiento	01
Objetivo	06
Justificación	06
Alcance	07
Capítulo I Antecedentes	09
I.I Marco teórico y herramientas de estudio	09
I.I.I Métodos de producción	13
I.I.II Sistemas de producción	15
I.I.III Estudio del trabajo	19
I.I.IV Diseño de sistemas productivos	20
I.II Fundición	22
I.III AMEF: Análisis de Modo y Efecto de la Falla	32
I.IV Metodología de la investigación	37
Capítulo II Desarrollo de Metodología	42
II.I Análisis causa-efecto	42
II.II Diagnóstico de productividad de la Empresa	44
II.III Diagramas de procesos	53
II.III.I Flujos de procesos	57
II.IV Cinco ¿Por qué? (causa- efecto)	65
II.V Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF)	70
II.VI Propuestas	77
Conclusiones	86
Anexo A – Encuesta Diagnostico de Productividad	89
Referencias	99

Introducción

Estado del conocimiento

El ser humano siempre se ha preocupado por satisfacer sus necesidades, para lograr este propósito se ha valido de una gama de procedimientos, siendo en un principio manuales, posteriormente incorporó herramientas y luego metodologías que hicieran más funcional el trabajo; desde el punto de vista de producción, el hombre observó que al mejorar sus procedimientos de trabajo, también, mejoraba sus condiciones de vida. Las formas de producción han mejorado durante toda la historia, pero fue en el siglo XVII con la revolución industrial como cambiaron los modelos de producción, pasando de una producción artesanal a una producción mecanizada y estandarizada. Actualmente, la gran importancia para una empresa de que su modelo de producción sea el más adecuado a sus necesidades, responde a la necesidad básica de hacer más funcional el trabajo y así, de algún modo, mejorar las condiciones de vida de ésta y de sus participantes (trabajadores, usuarios, inversionistas).

Riggs, James L.¹ (2010) menciona que “Los productos son producidos por individuos, equipos, grupos y corporaciones, ya sea en cobertizos y locales improvisados, o bien en laboratorios y fábricas. A pesar de las aparentes diferencias en cuanto a las materias primas, los procesos de obtención y los resultados finales tienen muchas semejanzas. En estas relaciones mutuas se basan todos los estudios de la producción que se llevan a cabo con el propósito de conservar los recursos naturales y aprovecharlos mejor”. Debido a esto, los modelos de producción son generalizados y se busca que un modelo sea aplicable y reproducible a cualquier tipo de empresa con el objetivo de identificar las limitantes y aprovechar mejor los recursos naturales. En la época citada incluyeron ideas avanzadas como la disposición de la planta en departamentos, la división de la mano de obra para el entrenamiento y el estudio del trabajo, un flujo más ordenado de materiales, procedimientos mejorados para el registro de costos y planes de incentivo en los salarios. Los trabajos de

Taylor estaban a tono con las investigaciones científicas de entonces y a su vez Henry L. Gantt desarrolló métodos analíticos para establecer la secuencia de las actividades de la producción, los cuales aún se emplean.

En la década de 1920 a 1930 como fue demostrado en los estudios de Hawthorne, el incentivo a los trabajadores y su respuesta positiva llevaban a una mejora en la producción, en consiguiente E.L. Thomas (1967) declara que el hombre es una de las mejores computadoras de propósito general disponibles y si uno las diseña (haciendo referencia a las maquinas) considerando al hombre como un tonto, uno termina con un sistema que requiere de un genio para mantenerlo. Al decir esto, no está sugiriendo que se elimine al hombre del sistema, sino que se le aproveche debidamente, teniendo en cuenta sus aptitudes como sus limitaciones, éste es un salto evolutivo en los modelos de producción. Se consideraba que la producción entre mayor era mejor, sin importar el factor humano, siendo este sacrificado por el bien del proceso, pero llegaron a la conclusión con las ideas de Hawthorne y E.L. Thomas que el factor humano desempeña un papel relevante.

Actualmente, los modelos de sistemas de producción han avanzado desde la introducción presentada por Taylor de la administración científica, hasta la llamada ciencia de la administración, siendo ésta, caracterizada por la construcción, manipulación e interpretación de modelos.

Un modelo es una réplica o generalización de las características esenciales de un proceso. Muestra las relaciones causa y efecto, y entre objetivos y restricciones. La naturaleza del problema indica cuál de los tipos de modelos es el más adecuado.

- a) Los modelos físicos. Son modelos que derivan su utilidad de un cambio de escala. Los problemas de flujo en una planta se estudian fácilmente con la estructura y la localización de los equipos en una maqueta a escala reducida.

- b) Los modelos esquemáticos. Hace referencia a diagramas, como los mapas de rutas y las redes de actos programados, representando un mundo real en un formato resumido y en forma de diagrama.
- c) Los modelos matemáticos. Están compuestos por expresiones cuantitativas, son los modelos más abstractos, cuando se puede modelar matemáticamente un proceso, resultan de gran utilidad para el estudio y manipulación del proceso.

La empresa, que por cuestiones de confidencialidad será llamada Empresa Fundidora, se constituyó en los años 50's con el propósito de fabricar cuchillas y gavilanes que sirven como herramienta de corte y movimiento de suelos para maquinaria pesada de construcción y minería. A finales de los años sesenta, se inició la fabricación de piezas vaciadas de acero, complementando la línea de herramientas con productos como puntas, adaptadores, zancos, protectores y piezas de desgaste similares.

En 1971 se empezaron a producir piezas fundidas en varios tipos de aceros, ya no sólo para herramientas de corte y movimiento de suelos, sino para la industria en general. Desde entonces se ha seguido experimentando con nuevas aleaciones y métodos productivos, así como inversiones en equipo y maquinaria, enfocados a lograr mejor calidad y servicio a los clientes, lo cual ha dado una posición firme dentro del mercado de la industria de la fundición.

A principios de 1979 la actividad preponderante de la empresa ya no era la que le había dado origen, sino la fundición de piezas de aceros especiales para la industria en general. Ante tal circunstancia, se concluyó que en realidad la empresa estaba en dos negocios distintos: El de la fundición de piezas de acero, que es un negocio de bajos inventarios y producción sobre pedido bajo especificaciones determinadas por cada cliente, y el de la fabricación de herramientas de corte y movimiento de tierras, que es un negocio de altos inventarios y líneas de productos con especificaciones propias.

Ordóñez, Sergio² (2003) menciona que “En los años ochenta y noventa la industria en general sufrió un intenso proceso de reestructuración productiva que se traduce en un tránsito de una industrialización por sustitución de importaciones a otra por fraccionamiento y deslocalización de los procesos productivos”. Con la brusca apertura comercial de México en 1989 comenzó una fuerte presión para alcanzar niveles de competitividad internacional que permitieran sobrevivir y retomar el ritmo de crecimiento que hasta entonces se tenía. Se revisó la misión de la empresa, se hizo un replanteamiento estratégico y táctico de sus operaciones y se inició un amplio y profundo desarrollo organizacional.

Actualmente la empresa es capaz de producir una gran variedad de piezas fundidas en acero, contando con diferentes equipos como el moldeo autofraguante, hornos de inducción, hornos de tratamiento térmico, análisis de laboratorio. Ofrece diferentes servicios, que son: elaboración de modelos (según el cliente lo requiere en madera, aluminio, hierro gris o resinas epóxicas), control dimensional de modelos, piezas fundidas y piezas maquinadas y resguardo de modelos de los clientes; en cuanto a los procesos de producción tiene como principales el moldeo y corazones, fusión, desmoldé, limpieza, acabado y tratamiento térmico.

La empresa cuenta con una gran variedad de clientes, siendo los principales sectores: cementero, petroquímica, eléctrico, minero, ferrocarrilero y metro, papeler, camiones y autobuses, azucarero, construcción y alimenticio.

Actualmente, la empresa tiene la filosofía de satisfacer, con excelencia todas las necesidades de sus clientes, el empeño por permanecer a la vanguardia en materiales y procesos de fabricación y cumplir con la mejor calidad en sus productos, está respaldado por la certificación ISO 9001:2008, pero se encuentra en una situación en la que los productos tienen una demora en la entrega, afectando a sus clientes y a la misma empresa. Esto se puede deber a que tienen un re-trabajo que va de un 60-80% durante la producción de sus pedidos, también tienen un rechazo interno que llega a ser del 50% de las piezas

fundidas, pero no saben con exactitud cuál o cuáles son las causas que provocan esta situación con exactitud.

En los últimos dos años, su línea de producción en serie de herramientas de corte y movimiento de tierras, que tiene grandes inventarios con especificaciones propias de la empresa, ya no se han comercializado y la línea bajo pedido, que tiene menor inventarios, ha crecido considerablemente, pero en esta línea de producción los re-trabajos y rechazos internos son demasiados y los encargados, supervisores y jefes de área desconocen el motivo de esta situación.

Objetivo

Proponer mejoras que sean adecuadas a la situación de la empresa, diagnosticando y analizando el modelo y sistema de producción actual para aumentar la eficiencia en los procesos de producción, repercutiendo en los tiempos de entrega a sus clientes, siendo una pauta en la mejora continua de la empresa.

Justificación

El presente trabajo detalla los modelos de producción utilizados en la industria, analizando y promoviendo el cambio de éstos a la empresa con sus beneficios en diversas áreas y con ello romper el paradigma de “Si las cosas han funcionado así, no se deben cambiar y no es necesario mejorarla...” (Supervisor de Moldeo, julio 2014). Es una situación que se está viviendo en la Empresa ya que el personal con un cargo medio, en general, se encuentra renuente al cambio y al compromiso que éste conlleva.

Para la Empresa Fundidora uno de los activos más preciados es su personal, por su conocimiento y dominio de la tecnología requerida, lo que refleja al cliente un estado de confianza porque su producto contará con una calidad satisfactoria. La dificultad a la que se está enfrentando la empresa, en estos momentos, corresponden a los tiempos de entrega, se demora un tiempo considerablemente alto en la entrega de los productos, por lo que es importante hacer un diagnóstico de los factores de operación y saber cuáles son las causas reales de estos retardos teniendo en cuenta que la calidad del producto no se puede demeritar y que es un factor fundamental para la empresa y el cliente. Tomado en cuenta las circunstancias y la historia de la empresa, que con anterioridad se mencionó (Estado del conocimiento, paginas 4-6), el presente trabajo pretende generar una oportunidad de crecimiento y mejora para la empresa, proponiendo un cambio en sus modelos y sistemas de producción, precedidos de un diagnóstico y análisis de los factores involucrados durante el desarrollo de las actividades incluidas en la producción de la empresa.

Alcance³

Pretende ser un estudio exploratorio que obtendrá resultados para constituir una visión aproximada del objeto de estudio, es decir, un nivel superficial de conocimiento. Este tipo de investigación, de acuerdo con Sellriz (1980) pueden ser “Dirigidos a la formulación más precisa de un problema de investigación, dado que se carece de información suficiente y de conocimiento previos del objeto de estudio, resulta lógico que la formulación inicial del problema sea imprecisa. En este caso la exploración permitirá obtener nuevo datos y elementos que pueden conducir a formular con mayor precisión las preguntas de investigación. La función de la investigación exploratoria es descubrir las bases y recabar información que permita como resultado del estudio, la formulación de una hipótesis. Las investigaciones exploratorias son útiles por cuanto sirve para familiarizar al investigador con un objeto que hasta el momento le era totalmente desconocido, sirve como base para la posterior realización de una investigación descriptiva”.

También el presente trabajo pretende ser un estudio explicativo, ya que se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación postfacto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos. La investigación explicativa intenta dar cuenta de un aspecto de la realidad, explicando su significatividad dentro de una teoría de referencia, a la luz de leyes o generalizaciones que dan cuenta de hechos o fenómenos que se producen en determinadas condiciones.

Al ser un estudio exploratorio y explicativo, se busca información en un aspecto general, con respecto a la situación que previamente se planteó, de ser una empresa con retardos en la entrega de sus productos, sin demeritar la calidad que caracteriza a la empresa, buscando las causas a estos eventos y cómo se relacionan con todas las áreas de la empresa y las consecuencias que conllevan a esta situación, para poder llegar a determinar las causas de dichos fenómenos desde una perspectiva ajena a la empresa; y en un aspecto

detallado al encontrar las causas principales de esta situación enfocándose en esta área para poder describir a detalle las acciones y situaciones que ocasiona los retardos en la entrega de los productos a los clientes y así proponer mejoras pertinentes que sean adecuadas a la empresa en relación costo/beneficio durante la producción.

Capítulo I Antecedentes

I.I Marco teórico y herramientas de estudio

El principal interés del ingeniero industrial es realizar un análisis cualitativo, conocer cómo deben operar para su buen funcionamiento los diferentes departamentos dentro de la empresa, cómo deben relacionarse para que juntos incrementen la productividad.

Existen dos categorías principales de factores de productividad; externos e internos. Los factores externos son los que quedan fuera de control de la empresa determinada, y los factores internos son los que están sujetos a su control. Para ocuparse de todos esos factores se requieren diferentes instituciones, personas, técnicas y métodos. El primer paso para mejorar la productividad consiste en identificar los problemas que se presentan en esos grupos de factores.

Los factores externos tienen interés para una empresa porque la comprensión de esos factores puede inducir a la adopción de ciertas medidas que modificarían el comportamiento de una empresa y su productividad a largo plazo.

Algunos factores internos se modifican con mayor facilidad que otros, es útil clasificarlos en dos grupos; duros y blandos, los factores:

Factores Duros

- **Producto.** El valor de uso del producto se puede perfeccionar mediante la mejora del diseño y de las especificaciones. El factor volumen, en particular, aporta una mejor noción de las economías de escala por medio del aumento del volumen de producción. Por último, el factor costo/beneficio se puede realzar mediante el aumento de los beneficios logrados con el mismo costo para la obtención de un mismo beneficio.

- **Planta y equipo.** La productividad de la planta y el equipo se puede mejorar prestando atención a la utilización, la antigüedad, el costo, la inversión, el equipo producido internamente, el mantenimiento y la expansión de la capacidad, etc. Estos elementos desempeñan un papel central en todo programa de mejoramiento de la productividad mediante:
 - Un buen mantenimiento.
 - El funcionamiento de la planta y el equipo en las condiciones óptimas.
 - El aumento de la capacidad de la planta mediante la eliminación de los cuellos de botella y la adopción de medidas correctivas.
 - La reducción del tiempo parado y el incremento del uso eficaz de las máquinas y capacidades de la planta disponibles.

- **Tecnología.** Se puede lograr un mayor volumen de bienes y servicios, un perfeccionamiento de la calidad, la introducción de nuevos métodos de comercialización, etc., mediante una mayor automatización y tecnología de la información.

- **Material y energía.** Como aspectos importantes de la productividad de los materiales podemos mencionar los siguientes:
 - Rendimiento del material.
 - Uso y control de desechos y sobras.

- Empleo de materiales de mayor calidad a menor precio.
- Sustitución de las importaciones.
- Mejoramiento del índice de rotación de las existencias para liberar fondos vinculados a las existencias con el fin de destinarlos a usos más productivos.
- Mejoramiento de inventario para evitar reservas excesivas.
- Promoción de las fuentes de abastecimiento.

Factores Blandos

- Personas. Todas las personas que trabajan en una organización tienen una función que desempeñar como trabajadores, ingenieros, gerentes y directivos. Es importante estimular y mantener la motivación y se debe constituir un conjunto de valores favorables al aumento de la productividad, para provocar cambios en la actitud de los directores, gerentes, ingenieros y trabajadores.
- Organización y sistemas. Los principios de la buena organización, como la unidad de mando, la delegación y el área de control, tienen por objeto prever la especialización y la división del trabajo y la coordinación dentro de la empresa. Una organización necesita funcionar con dinamismo y estar orientada hacia objetivos y debe ser objeto de mantenimiento, reparación y reorganización periódicamente para alcanzar nuevos objetivos.
- Métodos de trabajo. El mejoramiento de los métodos de trabajo constituye el sector más prometedor para mejorar la productividad. Las técnicas relacionadas con los métodos de trabajo tienen como finalidad lograr que el trabajo manual sea más productivo mediante el mejoramiento de la forma en que se realiza, los movimientos humanos que se llevan a cabo, los instrumentos utilizados, la disposición del lugar de trabajo, los materiales empleados y la maquinaria utilizada. El estudio del trabajo, la ingeniería industrial, y la formación profesional son los principales instrumentos para mejorar el método de trabajo.

- Estilos de dirección. Los estilos y las prácticas de dirección influyen en el diseño organizativo, las políticas del personal, la descripción del puesto de trabajo, la planificación y el control operativo, las políticas de mantenimiento y compras, los costos de capital, los sistemas de elaboración de presupuestos y las técnicas de control de los costos.

Como se puede observar en la Figura 1.1, para poder realizar un análisis de la Producción dentro de la Empresa Fundidora, es importante tomar en cuenta diversos campos de estudio como son:

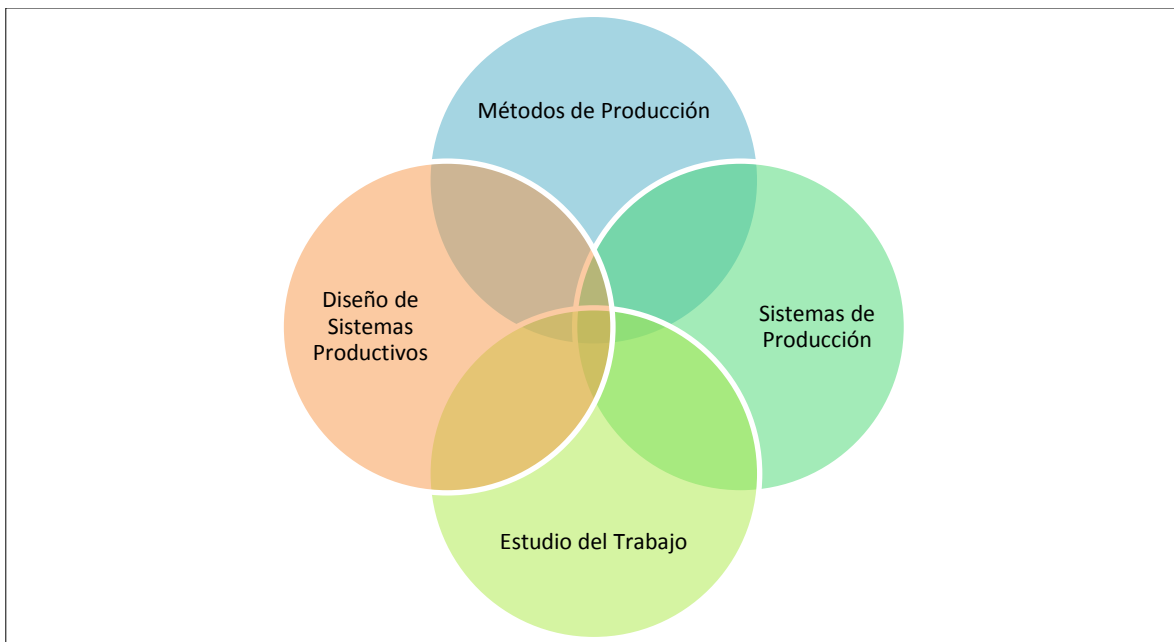


Figura 1.1 Cuatro campos de estudio.

Con el fin de tener un panorama más amplio del estado en el que se encuentra el Área de Producción de la Empresa Fundidora, para poder enfocar un análisis más preciso y con mayor exactitud, es necesario tener un equilibrio en las diferentes disciplinas que a continuación se desarrollarán de manera teórica cada una de ellas.

I.I.I Métodos de producción

Los métodos de producción se enumeran generalmente como:

- Cadena. Gran cantidad de elementos distintos en una línea de ensamble: como los automóviles
- Intermitente o en lotes. Fabricación de una cantidad de productos semejantes: lápices
- Unitaria o por proyecto. Fabricación de un producto único: un barco

A continuación se procederá a describir brevemente cada uno de los métodos de producción:

- Producción en cadena. Determina la cantidad por producir y almacenar para cada producto, el número de empleados que intervendrán en cada taller y en cada máquina, ésta se usa en los sistemas de producción en serie.

Características:

- La cantidad por fabricar de cada producto es muy elevada con relación a la diversidad de los productos.
 - Los procedimientos de fabricación son mecanizados, e incluso automatizados.
 - Se recurre a las líneas de producción y de ensamble por producto.
 - El volumen de producción por empleado es muy elevado.
 - La mano de obra, en ciertas líneas de ensamble, es poco especializada.
 - El inventario de productos en curso es muy reducido.
 - Existe un servicio permanente de mantenimiento.
 - Existe un sistema de distribución.
-
- Producción intermitente o en lotes. La producción de lotes ocurre cuando la tasa de producción es superior a la tasa de consumo, se describe este método de producción como la fabricación de pocas o grandes cantidades de un producto mediante una

serie de operaciones, en donde un lote completo, se realiza en una operación, que termina antes de iniciar la producción del siguiente lote. Una característica principal es que solamente uno de los elementos del lote puede ser sometido a una operación a un momento determinado, y por lo tanto, cada uno de los elementos se encuentra en uno de los tres estados:

- En espera de ser procesado.
 - En procesamiento.
 - En espera de pasar a la siguiente operación.
-
- Producción unitaria o por proyecto. En este tipo de producción, el producto a menudo está asociado con un cliente en particular, y en muchos casos, el trabajo no se inicia hasta que un pedido concreto se haya realizado. La planeación unitaria, por lo general, se relaciona con la fabricación de un solo producto, o de una cantidad muy reducida, con escasa repetición de los pedidos y requieren operaciones y recursos variados. Las técnicas de planificación más utilizadas, en este tipo de producción, son básicamente dos: por sus siglas en inglés PERT (Técnica de evaluación y revisión de programas) y CPM (Método de la Ruta Crítica). Estas técnicas se caracterizan por la construcción de una red, la evaluación del tiempo y los costos de ejecución, mostrando el orden de sucesión de actividades, el cual requiere ciertos términos y símbolos, como:
 - Etapa, evento o nudo. Este es el momento del principio o el fin de una actividad, se representa por un círculo dentro de la red. Se le llama preferentemente nudo cuando existe un paso de una actividad a otra.
 - Actividad. Es la operación que implica el empleo de recursos. Estas actividades se representan por una flecha orientada en el sentido de agotamiento del tiempo.
 - Ligadura. Está designada una dependencia entre dos etapas, se le representa por una flecha puntiaguda y orientada en el sentido de la dependencia de las actividades.

I.I.II Sistemas de Producción

Un sistema de producción es aquel sistema que proporciona una estructura que agiliza la descripción, ejecución y el planteamiento de un proceso industrial. Los sistemas de producción tienen la capacidad de involucrar las actividades y tareas diarias de adquisición y consumo de recursos. Éstos son sistemas que utilizan los gerentes de primera línea dada la relevancia que tienen como factor de decisión empresarial. El análisis de este sistema permite familiarizarse de una forma más eficiente con las condiciones en que se encuentra la empresa en referencia al sistema productivo que se emplea.

También, puede ser visto como un conjunto de actividades dentro del cual la creación del valor puede ocurrir. En un extremo del sistema están los “inputs” (entradas). En el otro extremo están los “outputs” (salidas). Conectando a ambos están una serie de operaciones o procesos, almacenajes e inspecciones. La fabricación de cualquier producto o servicio puede ser visto en términos de ser un sistema de producción. Por ejemplo, la manufactura de herramientas industriales involucra cierto tipo de “inputs” tales como acero, aleaciones, moldes, hornos de inducción, así como otros factores de la producción. Después que estos “inputs” son adquiridos, son almacenados hasta ser usados, entonces, ocurren diversas operaciones manuales, como son fundir, soldar, maquilar, colar, por medio de las cuales los “inputs” son convertidos en “outputs” tales como: puntas, zancos, protectores, etc. Después de las operaciones de acabado ocurre una inspección final. Una inspección también puede ocurrir durante las operaciones intermedias del proceso. Finalmente los “outputs” son mantenidos en un lugar de almacenamiento para productos terminados hasta ser despachados a los consumidores o clientes.

A continuación, se describirán dos sistemas de producción existentes, el Sistema de Producción Toyota y el Sistema de Producción Lean Manufacturing:

Sistema de Producción Toyota

El sistema de producción Toyota es un sistema integral de producción y gestión surgido en la empresa japonesa con el mismo nombre; la creación y desarrollo de este sistema se atribuyen a Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda y Taiichi Ohno. El objetivo principal de este modelo de sistema de producción es la reducción de inventarios y defectos en la producción (en la planta y de los proveedores), es decir, permite a los equipos de trabajo optimizar la calidad por medio de un constante mejoramiento y eliminación de desperdicio innecesario en términos de recursos naturales, humanos y corporativos, haciendo un énfasis en la mejora continua y el valor del compromiso de los empleados. Tiene como base la metodología de “Just In Time” (Justo a tiempo; JIT), la cual busca acortar los tiempos, reducir operaciones innecesarias y reducir inventarios.

El éxito del sistema de producción de Toyota radica en el establecimiento de un flujo de producción que añade valor al producto en cada proceso mientras va avanzando. Al reducir el costo por medio de la eliminación de desperdicios y el incremento de la productividad. La condición ideal de manufactura se da cuando no hay desperdicio en máquinas, equipos y personal, así como cuando todos pueden trabajar juntos para elevar el valor agregado de producción con la mayor utilidad. El sistemas de producción Toyota trajo consigo repercusiones de gran magnitud para las industrias mundiales, la cual le permitió a las empresas desarrollar mejores productos con mayor calidad y menores desperdicios, eso llevó a que este sistema tuviera como beneficios a las empresas las siguientes ventajas.

- Menor Costo.
- Mayor Calidad.
- Mejor Servicio.
- Mayor Flexibilidad.

Sistema de Producción Lean Manufacturing

Lean Manufacturing, o también conocida como Manufactura Esbelta, es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mismos recursos necesarios; la creación de flujo se localiza en la reducción de los ocho tipos de “desperdicios” en productos manufacturados:

- Sobre-producción
- Tiempo de espera
- Transporte
- Exceso de procesados
- Inventario

Eliminando el despilfarro, mejora la calidad y se reducen el tiempo de producción y el costo. Las herramientas Lean incluyen procesos continuos de análisis (llamadas kaizen en japonés), producción “pull” (‘disuasión e incentivo’, en el sentido del término japonés kanban), y elementos y procesos «a prueba de fallos» (poka yoke, en japonés).

Los principios clave del Lean Manufacturing son:

- Calidad perfecta a la primera: búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas en su origen.
- Minimización del despilfarro: eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y redes de seguridad.
- Mejora continua: reducción de costes, mejora de la calidad, aumento de la productividad y compartir la información.
- Flexibilidad: producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costes y la información.

Para evaluar el sistema de producción de la Empresa fundidora se utilizan los Indicadores Clave de Desempeño (KPI por sus siglas en ingles), son una medida del nivel de rendimiento de un proceso en función de unas metas y objetivos planteados. En la Empresa Fundidora, con la situación que se plantea anteriormente y específicamente en el área de producción, se utilizaron durante el desarrollo de este trabajo los índices del AMEF (Ocurrencia, Gravedad y Detección) esto con el fin de identificar los fallos ocurridos en las áreas Medios de Producción y Actividad Productora para así poder generar propuestas de mejora.

Durante el trabajo cotidiano dentro de la Empresa Fundidora los KPIs se deben de poder revisar diariamente, algunos KPIs que se deben de considerar dentro del área de producción son:

- **Material Útil.**
Descripción. Mide el porcentaje de material de fundición empleado durante el proceso que termina siendo parte del producto final.
Objetivo. Controlar el uso eficiente de la materia prima.
Métrica. Masa de piezas acabadas / Masa de material de fundición.
Dirección. Maximizar
Grado de dificultad. Siempre existirán desperdicios de material por el sistema de colada y las mazarotas.
- **Cantidad de horas hombre ganadas.**
Descripción. Mide el total de horas-hombre utilizadas para completar las etapas de trabajos programados.
Objetivo. Evaluar la productividad del trabajo y el proceso de pedidos.
Métrica. Cantidad de horas hobre planificadas x porcentaje de avance del trabajo completado.
Dirección. Que sea igual o menor a las horas planificadas para cada etapa.
Grado de dificultad. Se requiere de un sistema operativo bien mantenido.

- Defectos.
 Descripción. Mide el porcentaje de defectos durante la producción de piezas.
 Objetivo. Evaluar el control de los procesos de fabricación.
 Métrica. Unidades defectuosas / unidades producidas totales.
 Dirección. Minimizar.
 Grado de dificultad. Identificar cuando existe una irregularidad o descontrol dentro del proceso.

1.1.III Estudio del Trabajo⁵

Es el conjunto de técnicas de la simplificación del trabajo y de la medición del mismo por medio de los cuales se asegura el mejor aprovechamiento posible de los recursos humanos y materiales con que se lleva a cabo una tarea determinada.

productividad actual + ingeniería de métodos = aumento en la productividad

El estudio de trabajo tiene como objetivos:

- Sencillez:
 - Hacer más fácil el trabajo de enseñanza y aprendizaje.
 - Reducir el grado de habilidad necesaria.
 - Disminuir los desplazamientos.
 - Reducir el tiempo de ejecución del trabajo.
 - Aumentar la comodidad del obrero (ruido, vibraciones, ventilación, iluminación, mobiliario).
- Facilidad:
 - Lograr el mínimo esfuerzo humano.
 - Reducir la fatiga (visión, posición, etc.).
 - Lograr que los trabajos sean lo más fácil de ejecutar.
- Rapidez:

- Aumentar la eficiencia pero sin prisas.
- Realizar más producción en menos tiempo.
- Reducir la mano de obra innecesaria.
- Seguridad:
 - Reducir los peligros y las condiciones inseguras.
 - Ordenar las áreas de trabajo.

El estudio del trabajo tiene como objetivo general el identificar y analizar los problemas del trabajo, desarrollar mejores métodos e implantar las modificaciones resultantes.

1.1.IV Diseño de Sistemas Productivos

Es el proceso de definir características, condiciones, dimensiones y estructuras que permitan conocer esquemáticamente un proceso o elemento, a fin de tener una idea concisa de las partes que lo conforman e inferir con mayor margen de certeza si se aproxima a los que se busca conseguir. Destacando la interacción de los elementos y la búsqueda de un fin o interés común. Llegando a un proceso que es la realización en secuencia lógica, de los pasos y/o las actividades necesarias para transformar un material o un conjunto de éstos en un artículo de consumo.

Para todo esto es importante la distribución de planta en función de los diferentes tipos de sistemas productivos y operativos considerando las diferentes variables de maquinaria, equipo, espacios, procesos y personas, comprendiendo la disposición física de los factores productivos que intervienen en un proceso de fabricación o de servicios, ésta debe considerar los espacios necesarios para movimiento de material, almacenaje, mano de

obra indirecta y cualquier otra actividad auxiliar. Al diseñar una distribución de manera conceptual es preciso considerar los siguientes aspectos:

- Idear un acomodo lógico según las etapas del proceso.
- Procurar mínimas distancias en el movimiento de materiales.
- Libre circulación de trabajo a través de la planta, sin cruces, retornos u obstáculos.
- Hacer una utilización efectiva del espacio.
- Comodidad y seguridad para el personal operativo.
- Disposición flexible para que pueda ser fácilmente reajustada.

También el manejo y movimiento de los materiales es uno de los aspectos más importantes del proceso de producción, puesto que origina una parte muy importante de los costos. Aunque el manejo de materiales es una actividad indeseable, generalmente, es un mal necesario, puesto que no existe proceso alguno que pueda eliminar al 100% dicha actividad.

I.II Fundición

En el proceso de fundición, el metal fundido fluye por gravedad u otra fuerza dentro de un molde donde se solidifica y toma la forma de la cavidad del molde. El término fundición se aplica también al producto de este proceso. El principio de la fundición es simple: se funde el metal, se vacía en un molde y se deja enfriar, pero existen muchos factores y variables que se deben de considerar. Existen diversos métodos para la fundición de formas, lo cual hace de este proceso uno de los más versátiles. Sus posibilidades y ventajas son las siguientes:

- La fundición se puede usar para crear partes de compleja geometría.
- Algunos procesos de fundición pueden producir partes de forma neta que no requieren operaciones subsecuentes para llenar los requisitos de la geometría y dimensiones de la parte.
- Se puede utilizar la fundición para producir partes muy grandes. Se han fabricado fundiciones que pesan más de 100 toneladas.
- El proceso de fundición puede realizarse en cualquier metal que pueda calentarse y pasar al estado líquido.
- Algunos procesos de fundición son altamente adaptables a la producción en masa.

No obstante, también hay desventajas asociadas con la fundición y sus diferentes métodos, éstas incluyen las limitaciones de algunos procesos en las propiedades mecánicas como porosidad, baja precisión dimensional y acabado deficiente de la superficie, también hay riesgos en la seguridad de los trabajadores durante el procesamiento y problemas ambientales.

Proceso de Moldeo

El proceso utilizado en la Empresa Fundidora es el de caja fría, dicho proceso se realiza para los corazones colocando una mezcla de arena-resina en el molde del corazón, posteriormente, en la etapa de gaseo, el catalizador se introduce en forma de gas a presión causando el endurecimiento del corazón, seguido de un purgado donde se suministra una corriente de aire para asegurar la correcta penetración del catalizador en el corazón, por último, es la extracción del corazón del herramental; para la elaboración de los moldes se realiza una mezcla de la arena y resina activándose con la presencia de humedad y un catalizador, compactando manualmente la mezcla alrededor del modelo en el marco inferior repitiendo la operación con la otra parte de la caja (marco superior) colocando los sistemas de vertido, para después desmontar el modelo y cerrar la caja. Se debe de tomar en cuenta las siguientes características y efectos durante el moldeo:

- Humedad de la arena. Se debe tener en cuenta para no emplear arenas excesivamente húmedas, cuanto más seca esté la arena, siempre que se pueda trabajar, será mejor.
- Salida de gases. Se deben de hacer salir por entre las arenas, pues si salen a través de la fundición las piezas hierven y levantan costras.
- Bebederos. Para conseguir un llenado perfecto es recomendable colar por varios sitios, permitiendo que la fundición llene el molde por completo.
- Polvos separadores. El polvo de separación se llama *gris* en casi todas las fundiciones, se emplea para que no se pegue la arena en el modelo. Para que un polvo de separación sea bueno, ha de rechazar la humedad perfectamente.

Para obtener buenos trabajos en fundición hay que preparar buenas arenas, y éstas han de ser compactas, lo suficientemente plásticas para copiar las huellas de los modelos, y ser muy porosas, a fin de que su permeabilidad facilite el paso de los gases. Las principales características que hay que tomar en cuenta son:

Plasticidad. En la mezcla de la arena ha de entrar la resina en cantidad suficiente para hacerla compacta y plástica. Si la cantidad de resina es pequeña, los moldes se desmoronan, y en exceso de arcilla hace disminuir la porosidad de las arenas, agrietándose.

Grano. Por cuestiones de acabado de la pieza entre más fino sea el grano permitirá un mejor acabado, por otro lado la uniformidad del tamaño de los granos genera una porosidad que permite la salida de gases generados durante el vaciado.

Permeabilidad. Cuando una arena reúne las condiciones precisas, con poco que se le pinche dejará salir los gases con facilidad, y en la mayor parte de las piezas los gases han de salir a través de las arenas sin necesidad de pincharlas. Una arena poco permeable, pinchada cuidadosamente, puede evitar que dé como resultado piezas con costras.

Todas estas condiciones, son principalmente, para la arena de contacto directo con el modelo, pues el resto de la arena de un molde puede ser arena reciclada de moldes anteriores, es decir, arena que ya ha sido quemada (utilizada en otro proceso). Las propiedades químicas de las arenas se pueden observar en la tabla 1.1 mostrando la composición de las arenas de moldeo y su proporción:

COMPUESTOS		PROPORCIÓN
Sílice	SiO ₂	90%
Alúmina	Al ₂ O ₃	±5%
Óxido de Hierro	Fe ₂ O ₃	±4%
Óxido de Calcio	CaO	±0.4%
Óxido de Magnesio	MgO	±0.6%

Tabla 1.1 Compuestos de la Arena, O. Schütze (1972)

Dichos compuestos constituyen una arena con propiedades adecuadas para diversos moldeos. Cuanta más gruesa sea la pieza a fundir, más cantidad de sílice deben contener la arena, la alúmina no debe entrar en una proporción mayor del 8% y el óxido de hierro no debe pasar del 5%, el óxido de calcio y el óxido de magnesio estarán presentes en proporciones muy pequeñas.

Proceso de fusión y vaciado

Para llevar a cabo una operación de fundido, el metal debe calentarse a una temperatura mayor a la del punto de fusión y luego verterse a la cavidad del molde para que se solidifique. Para la fusión la Empresa Fundidora utiliza hornos de inducción, teniendo hojas de control para cada una de las diferentes aleaciones que trabajan, aunque, como se explica posteriormente en el Capítulo II, estas hojas de control carecen de exactitud ya que no disponen de los valores apropiados que se requieren en los cálculos de carga. Después del calentamiento, el metal está listo para verterlo, siendo una etapa crítica en el proceso de fundición, el metal debe fluir por todas las regiones del molde antes de solidificarse tomando en cuenta la velocidad de vertido y turbulencia que se genera.

Proceso de desmolde

Una vez vaciado la aleación en el molde, debe de tener un tiempo de solidificación que requiere para que la fundición se enfríe después del vertido y adquiera la forma dimensional del molde, este tiempo depende del tamaño y forma del fundido y por supuesto del tipo de aleación, existiendo una contracción, es decir, se reducen las dimensiones lo que puede ocasionar rechupes, para eso se colocan mazarotas las cuales tienen la función de alimentar el metal líquido al fundido durante la solidificación con el objeto de compensar la contracción por la solidificación una vez solidificado no necesariamente que este a temperatura ambiente se puede desmoldar para poder realizarle un acabado a la pieza fundida.

Defectos finales en una pieza de fundición

Hay numerosas contingencias que causan dificultades en una operación de fundición y originan defectos de calidad del producto. A continuación se recopila una lista de defectos comunes que ocurren en la fundición, donde, se esquematizan en la figura 1.2:

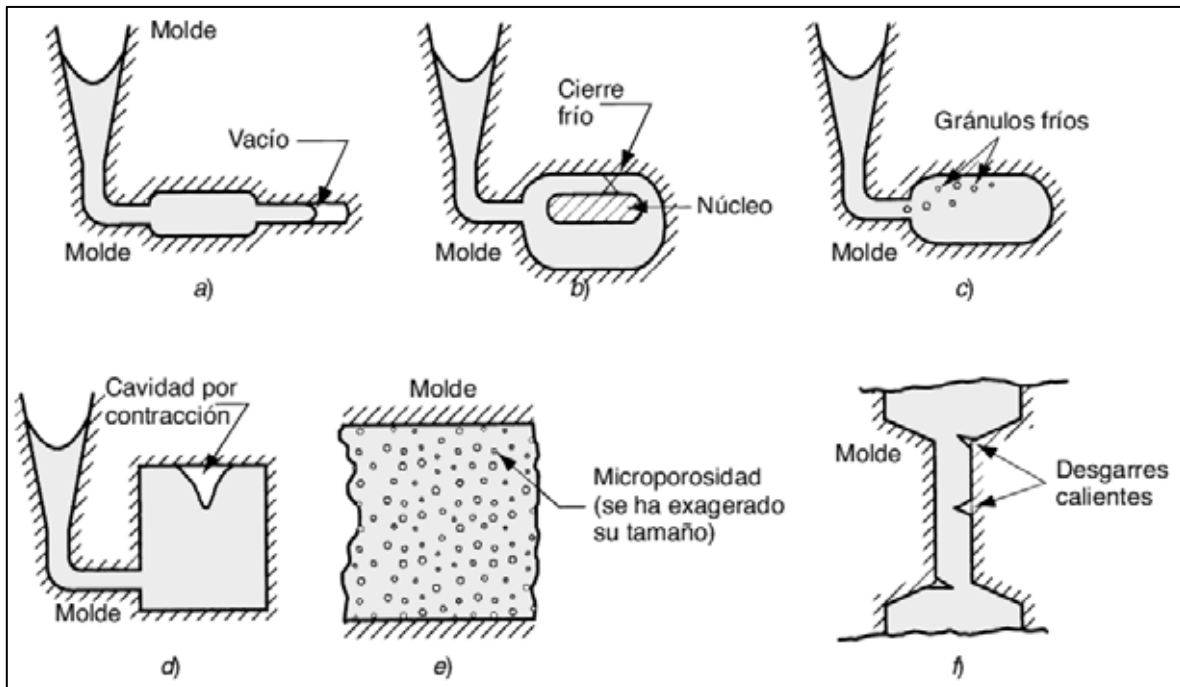


Figura 1.2 Defectos comunes de la fundición, P. Groover (2007)

- a) Vacío. Este defecto aparece en una fundición que solidificó antes de completar el llenado de la cavidad del molde. Las causas típicas incluyen: 1) fluidez insuficiente del metal-fundido, 2) muy baja temperatura de vaciado, 3) vaciado que se realiza muy lentamente y/o 4) sección transversal de la cavidad del molde muy delgada.
- b) Cierre frío. Una junta fría aparece cuando dos porciones del metal fluyen al mismo tiempo, pero hay una falta de fusión entre ellas debido a solidificación o enfriamiento prematuro. Sus causas son similares a las del llenado incompleto.
- c) Metal granoso o gránulos fríos. Las salpicaduras durante el vaciado hacen que se formen glóbulos de metal que quedan atrapados en la fundición. Un buen diseño del sistema y de los procedimientos de vaciado que eviten las salpicaduras puede prevenir este defecto.
- d) Cavidad por contracción. Este defecto es una depresión de la superficie o un hueco interno en la fundición debido a la contracción por solidificación que restringe la

cantidad de metal fundido disponible en la última región que solidifica. El problema se puede resolver por un diseño apropiado de la mazarota.

- e) Microporosidad. Se refiere a una red de pequeños huecos distribuida a través de la fundición debida a la contracción por solidificación del último metal fundido en la estructura dendrítica. El defecto se asocia con las aleaciones, debido a la forma prolongada, en que ocurre la solidificación en estos metales.
- f) Desgarramiento caliente. También llamado agrietamiento caliente, ocurre cuando un molde, que no cede durante las etapas finales de la solidificación, restringe la contracción de la fundición después de la solidificación. Este defecto se manifiesta como una separación del metal en un punto donde existe una alta concentración de esfuerzos, se previene arreglando el molde para hacerlo retráctil.

A continuación se mencionarán algunos defectos que solo ocurren con el uso de moldes de arena, esquematizados en la figura 1.3:

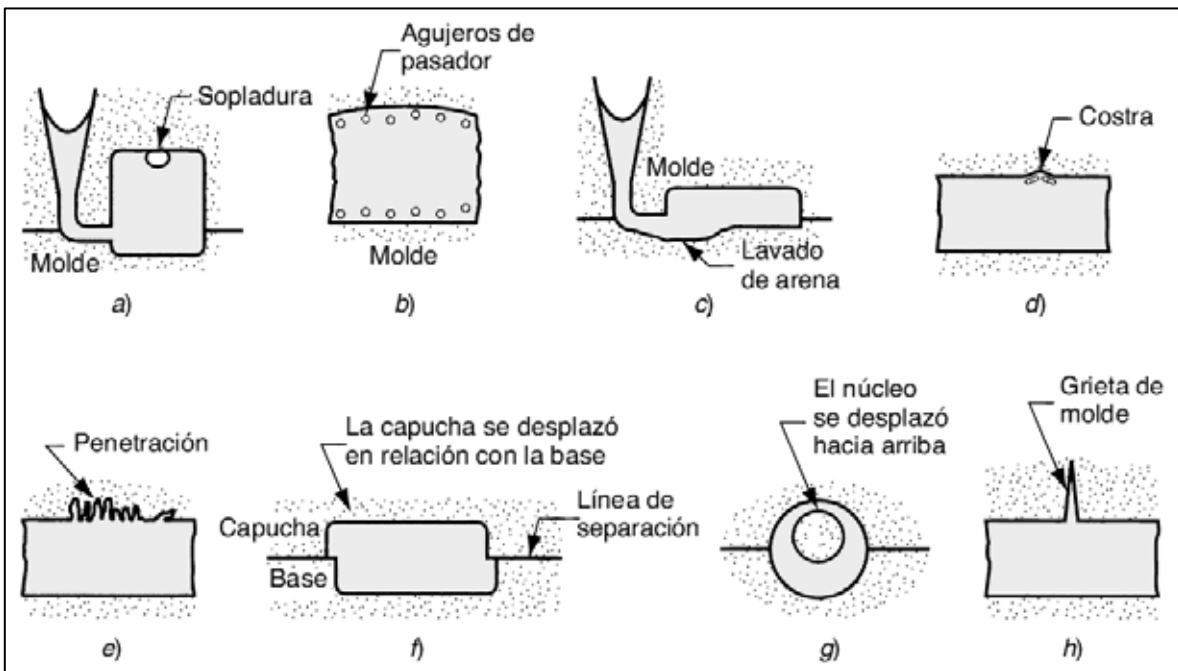


Figura 1.3 Defectos con moldes de arena, P. Groover (2007)

- a) Sopladuras. Este defecto es una cavidad de gas en forma de pelota causada por un escape de gas del molde durante el vaciado. La baja permeabilidad y ventilación y el alto contenido de humedad en la arena del molde son las causas generales.
- b) Puntos de alfiler. Es un defecto similar al de las sopladuras que involucra la formación de numerosas cavidades pequeñas de gas en la superficie de la fundición.
- c) Caídas de arena. Este defecto provoca una irregularidad en la superficie de la fundición, que resulta de la erosión del molde de arena durante el vaciado. El contorno de la erosión se imprime en la superficie de la fundición final.
- d) Costras. Son áreas rugosas en la superficie de la fundición debido a la incrustación de arena y metal. Son causadas por desprendimientos de la superficie del molde que se descascaran durante la solidificación y quedan adheridas a la superficie de la fundición.
- e) Penetración. Cuando la fluidez del metal líquido es muy alta, éste puede penetrar en el molde o corazón, la superficie de la fundición presenta una mezcla de granos de arena y metal. Una mejor compactación del molde ayuda a evitar esta condición.
- f) Corrimiento del molde. Se manifiesta como un escalón en el plano de separación del producto fundido, causado por el desplazamiento lateral del semimolde superior con respecto al inferior.
- g) Corrimiento del corazón. Un movimiento similar puede suceder con el corazón, pero el desplazamiento es, generalmente, vertical. El corrimiento del corazón y del molde es causado por la flotación del metal fundido.
- h) Molde agrietado (venas y relieves). Si la resistencia del molde es insuficiente, se puede desarrollar una grieta en la que el metal líquido puede entrar para formar una aleta en la fundición final.

Algunos defectos encontrados en piezas que produjo la Empresa Fundidora se capturaron en las siguientes figuras 1.4, 1.5, 1.6, 1.7:



Barra de 80cm de largo y un peso aproximado de 25Kg.

Por el tipo de material no se podía existir un retrabajo en la pieza y se desechó.

Figura 1.4 Rechupe en barra.



Disco de 60cm de diámetro con un peso aproximado de 40Kg.

Presento una fractura muy profunda impidiendo un retrabajo en la pieza.

Figura 1.5 Fractura de pieza.



Esquina incompleta de un soporte de dimensiones aproximadas de 120cm x 150cm

Se presentó por un vaciado incompleto

Figura 1.6 Pieza incompleta.



Disco de un diámetro de 90cm con peso de 45 kg.

Se le aplicaron líquidos penetrantes y se muestra con el revelador la porosidad de la pieza

Figura 1.7 Porosidad.

Metales para fundición

La gran mayoría de los pedidos realizados en la Empresa Fundidora están hechos con aleaciones y no con metales puros, son muy raros los pedidos que se realizan de metales puros casi inexistentes; las aleaciones son más fáciles de fundir y las propiedades del producto resultante son mejores. Las aleaciones de fundición se clasifican de la siguiente manera:

Ferrosas. A su vez se subdivide en hierro colado y acero fundido. Hay diversas aleaciones de hierro colado, como por ejemplo: 1) hierro colado gris, 2) hierro nodular, 3) hierro colado blanco, 4) hierro maleable, 5) hierros colados de aleación. Las temperaturas comunes de vertido para el hierro colado son alrededor de los 1400 °C dependiendo de la composición. Las aleaciones de acero presentan un punto de fusión más alto que el de la mayoría de los metales, se encuentra entre los 1540 °C por lo que se necesita aumentar la temperatura para realizar el vertido a alrededor de los 1650 °C

No ferrosas. Incluyen aleaciones de aluminio, magnesio, cobre, estaño, zinc, níquel y titanio, Las aleaciones de aluminio son muy susceptibles de fundirse (punto de fusión de 660 °C), las aleaciones de magnesio son muy ligeras, resistentes a la corrosión, las aleaciones de cobre incluyen bronce, latón y aluminio-bronce de igual forma son resistentes a la corrosión, las aleaciones basadas en estaño son fáciles de fundir.

I.III AMEF: Análisis de Modo y Efecto de la Falla¹⁹

El Análisis de Modo y Efecto de la Falla (AMEF, en inglés FMEA) es una de las herramientas más comunes en ingeniería de la calidad para prevenir fallos potenciales durante el desarrollo de productos. Es una metodología que se aplica a la hora de diseñar nuevos productos, servicios o procesos. Su finalidad es estudiar los posibles fallos futuros (Modos de Fallo) del producto para, posteriormente, clasificarlos según su importancia. A partir de ahí, se obtendrá una lista que servirá para priorizar cuáles son los modos de fallo más relevantes que debemos solventar (por ser más peligrosos, más molestos para el usuario, más difíciles de detectar o más frecuentes) y cuáles son los menos relevantes de los cuáles no nos debemos preocupar (por ser poco frecuentes, bien por tener muy poco impacto negativo o bien porque son fáciles de detectar por la empresa antes de sacar el producto al mercado). Hay varios tipos de Análisis AMEF dependiendo de si se aplica a un producto/servicio o a un proceso. Además, la versatilidad de este análisis permite aplicarlo tanto en el desarrollo de productos como en modificaciones de diseño y para la optimización de procesos.

Para la realización del AMEF se siguen los siguientes pasos:

Paso 1: Selección del grupo de trabajo

El grupo de trabajo estará compuesto por personas que dispongan de amplia experiencia y conocimientos del producto/servicio y/o del proceso objeto del AMEF. Se designará un coordinador para el grupo que, además de encargarse de la organización de las reuniones, domine la técnica del AMEF y, por tanto, sea capaz de guiar al equipo en su realización.

Paso 2: Establecer el tipo de AMEF a realizar, su objeto y límites

Se definirá de forma precisa el producto o parte del producto, el servicio o el proceso objeto de estudio, delimitando claramente el campo de aplicación del AMEF. El objeto de estudio no deberá ser excesivamente amplio, recomendando su subdivisión y la realización de varios AMEF en caso contrario. Para el cumplimiento de este paso se requiere un conocimiento básico, común a todos los integrantes del grupo de trabajo, del objeto de estudio del AMEF de proceso.

Paso 3: Aclarar las prestaciones o funciones, del producto o del proceso analizado

Es necesario un conocimiento exacto y completo de las funciones del objeto de estudio para identificar los Modos de Fallo Potenciales, o bien tener una experiencia previa de productos o procesos semejantes. Se expresarán, todas y cada una de ellas, de forma clara, concisa y por escrito.

Paso 4: Determinar los Modos Potenciales de Fallo

Para cada función, definida en el paso anterior, hay que identificar todos los posibles Modos de Fallo. Esta identificación es un paso crítico, se utilizarán todos los datos que puedan ayudar en la tarea:

- AMEF anteriormente realizados para productos/servicios o procesos similares.
- Estudios de fiabilidad.
- Datos y análisis sobre reclamaciones de clientes, tanto internos como externos.
- Los conocimientos de los expertos mediante la realización de Tormentas de Ideas o procesos lógicos de deducción.

En cualquier caso, se tendrá en cuenta que el uso del producto o proceso, a menudo, no es el especificado (uso previsto = uso real), y se identificarán, también, los Modos de Fallo consecuencia del uso indebido.

Paso 5: Determinar los Efectos Potenciales de Fallo

Para cada Modo Potencial de Fallo se identificarán todas las posibles consecuencias que éstos pueden implicar para el cliente. Al decir cliente, nos referimos tanto al cliente externo como al interno. Cada Modo de Fallo puede tener varios Efectos Potenciales.

Paso 6: Determinar las Causas Potenciales de Fallo

Para cada Modo de Fallo, se identificarán todas las posibles Causas, ya sean estas directas o indirectas. Para el desarrollo de este paso se recomienda la utilización de los Diagramas Causa-Efecto, Diagramas de Relaciones o cualquier otra herramienta de análisis de relaciones de causalidad.

Paso 7: Identificar sistemas de control actuales

En este paso, se buscarán los controles diseñados para prevenir las posibles Causas del Fallo, tanto los directos como los indirectos, o bien para detectar el Modo de Fallo resultante. Esta información se obtiene del análisis de sistemas y procesos de control, similares al objeto de estudio.

Paso 8: Determinar los índices de evaluación para cada Modo de Fallo

Existen tres índices de evaluación:

a) Índice de Gravedad (G). Evalúa la gravedad del efecto o consecuencia de que se produzca un determinado Fallo para el cliente. La evaluación se realiza en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Gravedad" y en función de la mayor o menor insatisfacción

del cliente por la degradación de la función o las prestaciones. Cada una de las Causas Potenciales, correspondientes a un mismo efecto, se evalúa con el mismo Índice de Gravedad. En el caso en que una misma causa pueda contribuir a varios efectos distintos del mismo Modo de Fallo, se le asignará el Índice de Gravedad mayor.

b) Índice de Ocurrencia (O). Evalúa la probabilidad de que se produzca el Modo de Fallo por cada una de las Causas Potenciales en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Ocurrencia". Para su evaluación, se tendrán en cuenta todos los controles actuales utilizados para prevenir que se produzca la Causa Potencial del Fallo.

c) Índice de Detección (D). Evalúa, para cada Causa, la probabilidad de detectar dicha Causa y el Modo de Fallo resultante antes de llegar al cliente en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Detección". Para determinar el índice D, se supondrá que la Causa de Fallo ha ocurrido y se evaluará la capacidad de los controles actuales para detectar la misma o el Modo de Fallo resultante.

Los tres índices, anteriormente mencionados, son independientes y para garantizar la homogeneidad de su evaluación, serán evaluados por el mismo grupo de análisis.

Paso 9: Calcular para cada Modo de Fallo Potencial los Números de Prioridad de Riesgo (NPR)

Para cada Causa Potencial, de cada uno de los Modos de Fallo Potenciales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo multiplicando los Índices de Gravedad (G), de Ocurrencia (O) y de Detección (D) correspondientes.

$$\text{NPR} = G \cdot O \cdot D$$

El valor resultante podrá oscilar entre 1 y 1,000, correspondiendo a 1,000 el mayor Potencial de Riesgo.

El resultado final de un AMEF es, por tanto, una lista de Modos de Fallo Potenciales, sus Efectos posibles y las Causas que podrían contribuir a su aparición clasificados por unos índices que evalúan su impacto en el cliente.

Paso 10: Proponer Acciones de Mejora

Cuando se obtengan Números de Prioridad de Riesgo (NPR) elevados, deberán establecerse Acciones de Mejora para reducirlos. Se fijarán, asimismo, los responsables y la fecha límite para la implantación de dichas acciones.

Con carácter general, se seguirá el principio de prevención para eliminar las causas de los fallos en su origen (Acciones Correctoras). En su defecto, se propondrán medidas con tendencia a reducir la gravedad del efecto (Acciones Contingentes).

I.IV Metodología de la investigación

Para realizar un análisis de los sistemas y modelos de producción de la empresa se procederá:

1. Análisis causa- efecto.

Al generar un diagrama de causa-efecto (Diagrama Ishikawa) de las posibles causas y de la situación que la empresa ha identificado como primordial: la demora en la entrega de los pedidos a los clientes. Para realizar el diagrama, la empresa será dividida en áreas que contemplan toda la estructura de la empresa, para así poder estratificar las situaciones negativas que afectan a la empresa y llevan a esta situación ya delimitada. Posteriormente, se realizará el diagrama Ishikawa y se generarán a través de:

- Lluvias de ideas con los involucrados, supervisores y/o encargados de cada área.
- Un proceso de observación que se realizará sin involucrarse en el día a día de la empresa, tomando notas de sucesos y acciones relevantes.

2. Diagnóstico de Productividad de la Empresa.

Con este panorama, el segundo paso será obtener un diagnóstico de la productividad de la empresa y determinar cuáles son las limitaciones o anomalías de las actividades de la empresa, será por medio en un análisis factorial y causal; este análisis se desarrollará mediante el siguiente método:

- Se dividirá la actividad estudiada en sus factores o componentes (las mismas áreas ya divididas para el primer procedimiento).
- Se elaborará una escala que represente el grado de satisfacción de cada factor.
- Se evaluará el factor componente, examinando la tendencia, dirección, exactitud y precisión del indicador.

- Se calculará la eficiencia de cada componente para poder determinar las limitantes y en qué proporción afectan a cada departamento

3. Diagramas de Procesos.

Ya teniendo las limitaciones, eficiencia de cada área y sabiendo cómo influyen entre sí, la tercera etapa será generar los respectivos diagramas de procesos de las áreas que afectan más a la producción, considerando la tendencia de estudiar en mayor medida la producción, y así, contemple todas las actividades involucradas directamente con la producción del bien que ofrece la empresa, con esto, se podrá tener un panorama más detallado de cada área que está involucrada en la producción, llegando a lo específico. Para esto se estudiara:

- Los manuales de producción de cada área, que cuenta la empresa.
- Entrevista con los supervisores y/o encargados de cada área.
- Observación de la producción, pasó a paso durante todo el proceso involucrado de producción.

Con lo anterior se podrá realizar un análisis del flujo del proceso. Éste trata directamente del proceso de transformación (Actividad Productora), mismo que se puede considerar como una serie de flujos de procesos, con el cual, se analizará la manera como se fabrica un producto. Cuando se analiza la secuencia de pasos que se utilizan para convertir los insumos en productos, es normal que se encuentren mejores métodos o procedimientos. Un prerrequisito para el análisis del flujo del proceso, es definir el proceso de transformación de operaciones como un sistema. Esto exige la identificación del sistema relevante que se va a analizar, mediante la definición de un limitante de sistemas y la identificación de los insumos, productos y flujos apropiados del sistema.

4. Cinco ¿Por qué? (causa-efecto).

El análisis de procesos puede tener un amplio efecto sobre todas las partes de operaciones. Utilizando un enfoque de sistemas se toman los siguientes pasos en un análisis del flujo del proceso con un diagrama de flujo:

- Seleccionar cada uno de los subproceso productivos relevantes para su estudio.
- Describir el proceso de transformación existente por medio de diagramas de flujo.
- Se analizarán dichos diagramas respondiendo a las siguientes preguntas para determinar las causas de los desperfectos:
 - a) **Qué.** ¿Qué operaciones son realmente necesarias? ¿Se pueden eliminar algunas operaciones, combinarse o simplificarse? ¿Se debe rediseñar el producto para facilitar la producción
 - b) **Quién.** ¿Quién realiza cada operación? ¿Puede rediseñarse las operaciones para utilizar menos horas hombre? ¿Pueden combinarse las operaciones para enriquecer puestos y mejorar así la productividad o las condiciones de trabajo?
 - c) **Dónde.** ¿En dónde se realiza cada operación? ¿Puede mejorarse la distribución para reducir la distancia que se recorre o para hacer que las operaciones sean más accesibles?
 - d) **Cuándo.** ¿Cuándo se realiza cada operación? ¿Existe un exceso de retrasos o almacenamiento? ¿Algunas operaciones ocasionan cuellos de botella?
 - e) **Cómo.** ¿Cómo se hace la operación? ¿Pueden utilizarse mejores métodos, procedimientos o equipos? ¿Debe revisarse la operación para hacerla más fácil o para que consuma menos tiempo?

5. Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF).

En consecuencia se aplicará una de las herramientas más utilizadas en la planificación de calidad: Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF), la cual sirve de análisis para la identificación, evaluación y prevención de los posibles fallos y efectos que pueden aparecer en un proceso. Puede ser de carácter preventivo, el anticiparse a la ocurrencia del fallo en los procesos permite actuar con carácter preventivo ante los posibles problemas; también es

una forma de sistematización, ya que, el enfoque estructurado que se sigue para la realización de un AMFE asegura, prácticamente, que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas; y, por última característica, la de participación, porque es un trabajo en equipo, que requiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas.

El AMEF es una herramienta útil para la priorización de los problemas potenciales, marcándonos mediante el NPR (Número de Prioridad de Riesgo) la pauta a seguir en la búsqueda de acciones que optimicen el diseño de un producto/servicio o el proceso planificado para su obtención.

Los puntos prioritarios en la actuación serán:

- Aquellos en que el Número de Prioridad de Riesgo es elevado.
- Aquellos en que el Índice de Gravedad es muy elevado, aunque el NPR se mantenga dentro de los límites normales.

Las acciones que surgen como consecuencia del análisis del resultado del AMFE pueden ser orientadas a:

- Reducir la Gravedad de los Efectos del Modo de Fallo. Es un objetivo de carácter preventivo que requiere la revisión del producto/servicio. Es la solución más deseable pero, en general, la más complicada. Cualquier punto donde G sea alto debe llevar consigo un análisis pormenorizado para asegurarse de que el impacto no llegue al cliente.
- Reducir la probabilidad de Ocurrencia. Es un objetivo de carácter preventivo que puede ser el resultado de cambios en el producto/servicio o bien en el proceso de producción o prestación. En el caso en que se produzca el Fallo, aunque éste no llegue al cliente o su Gravedad no sea alta, siempre se incurre en deficiencias que generan un aumento de costes de transformación.

- Aumentar la probabilidad de Detección. Es un objetivo de carácter correctivo y, en general, debe ser la última opción a desarrollar por el grupo de trabajo, ya que con ella no se atacan las causas del problema. Requiere la mejora del proceso de control existente.

6. Propuestas.

Una vez realizado el AMEF, se dispondrá, por último a hacer un análisis de las propuestas de acciones para la mejora de la producción de la empresa, con el fin de ofrecer a la empresa propuestas de acciones que sean efectivas y reduzcan los costos de producción y, sobre todo, que logre atacar y disminuir los tiempos de entrega de los pedidos a los clientes.

Capítulo II Desarrollo de la Metodología

II.I Análisis causa-efecto

Para poder realizar un análisis de la Empresa Fundidora se subdividió la empresa en diez áreas, con base en el criterio de estratificar a la empresa en áreas debidamente delimitadas siendo éstas:

1. Medio Ambiente
2. Dirección
3. Productos y Procesos
4. Contabilidad y Estadística
5. Financiamiento
6. Suministros
7. Medios de Producción
8. Personal
9. Actividad Productora
10. Mercadeo

Ya definidas las áreas que se analizarán, se procedió a hacer reuniones, con el propósito de generar lluvia de ideas, con los supervisores y/o encargados de cada área o aquellos que estén relacionados con dicha área para identificar cuáles serían los posibles problemas a los que se está enfrentando la empresa y determinar una hipótesis.

También, se realizó un proceso de observación no participante, es decir, sin involucrarse en el día a día de la empresa, tomando notas de sucesos, eventos, situaciones y acciones relevantes que la empresa ya está acostumbrada a que sucedan pero que en realidad no deberían de existir generando situaciones estresantes para el personal y afectando a la empresa y su productividad.

Se generaron una gran cantidad de posibles causas y se optó por concentrarlas y resumirlas en el siguiente diagrama Ishikawa (Figura 2.1):

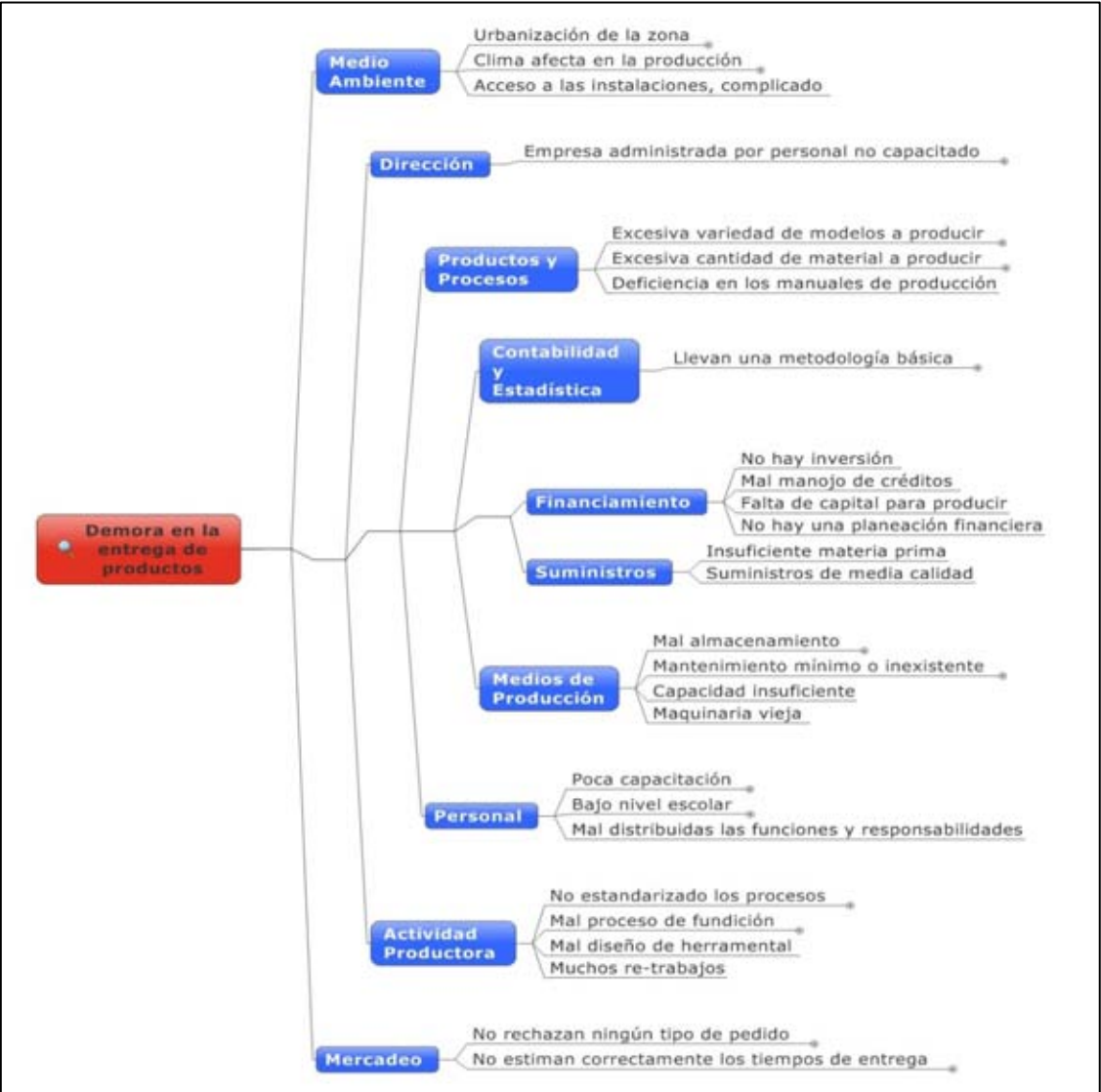


Figura 2.1 Demora en la entrega

En la figura 2.1, podemos observar que todas las áreas afectan en la demorando la entrega de productos, lo que dificulta a la empresa poder hacer un plan de acción ya que no saben por dónde empezar. Es conveniente señalar que, lo que está plasmado en el diagrama Ishikawa es la concentración de ideas y comentarios que se recibieron de los encargados. También, se tuvieron que interpretar las necesidades reales de los entrevistados y, no sólo, sus quejas e inconformidades con sus superiores y/o colaboradores.

II.II Diagnóstico de Productividad de la Empresa

Para realizar el diagnóstico de productividad se realizó una encuesta en las diversas áreas (determinadas en el capítulo II.I Análisis causa-efecto) de la empresa para conocer así la productividad, entrevistando a diferentes personas involucradas. Se calificarán diversos aspectos de cada área con el fin de poder obtener un panorama general de cada una de ellas. La calificación de los aspectos será tabulada con los siguientes criterios:

A = Excelente / Aceptable

B = Bueno / Limitado

C = Regular / No aceptable

D = Deficiente / Inexistente

También se le asigna alguna área limitante, la cual es la causante principal de la situación inadecuada del área evaluada, a razón de los comentarios que el personal encuestado comento o hizo referencia durante el proceso.

Las encuestas que se realizaron se encuentran en el Anexo A.

Una vez recolectada la información, mostrada en el Anexo A, se procederá a calcular la eficiencia de las 10 áreas de la empresa (10 factores de operación), se sumará el número de anotaciones hechas en cada columna, después se multiplicará el número de anotaciones de cada una de las tres primeras columnas por la ponderación dada a las mismas. La suma de estas evaluaciones se divide entre el número (n) de indicadores analizados y dando como resultado final la eficiencia.

$$E = \frac{A + B(0.5) + C(0.25)}{n}$$

A su vez, se calculará el porcentaje de limitación, dividiendo la unidad entre el número de áreas limitantes que hay en la columna LIMITANTE. Multiplicando dicho porcentaje por la cantidad de anotaciones de una misma función, para conocer el porcentaje de limitación que proviene de cada área.

$$f = \frac{1}{L}$$

$$\text{función } X = f * \text{No. anotaciones}$$

1. MEDIO AMBIENTE

$$\text{Eficiencia} = \frac{4 + 3(0.5) + 2(0.25)}{9} = \mathbf{0.67}$$

$$\text{Limitante} = 1/5 = 0.20$$

$$\text{Función 2} = 0.20 \times 1 = 0.20$$

$$\text{Función 3} = 0.20 \times 1 = 0.20$$

$$\text{Función 4} = 0.20 \times 1 = 0.20$$

$$\text{Función 6} = 0.20 \times 1 = 0.20$$

$$\text{Función 10} = 0.20 \times 1 = 0.20$$

2. DIRECCIÓN

$$E = \frac{5 + 3(0.5) + 1(0.25)}{9} = \mathbf{0.75}$$

$$\text{Limitante} = 1/4 = 0.25$$

$$\text{Función 4} = 0.25x1 = 0.25$$

$$\text{Función 8} = 0.25x2 = 0.50$$

$$\text{Función 9} = 0.25x1 = 0.25$$

3. PRODUCTOS Y PROCESOS

$$E = \frac{2 + 2(0.5) + 2(0.25)}{6} = \mathbf{0.58}$$

$$\text{Limitante} = 1/4 = 0.25$$

$$\text{Función 7} = 0.25x1 = 0.25$$

$$\text{Función 8} = 0.25x1 = 0.25$$

$$\text{Función 9} = 0.25x2 = 0.50$$

4. CONTABILIDAD Y ESTADÍSTICA

$$E = \frac{6 + 2(0.5) + 0(0.25)}{8} = \mathbf{0.87}$$

$$\text{Limitante} = 1/2 = 0.50$$

$$\text{Función 5} = 0.50x2 = 1.0$$

5. FINANCIAMIENTO

$$E = \frac{1 + 2(0.5) + 3(0.25)}{6} = \mathbf{0.46}$$

$$\text{Limitante} = 1/5 = 0.20$$

$$\text{Función 4} = 0.20 \times 1 = 0.20$$

$$\text{Función 5} = 0.20 \times 1 = 0.20$$

$$\text{Función 8} = 0.20 \times 1 = 0.20$$

$$\text{Función 9} = 0.20 \times 2 = 0.40$$

6. SUMINISTROS

$$E = \frac{5 + 3(0.5) + 1(0.25)}{9} = \mathbf{0.75}$$

$$\text{Limitante} = 1/4 = 0.25$$

$$\text{Función 3} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

$$\text{Función 6} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

$$\text{Función 9} = 0.25 \times 2 = 0.50$$

7. MEDIOS DE PRODUCCIÓN

$$E = \frac{1 + 2(0.5) + 2(0.25)}{5} = \mathbf{0.50}$$

$$\text{Limitante} = 1/4 = 0.25$$

$$\text{Función 5} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

$$\text{Función 6} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

$$\text{Función 7} = 0.25 \times 2 = 0.50$$

8. PERSONAL

$$E = \frac{4 + 4(0.5) + 0(0.25)}{8} = \mathbf{0.75}$$

$$\text{Limitante} = 1/4 = 0.25$$

$$\text{Función 1} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

$$\text{Función 9} = 0.25 \times 3 = 0.75$$

9. ACTIVIDAD PRODUCTORA

$$E = \frac{1 + 1(0.5) + 3(0.25)}{5} = \mathbf{0.45}$$

$$\text{Limitante} = 1/4 = 0.25$$

$$\text{Función 3} = 0.25 \times 2 = 0.50$$

$$\text{Función 6} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

$$\text{Función 7} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

10. MERCADEO

$$E = \frac{3 + 2(0.5) + 2(0.25)}{7} = \mathbf{0.64}$$

$$\text{Limitante} = 1/4 = 0.25$$

$$\text{Función 1} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

$$\text{Función 2} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

$$\text{Función 5} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

$$\text{Función 7} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

La eficiencia de la empresa se podrá representar como el promedio de la eficiencias de las áreas evaluadas, siendo éste de un **64.2% de eficiencia de la empresa en general**. También, se puede traducir en una **deficiencia del 35.8%**, lo que puede indicar que la empresa subsiste con las mínimas o nulas ganancias y con grandes conflictos entre cada área que opera dentro de la empresa para llevar a cabo sus actividades.

El porcentaje de influencia limitante de cada factor en la empresa se obtiene dividiendo el total de los valores de cada columna entre la suma de estos totales utilizando una matriz de limitaciones unitarias.

	ÁREA	INFLUENCIA LIMITANTE	% DE INFLUENCIA LIMITANTE
1	Medio Ambiente	0.50	5%
2	Dirección	0.45	4%
3	Productos y Procesos	0.95	10%
4	Contabilidad y Estadística	0.65	6%
5	Financiamiento	1.70	17%
6	Suministros	0.95	10%
7	Medios de Producción	1.25	13%
8	Personal	0.95	9%
9	Actividad Productora	2.40	24%
10	Mercadeo	0.20	2%
	TOTAL	10.00	100%

Tabla 2.1 Influencia Limitante

FACTORES LIMITANTES										
a\de	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.44	0.21	0.30		0.22				1.00
2				0.40				0.53	0.10	
3							0.20	0.26	0.21	
4					0.59					
5				0.30	0.11			0.21	0.16	
6			0.26			0.26			0.21	
7					0.15	0.26	0.40			
8	0.50								0.32	
9			0.53			0.26	0.20			
10	0.50	0.56			0.15		0.20			
Σ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 2.2 Factores Limitantes

En la tabla 2.2 podemos ver como cada una de las áreas limita a otras áreas (las áreas horizontales son las que limitan a las áreas verticales), por ejemplo; el área de Mercadeo (10) limita directamente al área de Medio Ambiente (1); en cambio, el área de Actividad Productora (9) limita a cinco áreas (Dirección, Productos y Procesos, Financiamiento, Suministros y Personal) con una mayor influencia en el área de Personal.

Teniendo como referencia las tablas 2.1 y 2.2, obtenemos como resultado las figuras 2.2 y 2.3 que representan las limitaciones que genera cada área a las demás áreas de la empresa y el círculo limitante principal:

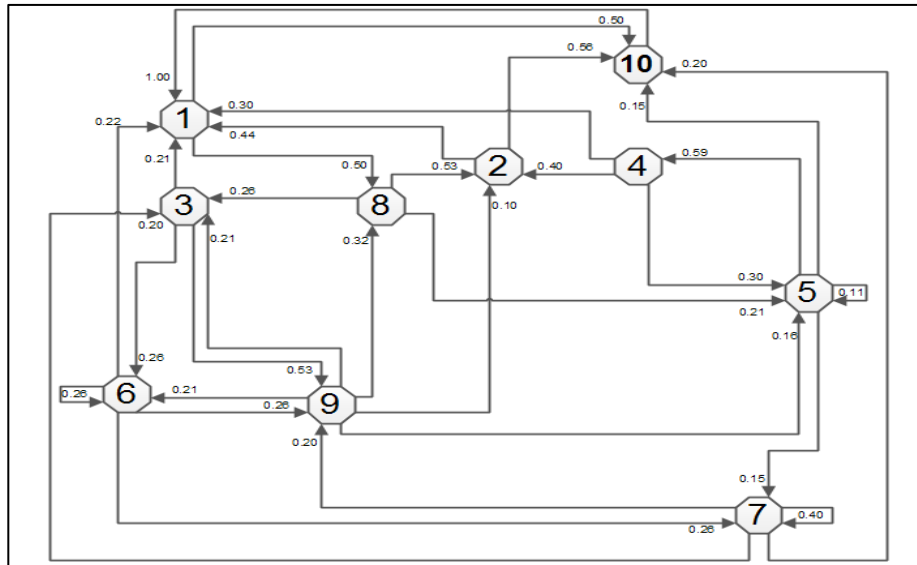


Figura 2.2 Limitaciones entre áreas

El círculo limitante principal será:

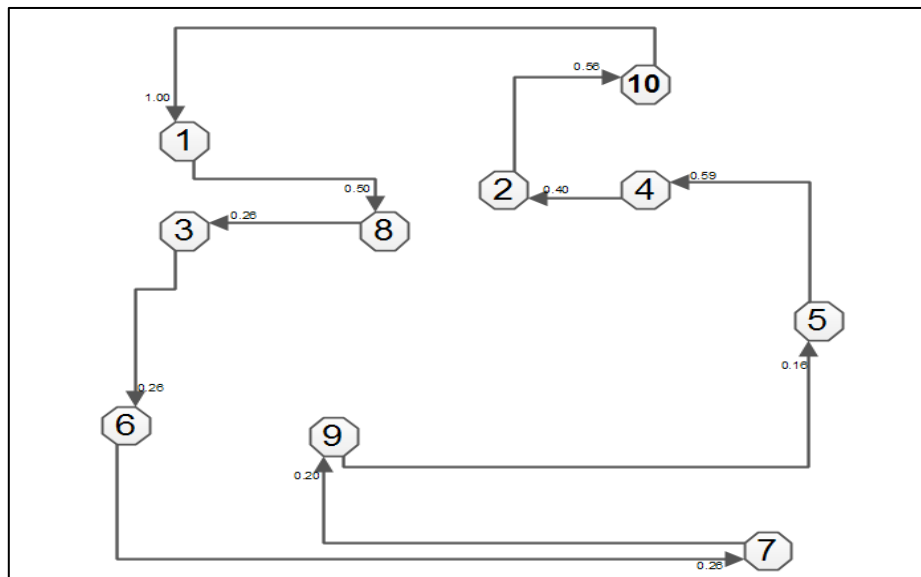


Figura 2.3 Círculo limitante principal

El área que limita a más áreas es Actividad Productora que limita a otras cinco áreas, **con 24% de influencia limitante**; seguida de Financiamiento y Medios de Producción, con un 17% y 13% respectivamente; la que menos afecta a la empresa es Mercadeo, con un 2% de influencia limitante. Esto nos da un buen panorama de que el conflicto al que la empresa se enfrenta está relacionado con todas las áreas. Las áreas que

en mayor medida afectan directamente a la empresa (las mencionadas previamente) combinadas tienen 54% de influencia limitante para la empresa. Si se llegan a resolver los conflictos que se encuentran en estas tres áreas esto desencadenaría en una mejora general en el resto de la empresa, debido a que están limitadas en un círculo vicioso, que genera cada vez más situaciones inconvenientes, rompiendo dicho círculo se logrará una mejora significativa en la productividad de la empresa.

Como se puede ver en la figura 2.3, el círculo limitante principal comprende todas las áreas de la empresa, lo que nos indica que en toda la empresa hay un conflicto general causando grandes problemas y situaciones desfavorables en la realización de las actividades entre cada área de dicha empresa, generando un círculo vicioso.

En consecuencia, dejando de lado el área de Financiamiento, debido a que la empresa está tomando medidas al respecto, se enfocará el presente trabajo en las áreas: Actividades Productoras y Medios de Producción para su estudio y análisis teniendo un 37% de influencia limitante en la empresa.

II.III Diagramas de Procesos

Para hacer un correcto análisis de las Actividades Productoras y los Medios de Producción es necesario generar diagramas de procesos de cada una de las actividades involucradas directamente en la producción del bien que genera la Empresa Fundidora. Esto ayudará a comprender el trabajo como un proceso y a identificar en qué parte del proceso está el o los problemas.

Para poder hacer un análisis de los procesos detallado es necesario recurrir a los manuales de producción, los cuales se revisaron y estudiaron pero por cuestiones de confidencialidad la empresa no me permitió anexarlos a la presente investigación, pero lo que se pudo observar durante la revisión de la documentación los procedimientos planteados en la mayoría de los casos, era deficiente o incompleto, también se observó que muchos de los manuales de producción no se utilizan, es decir, de los 4872 manuales que tienen para la elaboración de distintas piezas y/o con distintos materiales aproximadamente el 47% de dichos documentos no son utilizados o son obsoletos.

A continuación, se mostrará un diagrama general de procesos principales y directos durante el proceso de fabricación de la empresa (figura 2.4) el cual comprende diversas áreas, como se muestra a continuación con una breve descripción de la actividad a realizar:

DIAGRAMA GENERAL DEL FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Área que genera:	Ingeniería de Manufactura
Fecha de elaboración:	07/07/2014
Fecha de revisión:	
Elaboró:	Diego Torrejón Reyes
Revisó:	

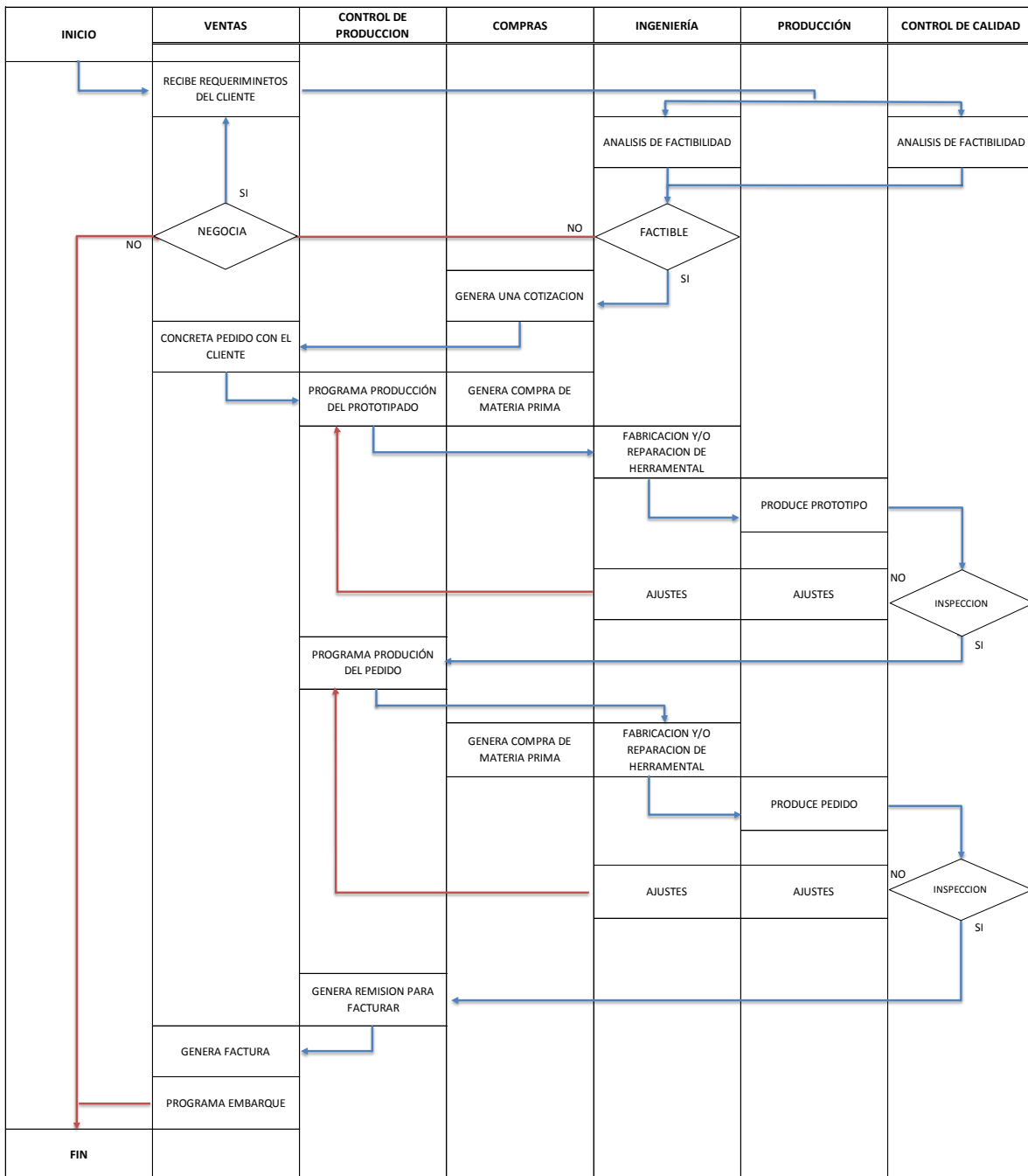


Figura 2.4 Diagrama General de Flujo

Como se puede observar en el análisis anterior (figura 2.4), existen retornos durante el proceso debido a que se generan decisiones, las cuales están involucradas directamente en la producción ya que de ser el caso, como podemos observar, cuando se hace un análisis de factibilidad con los requerimientos del cliente, si supera la capacidad de la empresa el pedido, lo que se intenta es negociar con el cliente para determinar si pueden existir modificaciones ya sean del tipo de material, de diseño y/o de volumen de producción, intentando que exista un beneficio para el cliente. Ya que el cliente está conforme con los requerimientos de sus piezas, con la cotización que se le ofertó y el tiempo de entrega se concreta el pedido, lo que desencadena los siguientes pasos, empezando por la programación de la producción, comprando la materia prima, creando y reparando los moldes para poder generar el prototipo que control de calidad inspeccionará para determinar si cumple con especificaciones que el cliente solicitó, donde se genera la siguiente decisión de seguir adelante con la producción o volver a generar el prototipo con los ajustes pertinentes. En el caso de que se continúe por la línea de producción del pedido, se procede a generar el total del pedido, adquiriendo la materia prima, reparando, adecuando y/o fabricando el herramental, para poder hacer la producción que posteriormente control de calidad generará una nueva decisión durante la inspección del pedido para rechazar la producción o aprobar y liberarla. En el caso de que no se apruebe la producción por la existencia de piezas que tengan defectos (pueden llegar a ser todas) se volverá a producir el ciclo de producción del pedido empezando por la reprogramación de la producción, generando los ajustes necesarios, en el caso de que sea aprobada el área de control de producción procederá a notificar a compras para que compras pueda generar la factura y se le notifique al cliente y concluya el proceso.

Ahora bien, el proceso de producción esta subdividido en procesos que a continuación se detallaran en la figura 2.5:

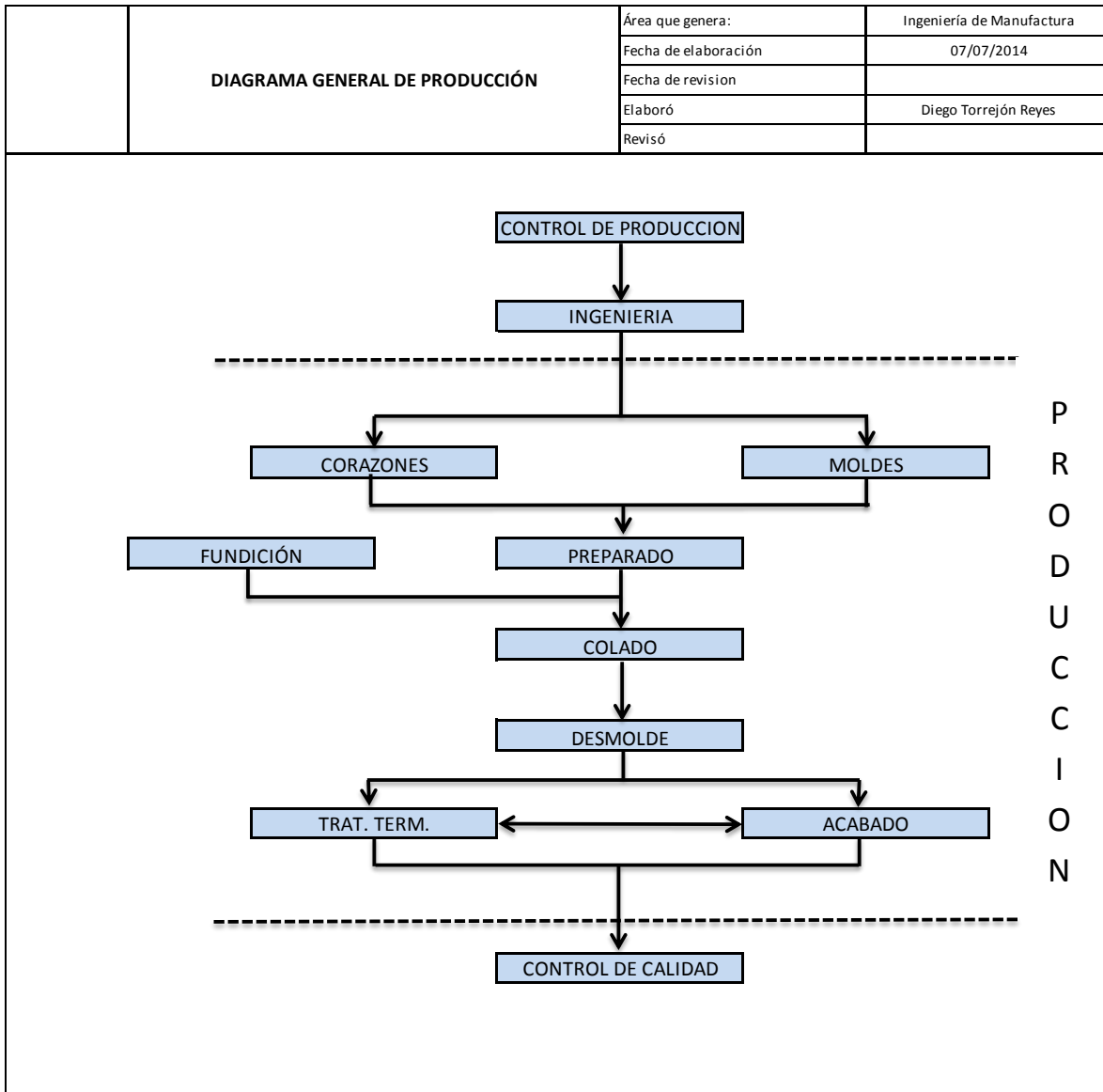


Figura 2.5 Flujo general de producción
















Cabe señalar que la empresa no tenía estos diagramas debidamente establecidos, el personal encargado (supervisores) eran los únicos que sabían cómo se desarrollaban las actividades específicas de cada área, teniendo la dirección un desconocimiento específico de esto.

Se pudo observar que las sub-áreas de Tratamiento Térmico y Acabado están involucrados de tal forma que, dependiendo del producto que se esté fabricando, podrá ir uno u otro primero durante la producción, dependiendo de las características que se busquen.

II.III.I Flujos de procesos

A continuación, se detallará con diagramas de flujos de proceso cada una de las sub-áreas que comprende Producción, para esto se estudiaron pedidos aleatoriamente para conocer el comportamiento de las áreas involucradas.

FLUJO DE PROCESO CORAZONES				Código	
				Fecha de elaboración	07/07/2014
				Fecha de revisión	
Área que genera:	Ingeniería de Manufactura	Elaboró	Diego Torrejón Reyes	Revisó	

<table border="1"> <tr><td>Área</td><td>Ingeniería</td></tr> <tr><td>No. de grafica</td><td>02</td></tr> <tr><td>Fecha</td><td>11/06/2014</td></tr> <tr><td>Pedido</td><td>P2014106</td></tr> <tr><td>Clave</td><td>FFIS003111002</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td></td><td>Operación</td></tr> <tr><td></td><td>Transporte</td></tr> <tr><td></td><td>Inspección</td></tr> <tr><td></td><td>Retrasos</td></tr> <tr><td></td><td>Almacenamiento</td></tr> </table>	Área	Ingeniería	No. de grafica	02	Fecha	11/06/2014	Pedido	P2014106	Clave	FFIS003111002		Operación		Transporte		Inspección		Retrasos		Almacenamiento	<table border="1"> <tr><th colspan="2">CARACTERISTICAS</th></tr> <tr><td>Dimensiones</td><td>15x15x35cm</td></tr> <tr><td>Geometria</td><td>sencilla</td></tr> <tr><td>Arena principal</td><td>grano redondo</td></tr> </table>	CARACTERISTICAS		Dimensiones	15x15x35cm	Geometria	sencilla	Arena principal	grano redondo	<table border="1"> <tr><th colspan="2">RESUMEN</th></tr> <tr><td>Operaciones</td><td>14</td></tr> <tr><td>Transportes</td><td>3</td></tr> <tr><td>Inspecciones</td><td>1</td></tr> <tr><td>Retrasos</td><td>0</td></tr> <tr><td>Almacenamientos</td><td>1</td></tr> <tr><td>Tiempo Total</td><td>9.13 m</td></tr> </table>	RESUMEN		Operaciones	14	Transportes	3	Inspecciones	1	Retrasos	0	Almacenamientos	1	Tiempo Total	9.13 m
Área	Ingeniería																																											
No. de grafica	02																																											
Fecha	11/06/2014																																											
Pedido	P2014106																																											
Clave	FFIS003111002																																											
	Operación																																											
	Transporte																																											
	Inspección																																											
	Retrasos																																											
	Almacenamiento																																											
CARACTERISTICAS																																												
Dimensiones	15x15x35cm																																											
Geometria	sencilla																																											
Arena principal	grano redondo																																											
RESUMEN																																												
Operaciones	14																																											
Transportes	3																																											
Inspecciones	1																																											
Retrasos	0																																											
Almacenamientos	1																																											
Tiempo Total	9.13 m																																											
PROCEDIMIENTO ACTUAL																																												





















						Tiempo	DESCRIPCION	COMENTARIOS
1	X					0.06	Ensamble de molde de madera	modelo con piezas ajustables
2	X					0.02	Colocar separador	en polvo
3	X					0.17	Coloca mezcla de arena grano redondo	de una cubeta que se preparo anteriormente
4	X					1.02	Compacta	
5	X					0.17	Coloca arena subangular	de otra cubeta que se preparo antes
6	X					0.38	Compacta y retira exceso	con una espátula
7	X					0.05	Coloca amina	de una botella de refresco con un hoyo
8		X				0.02	a la sopladora	
9	X					0.20	Centra el molde en la sopladora	
10	X					0.09	Soplado de amina	
11	X					3.07	Soplado de aire	Proceso de soplado en maquina, la maquina se encuentra descompuesta (automatizado)
12	X					0.25	Apagado de maquina sopladora	
13	X					0.10	Retiro de pieza	de la maquina
14		X				0.03	a mesa de trabajo	
15	X					1.33	Desmoldear corazon	procedimiento a detalle
16			X			0.20	visual de acabado	
17	X					0.20	Lijado de excedentes (rebabas)	
18		X				0.12	a anaqueles	
19				X		-	Temporal	
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								

Figura 2.6 Flujo de proceso corazones

FLUJO DE PROCESO MOLDEO EN PISO				Código	
				Fecha de elaboración	07/07/2014
				Fecha de revisión	
Área que genera:	Ingeniería de Manufactura	Elaboró	Diego Torrejón Reyes	Revisó	

<table border="1"> <tr><td>Área</td><td>Ingeniería</td></tr> <tr><td>No. de grafica</td><td>03</td></tr> <tr><td>Fecha</td><td>23/06/2014</td></tr> <tr><td>Pedido</td><td>P2014171-5</td></tr> <tr><td>Clave</td><td>FFIM007109022</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td></td><td>Operación</td></tr> <tr><td></td><td>Transporte</td></tr> <tr><td></td><td>Inspección</td></tr> <tr><td></td><td>Retrasos</td></tr> <tr><td></td><td>Almacenamiento</td></tr> </table>	Área	Ingeniería	No. de grafica	03	Fecha	23/06/2014	Pedido	P2014171-5	Clave	FFIM007109022		Operación		Transporte		Inspección		Retrasos		Almacenamiento	<table border="1"> <tr><th colspan="2">CARACTERISTICAS</th></tr> <tr><td>Dimensiones</td><td>80x120x120cm</td></tr> <tr><td>Geometria</td><td>sencilla</td></tr> <tr><td>Arena principal</td><td>arena subangular</td></tr> </table>	CARACTERISTICAS		Dimensiones	80x120x120cm	Geometria	sencilla	Arena principal	arena subangular	<table border="1"> <tr><th colspan="2">RESUMEN</th></tr> <tr><td>Operaciones</td><td>26</td></tr> <tr><td>Transportes</td><td>3</td></tr> <tr><td>Inspecciones</td><td>2</td></tr> <tr><td>Retrasos</td><td>1</td></tr> <tr><td>Almacenamientos</td><td>0</td></tr> <tr><td>Tiempo Total</td><td>213.20m</td></tr> </table>	RESUMEN		Operaciones	26	Transportes	3	Inspecciones	2	Retrasos	1	Almacenamientos	0	Tiempo Total	213.20m
Área	Ingeniería																																											
No. de grafica	03																																											
Fecha	23/06/2014																																											
Pedido	P2014171-5																																											
Clave	FFIM007109022																																											
	Operación																																											
	Transporte																																											
	Inspección																																											
	Retrasos																																											
	Almacenamiento																																											
CARACTERISTICAS																																												
Dimensiones	80x120x120cm																																											
Geometria	sencilla																																											
Arena principal	arena subangular																																											
RESUMEN																																												
Operaciones	26																																											
Transportes	3																																											
Inspecciones	2																																											
Retrasos	1																																											
Almacenamientos	0																																											
Tiempo Total	213.20m																																											
PROCEDIMIENTO ACTUAL																																												






						Tiempo	DESCRIPCION	COMENTARIOS
1	X					5.00	Limpieza de superficie	con escoba y pala
2		X				0.20	visual de la superficie	
3		X				7.00	Caja 1 de acero a zona de trabajo	con garrucha
4	X					15.00	Colocación de modelo en caja 1	centrado
5	X					1.15	Recubrir con liquido separador	Preparado de Aluminio
6	X					0.30	Secado de liquido separador	con aire comprimido
7	X					17.00	Preparación de arena cromita	en un tabla de madera (resina y catalizador)
8	X					3.00	Colocación de arena preparada cromita	distribuida en la superficie del modelo
9	X					2.00	Colocación de arena subangular	cubriendo el modelo
10	X					9.00	Colocación de arena recuperada	con un compactado manual (pisotones)
11	X					4.00	Compactado final	con una tabla de madera para el aplanado
12	X					10.00	Volteo de caja	con garrucha
13		X				6.00	Caja 2 de acero a zona de trabajo	con garrucha
14	X					3.00	Acabado de la Caja 1 y guías de ensamble	quita remanentes e imperfecciones
15	X					10.00	Coloca sistema de colada camisas exotermicas	ademas varillas soporte
16	X					6.00	Coloca caja 2 sobre caja 1	alineadas
17	X					0.30	Limpiar arena suelta	con aire comprimido
18	X					8.00	Preparado de arena cromita	en un tabla de madera (resina y catalizador)
19	X					2.00	Coloca preparado de arena cromita	distribuida en la superficie del modelo
20	X					1.45	Coloca arena subangular	cubriendo el modelo
21	X					8.00	Coloca arena recuperada	con un compactado manual (pisotones)
22	X					4.20	Compactado final	con una tabla de madera para el aplanado
23	X					2.00	Picado y retiro de tubos de colada	aleatorio el picado
24	X					25.00	Fraguado	pruebas con el dedo
25	X					10.00	Separar caja	con garrucha
26	X					21.00	Desmoldeo de modelo y coladas	
27	X					0.40	Limpiar arena suelta	con aire comprimido
28		X				1.00	visual y tactil de calidad de los moldes	
29	X					15.00	Barbeado y apertura de contactos	de coladas con el modelo
30	X					6.00	Empalmado de las cajas 1 y2	
31	X					9.00	Transporte de molde a área de preparado y vaciado	con garrucha
32			X			-	hasta el momento de preparado	
33								
34								
35								

Figura 2.7 Flujo de proceso moldeo










FLUJO DE PROCESO PREPARADO				Código	
				Fecha de elaboración	07/07/2014
				Fecha de revisión	
Área que genera:	Ingeniería de Manufactura	Elaboró	Diego Torrejón Reyes	Revisó	

<table border="1"> <tr><td>Área</td><td>Preparado</td></tr> <tr><td>No. de grafica</td><td>04</td></tr> <tr><td>Fecha</td><td>19/06/2014</td></tr> <tr><td>Pedido</td><td></td></tr> <tr><td>Clave</td><td>FCCA005208072</td></tr> </table>	Área	Preparado	No. de grafica	04	Fecha	19/06/2014	Pedido		Clave	FCCA005208072	<table border="1"> <tr><th colspan="2">CARACTERISTICAS</th></tr> <tr><td>Pintura</td><td>zirconio base alcohol</td></tr> <tr><td>Secado</td><td>por combustión</td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table>	CARACTERISTICAS		Pintura	zirconio base alcohol	Secado	por combustión							<table border="1"> <tr><th colspan="2">RESUMEN</th></tr> <tr><td>Operaciones</td><td>12</td></tr> <tr><td>Transportes</td><td>3</td></tr> <tr><td>Inspecciones</td><td>1</td></tr> <tr><td>Retrasos</td><td>1</td></tr> <tr><td>Almacenamientos</td><td>0</td></tr> <tr><td>Tiempo Total</td><td>18.12</td></tr> </table>	RESUMEN		Operaciones	12	Transportes	3	Inspecciones	1	Retrasos	1	Almacenamientos	0	Tiempo Total	18.12
Área	Preparado																																					
No. de grafica	04																																					
Fecha	19/06/2014																																					
Pedido																																						
Clave	FCCA005208072																																					
CARACTERISTICAS																																						
Pintura	zirconio base alcohol																																					
Secado	por combustión																																					
RESUMEN																																						
Operaciones	12																																					
Transportes	3																																					
Inspecciones	1																																					
Retrasos	1																																					
Almacenamientos	0																																					
Tiempo Total	18.12																																					
<table border="1"> <tr><td><input type="radio"/></td><td>Operación</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Transporte</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Inspección</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Retrasos</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Almacenamiento</td></tr> </table>	<input type="radio"/>	Operación	<input type="checkbox"/>	Transporte	<input type="checkbox"/>	Inspección	<input type="checkbox"/>	Retrasos	<input type="checkbox"/>	Almacenamiento	PROCEDIMIENTO ACTUAL																											
<input type="radio"/>	Operación																																					
<input type="checkbox"/>	Transporte																																					
<input type="checkbox"/>	Inspección																																					
<input type="checkbox"/>	Retrasos																																					
<input type="checkbox"/>	Almacenamiento																																					

	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiempo	DESCRIPCION	COMENTARIOS
1	X					10.15	de anaquel a mesa de trabajo	30 piezas
2	X					8.10	Lijado de rebabas y acabado	30 piezas
3	X					8.00	Preparado de pintura	en una cubeta se prepara pintura de zirconio
4		X				0.30	Prueba de densidad	baumetro
5	X					4.34	Preparación del molde	soplado con aire comprimido y posicionamiento
6	X					2.23	Pintado de corazones	15 piezas sumergidas en la pintura
7	X					0.20	Recarga de pintura	
8	X					2.36	Secado de pintura	por combustion
9	X					2.40	Pintado de piezas	15 piezas sumergidas en la pintura
10	X					2.56	Secado de pintura	por combustion
11	X					15.00	a la zona donde estan los moldes correspondientes	los coloca dentro del molde
12	X					7.30	Limpia la arena suelta de los moldes	con aire comprimido
13	X					24.35	pintado de los moldes con los corazones	con un soplado para homogeneizar la pintura
14	X					16.40	Secado de pintura	por combustion
15	X					15.00	Cerrado de los moldes con los corazones	
16			X			-	Para pasarlo al área de vaciado	
17	X					20.00	a la zona de vaciado	
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								

Figura 2.8 Flujo de proceso preparado

FLUJO DE PROCESO FUSIÓN-VACIADO				Código	
				Fecha de elaboración	07/07/2014
				Fecha de revisión	
Área que genera:	Ingeniería de Manufactura	Elaboró	Diego Torrejón Reyes	Revisó	

<table border="1"> <tr><td>Área</td><td>FUNDICION H3</td></tr> <tr><td>No. de grafica</td><td>05</td></tr> <tr><td>Fecha</td><td>25/06/2014</td></tr> <tr><td>Pedido</td><td>(A211)</td></tr> <tr><td>Clave</td><td></td></tr> </table>	Área	FUNDICION H3	No. de grafica	05	Fecha	25/06/2014	Pedido	(A211)	Clave		<table border="1"> <tr><th colspan="2">CARACTERISTICAS</th></tr> <tr><td>Pedidos</td><td>diversos, con dimensiones diferentes</td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> </table>	CARACTERISTICAS		Pedidos	diversos, con dimensiones diferentes									<table border="1"> <tr><th colspan="2">RESUMEN</th></tr> <tr><td>Operaciones</td><td>23</td></tr> <tr><td>Transportes</td><td>5</td></tr> <tr><td>Inspecciones</td><td>2</td></tr> <tr><td>Retrasos</td><td>2</td></tr> <tr><td>Almacenamientos</td><td>0</td></tr> <tr><td>Tiempo Total</td><td>88.53m</td></tr> </table>	RESUMEN		Operaciones	23	Transportes	5	Inspecciones	2	Retrasos	2	Almacenamientos	0	Tiempo Total	88.53m
Área	FUNDICION H3																																					
No. de grafica	05																																					
Fecha	25/06/2014																																					
Pedido	(A211)																																					
Clave																																						
CARACTERISTICAS																																						
Pedidos	diversos, con dimensiones diferentes																																					
RESUMEN																																						
Operaciones	23																																					
Transportes	5																																					
Inspecciones	2																																					
Retrasos	2																																					
Almacenamientos	0																																					
Tiempo Total	88.53m																																					
<table border="1"> <tr><td></td><td>Operación</td></tr> <tr><td></td><td>Transporte</td></tr> <tr><td></td><td>Inspección</td></tr> <tr><td></td><td>Retrasos</td></tr> <tr><td></td><td>Almacenamiento</td></tr> </table>		Operación		Transporte		Inspección		Retrasos		Almacenamiento	PROCEDIMIENTO ACTUAL																											
	Operación																																					
	Transporte																																					
	Inspección																																					
	Retrasos																																					
	Almacenamiento																																					





















						Tiempo	DESCRIPCION	COMENTARIOS
1	X					-	Realizar calculo de carga	control de produccion y control de calidad
2		X				2.00	los moldes estan listos	
3	X					65.00	Carga el horno con pacas de chatarra	ademas de silicio y carbon (200-250Kw/hr)
4	X					0.20	Agregar escorificador	
5	X					1.00	Retirar escorificador	con una varilla
6	X					0.20	Agregar escorificador	
7	X					1.00	Retirar escorificador	
8	X					0.20	Agregar escorificador	
9	X					1.00	Retirar escorificador	
10		X				0.15	Medir temperatura	con termocople
11	X					0.40	Coloca Cobre y Niquel	
12		X				0.40	cuchara a zona de carga del horno	a 800°
13	X					0.20	Agregá SiMg e Inoculin	se genera reacción química
14	X					0.50	vaciado (sangrado) en cuchara de material	a 1480-1500°
15	X					1.00	se mueve mezcla para quitar escoria	con otra varilla
16	X					0.25	Agregar el resto del Inoculin	
17	X					0.20	Agregar escorificador	
18	X					1.00	Retirar escorificador	
19	X					0.20	Se retira polvo generado por reaccion	con aire comprimido
20		X				0.35	a las zonas de molde para vaciado	
21	X					1.09	vaciado den diversos moldes	
22		X				0.40	cuchara a zona de carga del horno	
23	X					0.50	vaciado en cuchara de material	
24	X					1.00	se mueve mezcla para quitar escoria	
25	X					0.20	Agregar escorificador	
26	X					1.00	Retirar escorificador	
27	X					0.20	Se retira polvo generado por reaccion	con aire comprimido
28		X				0.35	a las zonas de molde para vaciado	
29	X					1.09	vaciado den diversos moldes	
30		X				0.30	cuchara en mampara de calentamiento	
31	X					0.20	Volteo de horno	para limpieza
32	X					4.00	limpieza de sobrantes	
33								
34								
35								

Figura 2.9 Flujo de proceso fusión-vaciado

FLUJO DE PROCESO DESMOLDEO				Código				
				Fecha de elaboración	07/07/2014			
Área que genera:				Ingeniería de Manufactura	Elaboró	Diego Torrejón Reyes	Revisó	

<table border="1"> <tr><td>Área</td><td>DESMOLDEO</td></tr> <tr><td>No. de grafica</td><td>06</td></tr> <tr><td>Fecha</td><td>26/06/2014</td></tr> <tr><td>Pedido</td><td>(A211) CARGA 2</td></tr> <tr><td>Clave</td><td></td></tr> </table>	Área	DESMOLDEO	No. de grafica	06	Fecha	26/06/2014	Pedido	(A211) CARGA 2	Clave		<table border="1"> <tr><th colspan="2">CARACTERISTICAS</th></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table>	CARACTERISTICAS														<table border="1"> <tr><th colspan="2">RESUMEN</th></tr> <tr><td>Operaciones</td><td>3</td></tr> <tr><td>Transportes</td><td>2</td></tr> <tr><td>Inspecciones</td><td>1</td></tr> <tr><td>Retrasos</td><td>0</td></tr> <tr><td>Almacenamientos</td><td>2</td></tr> <tr><td>Tiempo Total</td><td>1812m</td></tr> </table>	RESUMEN		Operaciones	3	Transportes	2	Inspecciones	1	Retrasos	0	Almacenamientos	2	Tiempo Total	1812m
Área	DESMOLDEO																																							
No. de grafica	06																																							
Fecha	26/06/2014																																							
Pedido	(A211) CARGA 2																																							
Clave																																								
CARACTERISTICAS																																								
RESUMEN																																								
Operaciones	3																																							
Transportes	2																																							
Inspecciones	1																																							
Retrasos	0																																							
Almacenamientos	2																																							
Tiempo Total	1812m																																							
<table border="1"> <tr><td></td><td>Operación</td></tr> <tr><td></td><td>Transporte</td></tr> <tr><td></td><td>Inspección</td></tr> <tr><td></td><td>Retrasos</td></tr> <tr><td></td><td>Almacenamiento</td></tr> </table>		Operación		Transporte		Inspección		Retrasos		Almacenamiento	PROCEDIMIENTO ACTUAL																													
	Operación																																							
	Transporte																																							
	Inspección																																							
	Retrasos																																							
	Almacenamiento																																							






						Tiempo	DESCRIPCION	COMENTARIOS
1					X	90.00	esperar para la solidificación del sistema	
2	X					5.00	revisar cuanto se debe dejar solidificar el prod	
3		X				1.00	picar para comprobar la solidificación	
4	X					15.00	transportar a la zona de desmoldeo	
5					X	720.00	tiempo de solidificación	
6	X					20.00	desmoldeo	colgado se golpea en la caja
7		X				10.00	a la zona de acabado	
8	X					-	Palea arena utilizada	se envia el 40% al recuperador y 60% p. serv.
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								

Figura 2.10 Flujo de proceso desmoldeo
















FLUJO DE PROCESO ACABADO				Código	
				Fecha de elaboración	07/07/2014
				Fecha de revisión	
				Revisó	
Área que genera:	Ingeniería de Manufactura	Elaboró	Diego Torrejón Reyes		

<table border="1"> <tr><td>Área</td><td>ACABADO</td></tr> <tr><td>No. de grafica</td><td>07</td></tr> <tr><td>Fecha</td><td>26/06/2014</td></tr> <tr><td>Pedido</td><td>P2014006-1</td></tr> <tr><td>Clave</td><td>FFLS003211003</td></tr> </table>	Área	ACABADO	No. de grafica	07	Fecha	26/06/2014	Pedido	P2014006-1	Clave	FFLS003211003	<table border="1"> <tr><th colspan="2">CARACTERISTICAS</th></tr> <tr><td>Dimensiones</td><td>80x80x25</td></tr> <tr><td>Geometria</td><td>sencilla; discos</td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table>	CARACTERISTICAS		Dimensiones	80x80x25	Geometria	sencilla; discos							<table border="1"> <tr><th colspan="2">RESUMEN</th></tr> <tr><td>Operaciones</td><td>5</td></tr> <tr><td>Transportes</td><td>7</td></tr> <tr><td>Inspecciones</td><td>1</td></tr> <tr><td>Retrasos</td><td>2</td></tr> <tr><td>Almacenamientos</td><td>2</td></tr> <tr><td>Tiempo Total</td><td>112.00m</td></tr> </table>	RESUMEN		Operaciones	5	Transportes	7	Inspecciones	1	Retrasos	2	Almacenamientos	2	Tiempo Total	112.00m
Área	ACABADO																																					
No. de grafica	07																																					
Fecha	26/06/2014																																					
Pedido	P2014006-1																																					
Clave	FFLS003211003																																					
CARACTERISTICAS																																						
Dimensiones	80x80x25																																					
Geometria	sencilla; discos																																					
RESUMEN																																						
Operaciones	5																																					
Transportes	7																																					
Inspecciones	1																																					
Retrasos	2																																					
Almacenamientos	2																																					
Tiempo Total	112.00m																																					
<table border="1"> <tr><td></td><td>Operación</td></tr> <tr><td></td><td>Transporte</td></tr> <tr><td></td><td>Inspección</td></tr> <tr><td></td><td>Retrasos</td></tr> <tr><td></td><td>Almacenamiento</td></tr> </table>		Operación		Transporte		Inspección		Retrasos		Almacenamiento	PROCEDIMIENTO ACTUAL																											
	Operación																																					
	Transporte																																					
	Inspección																																					
	Retrasos																																					
	Almacenamiento																																					

						Tiempo	DESCRIPCION	COMENTARIOS
1	X					1.00	a las áreas de trabajo	con un diablito
2	X					36.00	cortes de coladas	con disco
3	X					2.00	a esmeril de pendulo	con un diablito
4	X					25.00	esmerilado	para quitar sobrantes de coladas
5	X					2.00	a área de trabajo	con un diablito
6	X					30.00	quitar rebabas	en la periferia con disco
7	X					2.00	a granallado	con un diablito
8	X					5.00	granallado	para mejor acabado
9	X					1.00	a mesa de inspección	con un diablito
10	X					8.00	con liquidos penetrantes	
11	X					1.00	a granallado	si queda dentro de los parametros de calidad
12	X					5.00	granallado	
13	X					2.00	se envia a zona de preliberación	
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								

Figura 2.11 Flujo de proceso acabado

FLUJO DE PROCESO TRATAMIENTO TÉRMICO				Código	
				Fecha de elaboración	15/07/2014
				Fecha de revisión	
Área que genera:	Ingeniería de Manufactura	Elaboró	Diego Torrejón Reyes	Revisó	

<table border="1"> <tr><td>Área</td><td>Acabado</td></tr> <tr><td>No. de grafica</td><td>08</td></tr> <tr><td>Fecha</td><td>15/07/2014</td></tr> <tr><td>Pedido</td><td></td></tr> <tr><td>Clave</td><td></td></tr> </table>	Área	Acabado	No. de grafica	08	Fecha	15/07/2014	Pedido		Clave		<table border="1"> <tr><th colspan="2">CARACTERISTICAS</th></tr> <tr><th colspan="2">tipos de tratamientos</th></tr> <tr><td>normalizado</td><td>9 hrs</td></tr> <tr><td>revenido</td><td>5-6 hrs</td></tr> <tr><td>relevado de esfuerzos</td><td>3-4 hrs</td></tr> <tr><td>recocido</td><td>9 hrs</td></tr> </table>	CARACTERISTICAS		tipos de tratamientos		normalizado	9 hrs	revenido	5-6 hrs	relevado de esfuerzos	3-4 hrs	recocido	9 hrs	<table border="1"> <tr><th colspan="2">RESUMEN</th></tr> <tr><td>Operaciones</td><td>7</td></tr> <tr><td>Transportes</td><td>2</td></tr> <tr><td>Inspecciones</td><td>1</td></tr> <tr><td>Retrasos</td><td>-</td></tr> <tr><td>Almacenamientos</td><td>1</td></tr> <tr><td>Tiempo Total</td><td>561min</td></tr> </table>	RESUMEN		Operaciones	7	Transportes	2	Inspecciones	1	Retrasos	-	Almacenamientos	1	Tiempo Total	561min
Área	Acabado																																					
No. de grafica	08																																					
Fecha	15/07/2014																																					
Pedido																																						
Clave																																						
CARACTERISTICAS																																						
tipos de tratamientos																																						
normalizado	9 hrs																																					
revenido	5-6 hrs																																					
relevado de esfuerzos	3-4 hrs																																					
recocido	9 hrs																																					
RESUMEN																																						
Operaciones	7																																					
Transportes	2																																					
Inspecciones	1																																					
Retrasos	-																																					
Almacenamientos	1																																					
Tiempo Total	561min																																					
<table border="1"> <tr><td></td><td>Operación</td></tr> <tr><td></td><td>Transporte</td></tr> <tr><td></td><td>Inspección</td></tr> <tr><td></td><td>Retrasos</td></tr> <tr><td></td><td>Almacenamiento</td></tr> </table>		Operación		Transporte		Inspección		Retrasos		Almacenamiento	PROCEDIMIENTO ACTUAL																											
	Operación																																					
	Transporte																																					
	Inspección																																					
	Retrasos																																					
	Almacenamiento																																					






						Tiempo	DESCRIPCION	COMENTARIOS
1	X					15.00	encender el horno	
2	X					240.00	precalentar el horno	
3	X	X				15.00	acercar la pieza a tratar	con una garrucha
4	X					3.00	colocar pieza dentro del horno	con equipo de proteccion termico
5	X					240.00	tratamiento a la pieza	1hr/pulg2
6	X					5.00	sacar pieza	
7	X					15.00	colocar pieza en cisterna de agua	pieza a alta temperatura, poca protección a obreros
8	X					10.00	sacar pieza de cisterna	
9	X	X				3.00	transportar a área de inspección	
10	X		X			15.00	con liquidos penetrantes	detecta fisuras, imperfecciones
11					X	-		
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								

Figura 2.12 Flujo de proceso tratamiento térmico

II.IV Cinco ¿Por qué? (causa-efecto)

Para poder responder a las preguntas planteadas en el capítulo I.IV Metodología de la Investigación (pág. 39), estas preguntas son claves para la mejora de la eficiencia en dicha producción, con apoyo de los diagramas de flujo de procesos. Son una herramienta clave para mejorar el flujo de materiales. Después de examinar los diagramas y responder las preguntas clave, se pueden proponer combinaciones de algunas de las operaciones, eliminar otras o simplificarlas para mejorar la eficiencia general, esto podrá exigir cambios en la distribución, el equipo y los métodos de trabajo y quizás incluso cambios en el diseño del producto.

Corazones

De la figura 2.6 y respondiendo a la primera pregunta algunas operaciones pueden eliminarse con el arreglo de la maquinaria ya que se encuentra descompuesta, el modo automático de la sopladora no sirve, por lo que los operarios tienen que realizar actividades que no deberían de existir, las cuales se pueden eliminar. En cuanto al ¿Quién? en esta área trabajan por turno entre 2 y 4 personas, las cuales son las encargadas de realizar los corazones necesarios para la producción y están supervisados por el encargado de fundición, corazones y moldeo, el cual está más pendiente de la fundición que del moldeo y corazones; Es necesario que exista un supervisor encargado de los moldes y corazones. Con la tercera pregunta, ¿Dónde?, las operaciones se realizan con una distribución adecuada, la máquina sopladora se encuentra junto a las mesas de trabajo y los anaqueles están colocados de una manera tal que los trabajadores pueden dejarlos y/o manipularlos fácilmente. Para la cuarta pregunta, ¿Cuándo?, se puede determinar que las operaciones realizadas están al principio del proceso general, pero existe un almacenamiento excesivo para pasar a la siguiente área que puede causar problemas con la humedad de la arena de los corazones. En general, no existen cuellos de botellas dentro de esta sub-área, pero si existe para poder continuar con el proceso general. Como se

mencionó, el almacenamiento de los corazones para pasar al área de preparado es demasiado, dependiendo de la carga de trabajo que exista. Con la última pregunta, ¿Cómo, las operaciones se realizan, generalmente, de manera rutinaria ya que los corazones suelen ser de una configuración geométrica sencilla a media.

Moldeo

En esta área se realizan los moldes para la generación de la pieza. Se utiliza un método autofraguante para obtener las características que requiere el molde con respecto a la humedad. El moldeo es una parte clave durante el proceso. De la figura 2.7 y con la primera pregunta clave ¿Qué?, podemos obtener como respuesta que a primera vista que las operaciones resultan necesarias y que no hay un exceso o deficiencia de operaciones durante este subproceso. La problemáticas que presenta esta sub-área es que muchos operarios solo trabajan momentáneamente para actividades muy específicas, es necesaria una reestructuración del personal en esa sub-área. Las operaciones se realizan en el suelo cuando los moldes son grandes y cuando son de dimensiones más reducidas se suelen hacer sobre los rieles de transporte. Al igual que con los corazones, estas operaciones se realizan al principio de la producción cuando control de producción da el siga en el proceso. Para responder la última pregunta, estas operaciones son un proceso puramente artesanal el cual involucra la habilidad y destreza del operario así como también las condiciones ambientales, ya que si hay mucha humedad o calor puede influir en los tiempo de fraguado y en la composición de la arena, por lo que el cuidado en el detalle es muy importante al momento de elaborar los moldes.

Preparado

Es en este subproceso, o sub-área, donde se acoplan los corazones con los moldes y llevan un proceso de preparado para, posteriormente se vacíe la fundición. El preparado consiste en cubrir el molde de una pintura de zirconio, para evitar que se funda la arena que está en contacto con el material fundido, ayudando a evitar imperfecciones en la pieza final.

Las operaciones que son realmente importantes son el proceso de preparado de la pintura, como podemos ver en la figura 2.8, el pintado de las piezas y/o moldes y su secado, el paso de lijado de rebabas y el acabado que en teoría no se deberían de hacer porque, anteriormente, en la sub-área de corazones ya se habían revisado estas características. También, el proceso lleva a preparar los corazones dos veces, es decir, se preparan con la pintura cada corazón y después se vuelven a preparar ya montados en los moldes lo que genera muchos desperdicios de material y tiempo, además de que cambian las dimensiones del molde ya que el grosor de la pintura será mayor y la pieza final tendrá diferentes dimensiones a las especificadas. Esta operación la realiza un solo operario en un área donde están todos los moldes ya listos para preparar, pero no llevan un control de inventario ya que los primeros moldes que llegaron no serán necesariamente los primeros en ser preparados, lo que puede afectar en las propiedades de la arena dependiendo de las cuestiones climáticas. Estas operaciones se realizan sobre los rieles de transporte. Las operaciones se realizan antes de que inicie la sub-área de fundición debido a que se necesita estar todo listo para el proceso de vaciado en los moldes. Por último, la operación de pintado se realiza con una brocha improvisada.

Fundición y Vaciado

Este proceso es el más importante, ya que es el que rige la capacidad de la producción, por la capacidad de los hornos eléctricos. El proceso de fundición consiste en fundir pacas de chatarra con minerales y/o componentes necesarios para generar el material necesario para las piezas del pedido. En este proceso es necesario cada uno de los procedimientos, debido a que se requieren tener determinadas características del material y no es posible eliminarse, combinarse o simplificarse. Las operaciones de fundición las realiza un solo operario, el cual es el encargado de crear el material (preparar la fusión de diversos materiales) para la fundición listo para vaciar y de controlar la temperatura del horno eléctrico, así como del vaciado o sangrado del horno. El proceso de vaciar en los moldes requiere de una mayor cantidad de personal, dos personas cargan la cuchara, otra mueve la garrucha, dos quitan la escoria, y otro coloca el escorificador; todo este procedimiento se realiza en el área de fundición y vaciado que se encuentra junto al

preparado. Este procedimiento se realiza ya que los moldes están preparados, listos y colocados para el vaciado. La operación de fundición, como se observó en la figura 2.9, se realiza en un mayor tiempo que el de vaciado, esto es porque no se puede dejar enfriar la aleación para evitar imperfecciones en la pieza final y el procedimiento de fundición es un procedimiento artesanal.

Desmoldeo

En este sub-procedimiento, la pieza se solidifica dentro del molde y se procede a destruir el molde de arena (la cual se puede reciclar), para extraer la pieza y se proceda a realizarle los acabados pertinentes. Este procedimiento se puede considerar como un procedimiento de limpieza ya que una vez solidificada la pieza, el objetivo principal es quitar o limpiar la pieza de la arena que se utilizó para el molde. La operación principal es el desmoldeo, analizando el diagrama de la figura 2.10, pero se requiere de una solidificación previa de la pieza para no romper la pieza en el transporte o desmoldeo. Es necesario, esperar la solidificación, por lo menos, del sistema para poder transportar la pieza con el molde al área de desmoldeo; es muy común que no se deje enfriar la pieza por completo para facilitar el proceso en el área de acabado.; Esta operación la realizan los operarios del área de desmoldeo, los cuales están equipados con garruchas, picos y palas para mover toda la arena a las zonas correspondientes.

Acabado

En esta área es en donde los operarios le dan un tratamiento superficial a las piezas para generar una calidad y funcionalidad deseada para el cliente. Este procedimiento incluye el corte, desbaste, granallado y esmerilado; también, incluye una inspección con líquidos penetrantes. Es importante resaltar que, si existe alguna imperfección en la pieza es en esta área en donde se pueden soldar y reparar, aunque esta no es su función principal, pues se ha convertido en una actividad muy recurrente debido a la gran cantidad de imperfecciones con las que las piezas llegan a esta área y, en muchos casos, las mismas ya

no se pueden reparar, por lo que se tiene que volver a planear la producción para volver a generar el pedido y es hasta aquí donde se detecta el problema al que enfrenta el área Actividad Productora. En esta sub-área depende mucho el tipo de pieza, las dimensiones y el acabado que requiere el cliente para determinar las operaciones necesarias, ya que se manejan diferentes modelos y materiales, cada uno de ellos tiene sus propias especificaciones de acabado, por lo que el supervisor, que tiene mucha experiencia y años trabajando en esa área, es quien determina qué operaciones serán efectuadas para cada producto. Las operaciones las realizan los operarios en sus zonas de trabajo, siempre están ocupados pero, principalmente, es debido a las reparaciones que les tienen que hacer a las piezas. Existen muy pocos retrasos en esta sub-área pero si un gran almacenamiento de piezas rechazadas, analizando el diagrama de la figura 2.11.

Tratamiento Térmico

Este procedimiento está muy vinculado con el de Acabado, por las especificaciones del producto, ya que si lo requiere, la pieza procederá al tratamiento térmico. En el tratamiento térmico se pueden realizar un temple (12-15hrs), un normalizado (9hr), un recocido (9hrs), un revenido (3-8hrs) o un revelado de esfuerzos (4hrs), para incrementar su dureza o alguna otra propiedad. El procedimiento consiste en elevar la temperatura de la pieza cierto tiempo y después un choque térmico en una cisterna con agua. Las operaciones que se realizan en esta sub-área, analizando el diagrama de la figura 2.12, son muy pocas pero llevan mucho tiempo. Se pueden simplificar algunos tiempos, pero los mayores tiempos no se pueden reducir por ser necesarios para el proceso. Las operaciones las realizan los operarios del área de acabado y tienen al mismo supervisor que está a cargo de las dos sub-áreas. Las operaciones se realizan en horno de gas o cerca de él, y la cisterna con agua se encuentra frente al horno para un mejor choque térmico.

II.V Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF)

Paso 1: Selección del grupo de trabajo

El grupo de trabajo estará integrado por las mismas personas que fueron encuestadas en el Análisis Causa-Efecto (capítulo II.I) y en el Diagnóstico de Productividad de la Empresa (capítulo II.II), que están vinculadas directamente con el área de producción, es decir, con los supervisores y/o encargados de cada una de las áreas de producción.

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| * Jefe de Control de Producción | * Jefe de Control de Calidad |
| * Jefe de Ingeniería | * Aseguramiento de Calidad |
| * Supervisor de Moldeo | * Supervisor de Fundición |
| * Supervisor de Acabado | * Jefe de Mantenimiento |

Paso 2: Establecer el tipo de AMEF a realizar, su objetivo y los límites

El AMEF que se realiza es de tipo “AMEF de Proceso” ya que sirve como herramienta de optimización. El objetivo principal será detectar los Fallos en la producción de la Empresa Fundidora, delimitando las áreas como anteriormente se realizó (figura 2.5 Flujo general de producción), para poder generar propuestas de mejora en la producción.

Paso 3: Aclarar las prestaciones o funciones del producto o del proceso analizado

Este paso se refiere a tener el conocimiento necesario, exacto y completo, del proceso de estudio para poder identificar los Modos de Fallo Potenciales. Para esto, se realizaron los diagramas de procesos de cada una de las sub-áreas que componen el área de producción y se hizo un análisis pertinente de dichos subprocesos (que podemos ver en el capítulo II.III Diagramas de Procesos).

Paso 4: Determinar los Modelos Potenciales de Fallo

Para cada sub-área, estudiada anteriormente, se tienen que identificar todos los posibles Modos de Fallo, esta identificación es un paso crítico y, por ello, se utilizarán todos los datos que puedan ayudar en la tarea, apoyándonos del capítulo II.IV Cinco ¿Por qué? (causa- efecto). Se tendrá en cuenta que, el uso del proceso, a menudo, no es el especificado (uso previsto = uso real), y se identificarán, también, los Modos de Fallo consecuencia del uso indebido.

Paso 5: Determinar los Efectos Potenciales de Fallo

Para cada Modo Potencial de Fallo, se identificarán todas las posibles consecuencias que éstos pueden implicar para la producción. Cada Modo de Fallo puede tener varios Efectos Potenciales.

Paso 6: Determinar las Causas Potenciales de Fallo

Para cada Modo Potencial de Fallo, se identificarán todas las posibles causas ya sean estas directas o indirectas. Para el desarrollo de este paso, nos apoyaremos de los capítulos II.III Diagramas de Procesos y de II.IV Cinco ¿Por qué?, realizados anteriormente.

Paso 7: Identificar sistemas de control actuales

En este paso se buscarán los controles diseñados para prevenir las posibles Causas del Fallo, tanto los directos como los indirectos, o bien para detectar el Modo de Fallo resultante.

Paso 8: Determinar los índices de evaluación para cada Modo de Fallo

Existen tres índices de evaluación:

- Índice de Gravedad (G)
- Índice de Ocurrencia (O)
- Índice de Detección (D)

Se evaluarán, para cada Modo Potencial de Fallo, en una escala de 1 al 10; siendo 1 inexistente y 10, el nivel máximo de cada índice, siendo este último una alerta, tomando como criterio las tablas 2.3 a 2.5:

Criterio de Gravedad	Clasificación
Irrazonable esperar que el fallo produjese un efecto perceptible en el rendimiento de la producción.	1
Baja gravedad debido a la escasa importancia de las consecuencias del fallo, no tendrían relevancia.	2, 3
Moderada gravedad del fallo que causaría un ligero retrabajo en la producción, pero aún entraría dentro de las especificaciones.	4, 5, 6
Alta clasificación de gravedad debido a la naturaleza del fallo que causa en la producción un retrabajo mayor para cumplir con las especificaciones.	7, 8
Muy alta clasificación de gravedad que origina total insatisfacción de las especificaciones, se tendrá que volver a hacer la pieza o retrabajos excesivos.	9, 10

Tabla 2.3 Criterio de Gravedad

Criterio de Ocurrencia	Clasificación
Remota probabilidad de ocurrencia. Sería irrazonable esperar que se produjera el fallo.	1
Baja probabilidad de ocurrencia. Ocasionalmente podría producirse un número relativo bajo de fallos.	2, 3
Moderada probabilidad de ocurrencia. Asociado a situaciones similares que hayan tenido fallos esporádicos, pero no en grandes proporciones.	4, 5, 6
Alta probabilidad de ocurrencia. Los fallos se presentan con frecuencia.	7, 8
Muy alta probabilidad de ocurrencia. Se producirá el fallo casi con total seguridad.	9, 10

Tabla 2.4 Criterio de Ocurrencia

Criterio de Detección	Clasificación
Remota probabilidad de que el defecto llegue a ocurrir. Casi completa fiabilidad de los controles.	1
Baja probabilidad de que el defecto llegue a ocurrir ya que, de producirse, sería detectado por los controles o en las fases posteriores del proceso.	2, 3
Moderada probabilidad de que el producto defectuoso llegue a ocurrir.	4, 5, 6
Alta probabilidad de que el producto defectuoso llegue a ocurrir, debido a la baja fiabilidad de los controles existentes.	7, 8
Muy alta probabilidad de que el producto defectuoso llegue a producirse. Este está latente y no se detectaría durante la producción, si no hasta la inspección final	9, 10

Tabla 2.5 Criterio de Detección

Paso 9: Calcular para cada Modo Potencial de Fallo los Números de Prioridad de Riesgo (NPR)

Al calcular el NPR podemos observar cuáles son las sub-áreas en las que es fundamental intervenir para tener una mejora relevante. A continuación, se muestra el desarrollo de la tabla 2.6 que incluye todo el método AMEF y cada uno de sus pasos:

Sub-área	Operación	Función	Fallo			Controles actuales	Índices			NPR	
			Modo	Efecto	Causa		O	G	D		
Corazones	Generar corazones para molde	Generar una cavidad o hueco en el producto final	Imperfecciones dimensionales del corazon	Que no embone correctamente en el molde	Modelos de los corazones defectuosos	Inspección dimensional	4	6	3	72	
					Mal funcionamiento de la máquina de soplado		-	8	6	10	480
Moldeo en piso	Generar el molde	Recibir el metal fundido y retenerlo hasta solidificación generando una figura geométrica específica	Imperfecciones dimensionales del molde	Que no tenga las medidas requeridas la pieza final	Defectos en el modelo	Inspección dimensional	3	8	3	72	
					Mal desmolde de modelo		-	6	8	10	480
			Mala colocación del sistema de alimentación	Mal diseño de coladas	Genere puntos calientes	-	10	9	10	900	
					Cierra en frío		10	9	10	900	
					Fracturas		10	9	10	900	
			Malas preparación de la arena	Uso ineficiente de medidores y bascuas	Porosidad en la pieza final	-	8	7	10	560	
					Imperfecciones geométricas en la pieza final		8	6	10	480	
					Sopladuras		8	8	10	640	
Malos sistemas de ventilación	Mal diseño	-	10	6	10	600					
Preparado	Preparar el molde y los corazones para su uso en la fundición	Evitar que se funda la arena con el material a fundir, con una capa de zirconio	Mal acoplamiento de los corazones	Imperfecciones geométricas en la pieza final	Dimensiones inexactas de los corazones	Visual	6	5	5	150	
							Corrimiento de la pieza	-	6	7	10
			Mal pintado y secado	Mala calidad de la pintura	Mala calidad de la pintura	-	Visual	3	7	7	147
								Costras	3	4	7
			Mala calidad de la pintura	Costras	-	-	Visual	4	4	10	160
								4	4	10	160
Fundición y Vaciado	Preparar carga y colada en el molde	Generar el material con las especificaciones correspondientes y al vaciarlo en el molde crear un producto	Malas proporciones de materiales	Generar producto con características no deseadas	No se revisó la hoja de control	Hojas de especificaciones	2	10	2	40	
							Mal vaciado	Falta de protección a los operadores y descuido en la preparación	Supervision (jefe de preparado) Visual	3	8
			Corrimiento del corazon	7	7	2				98	
			Inclusiones	7	5	2				70	
			Llenado incompleto	Generar producto incompleto	Mal cálculo de requerimientos para proceso	Hojas de especificaciones	2	10	4	80	
Caídas de arena											
Desmoldeo	Solidificar la pieza y retirar el molde de arena	Enfriar el producto para su solidificación	Manipulación del molde incorrectamente	Generación de porosidad	Falta de espacio	Supervision (jefe de preparado) Visual	5	5	5	125	
							Generación de puntos calientes	5	7	5	175
							Rechupes o contracciones	5	6	5	150
Acabado	Realizar acabado de la pieza	Generar un acabado superficial requerido de la pieza	Mal cortado de las coladas	Romper pieza	Mal diseño	-	3	9	10	270	
							Fracturas	3	8	10	240
								Fisuras	3	7	10
			Retrabajo	Imperfecciones en la pieza	Fisuras	8	7	10	560		
					Concavidades	8	6	10	480		
Tratamiento Térmico	Realizar calentamiento y enfriamiento de las piezas en condiciones controladas	Mejorar las propiedades mecánicas de las piezas (dureza, resistencia, elasticidad)	Mal cálculo de condiciones del tratamiento	Sobrecocido de las piezas, dañando las propiedades de las piezas	Descuido del Supervisor	Hojas de especificaciones	1	10	4	40	

Tabla 2.6 Concentrado de los criterios AMEF

Una vez obtenidos los Números de Prioridad de Riesgo (NPR) (observar la tabla 2.6), con los NPR elevados se procedió a establecer Acciones de Mejora para reducirlos, es decir, Propuestas de Mejora; fijando los responsables, con carácter general, se seguirá el principio de prevención para eliminar las causas de los fallos en su origen (Acciones Correctoras). En su defecto, se propondrán medidas tendentes a reducir la gravedad del efecto (Acciones Contingentes), para así reducir alguno de los factores evaluados (Gravedad, Ocurrencia y Detección).

Como se puede observar en la tabla 2.6 Concentrado de criterios AMEF, los principales focos de riesgo están en las sub-área de Moldeo en piso, pero estos son causados de manera general por un mal diseño, donde el Área de Ingeniería es la encargada en el diseño del molde y los sistemas de las coladas. También la inexistencia de controles, durante la producción, son un factor clave que afecta directamente en el proceso.

II.VI Propuestas

A continuación, se especificarán las Propuestas de carácter Correctoras y Contingentes a las que se llegaron después de realizar el AMEF (tabla 2.7), con el acuerdo y consentimiento de los involucrados durante este procedimiento y con toda la información que se ha recolectado, las propuestas involucran la corrección y/o modificación de Factores Blandos (Personal, Organizacional, Métodos de Trabajos, Estilos de Dirección) y los Factores Duros (Producto, Planta y Equipo, Tecnología, Material y Energía), estimando de manera cualitativa la reducción del NPR críticos y el aumento de la eficiencia de las áreas Actividad Productora y Medios de Producción afectando la influencia promedio.

Propuestas	Pronostico de aumento de eficiencia	Reducción del NPR críticos*	Aumento de Eficiencia [%]**
Obtener un programa de simulación, para ser usado durante el diseño de los moldes y sistemas de coladas.	Se reducirán en gran medida las piezas defectuosas, reduciendo retrabajos y piezas perdidas.	729	27±5
Diseñar e implementar controles de inspección generales para cada sub-área, principalmente Moldeo y Corazones.	Aumentar el control y llevar un registro de los defectos generados para poder identificar su origen.	108	4±3
Llevar un control de producción en las sub-áreas de Moldeo y Preparación.	Para tener la producción en orden y controlada, disminuyendo tiempos muertos.	162	6±5

Invertir en herramental.	Aumentar la calidad de la producción llevando a una mejor calidad del producto y por consiguiente reduciendo defectos.	297	11±5
Realizar mantenimiento periódico correctivo y preventivo.	Reducir errores y complicaciones durante el proceso de producción, reducir tiempos muertos y aumentar la calidad del proceso.	189	7±5
Revisar los manuales de producción de cada una de las aleaciones que se producen.	Con el fin de agilizar la producción al tener los manuales actualizados, disponible y preparado el material y herramental.	54	2±1
Promover una cultura de limpieza y organización.	Con el fin de evitar accidentes o contratiempos y agilizar la producción.	108	4±3
Generar una mejor iluminación.	Se reducirán los índices de defectos por un mal moldeo, por falta de detalle al momento del moldeo de corazones o moldes.	108	4±3
Capacitación de operadores, principalmente, en las sub-áreas de moldeo y preparación.	Al tener una mejor especialización del personal se garantiza una mejor calidad y destreza durante la producción.	243	9±5

Mejorar niveles de seguridad para operadores.	Los operadores al sentirse y estar más seguros, estarán más concentrados en actividades productivas.	81	3±2
Mejorar los sistemas de control e inspección de las materias primas.	Con esto se evitarán muchos desperfectos, al garantizar la calidad de las materias primas.	243	9±5

* Influyendo en alguno de los índices de Detección, Gravedad y/o Ocurrencia

** Influencia promedio de las áreas Actividad Productora y Medios de Producción

Tabla 2.7 Propuestas y mejoras

A continuación, se desarrollan las propuestas generadas durante el AMEF de la tabla 2.7 y en cuáles índices impactarían:

- **Obtener un programa de simulación, para ser usado durante el diseño de los moldes y sistemas de coladas.**

Esto con la finalidad de que sea una herramienta para un buen diseño y se eviten contratiempos como los que actualmente están ocurriendo, ya que al simularlo se pueden detectar fallas potenciales que, de ocurrir durante el vaciado, provocarían un defecto en la pieza, pudiendo ocasionar el retrabajo o rechazo de la pieza. Se llegó a esta recomendación basándose en el diagnóstico de productividad de la empresa, donde se detectó que en el área de Ingeniería (como se puede observar en el Diagrama de la figura 2.4 Diagrama General de Flujo) juega un papel muy importante en el análisis de factibilidad de producción del pedido del cliente. Esta acción lo que se busca es disminuir los riesgos de fallas que puedan ser ocasionados por un mal diseño de coladas. *Al realizar esta recomendación se estará impactando directamente en los índices de Ocurrencia y de Gravedad.*

- **Diseñar e implementar controles de inspección generales para cada sub-área principalmente Moldeo y Corazones.**

Con la finalidad de que exista un registro de cómo se realizan los moldes y corazones para poder rastrear las imperfecciones posibles y poder tomar acciones preventivas o correctivas, es decir generar registros adecuados para el seguimiento de la producción. Esto se detectó en el momento de realizar los flujos de procesos, ya que como se puede observar en el moldeo en piso (figura 2.7 Flujo de proceso moldeo), los tiempos de transporte son considerablemente altos si tomamos en cuenta que las cajas de acero no estaban previstas para su uso, fue hasta el momento de tener que realizar el molde que se solicitó la caja de acero. Con la implementación de tarjetas de control se puede preparar el área de trabajo para que el personal encargado esté listo para trabajar y no tenga que esperar a que el material de trabajo llegue y así, también, cualquier imprevisto pueda ser detectado y se tomen acciones inmediatamente. *Al realizar esta recomendación se estará impactando en el índice de Detección.*

- **Llevar un control de producción en las sub-áreas de Moldeo y Preparación.**

Esto está muy relacionado con el punto anterior, ya que en el momento en que se realizan los lotes de moldes, éstos quedan dispersos por toda la zona de preparación y no hay un control de cuáles se fabricaron primero y cuáles después, influyendo en la humedad, permeabilidad y demás características del molde al ser preparada, lo que ocasiona acumulación de gases en el momento del vaciado. De igual forma, se detectó, al elaborar los flujos de procesos de las diversas sub-áreas, que no hay un orden o sistematización del proceso, ya que se detectaron moldes que llevaban más de una semana en espera para su utilización debido a que se habían quedado en un área poco accesible por los trabajadores. *Al realizar esta recomendación se estará impactando en el índice de Detección e indirectamente en el Ocurrencia.*

- **Invertir en herramental (básculas y medidores).**

Actualmente, no existe una báscula o dispositivo para determinar las cantidades de las piezas ni con qué medir la amina para poder generar una buena mezcla para el molde, lo que provoca que la mezcla, al ser empírica, pueda resultar imperfecta con exceso de humedad o con diferentes proporciones de arena, lo que afecta en el desempeño del autofraguante, ventilación, porosidad y consistencia del molde. Esta acción se debe considerar de carácter urgente por su importancia para el desarrollo de la actividad productora, además de ser una acción básica que los supervisores deberían de notar. Pero, como se mencionó anteriormente en la investigación, un problema que tiene la empresa es la aceptación de las deficiencias como parte de las rutinas en el proceso de producción. *Al realizar esta recomendación se estará impactando, principalmente, en el índice de Ocurrencia e indirectamente en el de Gravedad.*

- **Realizar mantenimiento periódico correctivo y preventivo en todas las sub-áreas en general.**

En general, la planta se encuentra descuidada, las grúas montadas en rieles, por ejemplo, están en mal estado y se atorán al ser desplazadas. Es importante resaltar que, la arena que se utiliza es un agente corrosivo para todas las herramientas, por lo que es importante un buen mantenimiento de éstas y de las instalaciones. En general, salta el descuido de las instalaciones y del herramental en toda la zona de producción, esto se notó desde el primer contacto con la planta y se reafirmó, posteriormente, con los análisis de los flujos de procesos, y que muchas de las causas de los contratiempos se deben al mal estado de la planta. Por lo tanto, se recomienda que se realice un mantenimiento correctivo de carácter urgente al herramental y maquinaria necesaria y, posteriormente, generar un calendario para programar los mantenimientos preventivos *Al realizar esta recomendación se estará impactando en los tres índices.*

- **Revisar los manuales de producción de cada una de las aleaciones que producen actualmente.**

Algunos manuales de producción, además de estar en malas condiciones, son obsoletos. Las hojas de especificaciones también tienen que ser revisadas ya que existen incongruencias o algunas están mal hechas. Al existir más de 4700 aleaciones disponibles por la empresa es importante que los manuales de producción sean estandarizados y revisados por el personal competente (control de calidad con apoyo de ingeniería y producción). También, se tiene que estimar cuáles de esos manuales ya no se utilizan y reducir la cantidad de manuales de producción, estandarizándolos y generalizándolos ya que muchas aleaciones son casi iguales, solo varían algunos porcentajes de manera insignificante, pudiendo generar rangos. *Al realizar esta recomendación se estará impactando en los índices de Gravedad y Ocurrencia.*

- **Promover una cultura de limpieza y organización.**

Esto está relacionado con el mantenimiento, ya que al tener una zona limpia y escombrada se puede detectar fácilmente cualquier situación precaria para la producción, también ayuda a que la realización del trabajo sea más fácil y sin problemas, ayudando a reducir así los riesgos de accidentes. Esto está muy relacionado con las propuestas anteriores debido a que con lo observado durante este proceso de análisis y estudio de la producción se notó, de sobremanera, el desinterés del personal en general, por mantener una área de trabajo limpia y ordenada. También, es importante recalcar que esta recomendación no solo es para mitigar los criterios de análisis sino también es por la seguridad del personal que labora en la Empresa Fundidora, ya que debido a negligencias de esta índole pueden ocurrir accidentes graves durante el proceso de producción, ya sea por un incorrecto uso del herramental, por falta de mantenimiento, inexistencia de éste o por el descuido del personal al trabajar en un área inadecuada. *Al realizar esta recomendación se estará impactando en el índice de Detección.*

- **Generar una mejor iluminación.**

La nave industrial en donde se realizan todas las operaciones de producción cuenta con muy mala iluminación además de una ventilación escasa, por lo que es necesario que se revise este punto ya que es un factor importante para la realización de los modelos. Por ser una operación artesanal, se requiere de una iluminación adecuada para que el operador pueda trabajar adecuadamente y poder detectar cualquier anomalía durante el proceso sin tener que llegar a puntos críticos donde se tendría que llevar a cabo un retrabajo significativo en costo y tiempo. También, es importante para el proceso de fundición, para realizar un correcto vaciado y disminuir las pérdidas durante este. Durante el proceso de acabado, se requiere de una correcta iluminación para poder realizar los acabados de manera correcta y poder detectar anomalías que pudiesen resultar durante la inspección visual. *Al realizar esta recomendación se estará impactando en los índices de Ocurrencia y Detección.*

- **Capacitación de operadores, principalmente, en las sub-áreas de Moldeo y Preparación.**

Es necesario que los operadores estén bien capacitados para realizar su trabajo y cuenten con el herramental necesario y adecuado para que éste sea el correcto. Se recomienda que se realice una capacitación de los supervisores de cada área, ya que, como se pudo observar durante este proceso, algunos operadores no utilizan el equipo de seguridad correctamente. Esto se pudo notar durante la elaboración de los Diagramas de Flujo de Proceso, el personal que estaba realizando de la medición, la hacía de forma distinta cada vez que repetía una operación y no utilizaba el equipo apropiado. Es decir, no existe una estandarización del proceso y no cuentan con una capacitación adecuada ya que, al principio de su contratación, solo se les explica de manera general el procedimiento que tienen que hacer y durante el proceso de aprendizaje son los compañeros trabajadores los que, de alguna forma, les explican a los nuevos trabajadores. Este punto resaltó al hacer un análisis durante una reunión para la realización del AMEF donde el Supervisor de Moldeo explicó esta situación, por lo que es necesario que se capacite en un inicio y periódicamente

a los trabajadores sobre sus funciones, el equipo de seguridad, así como de los lineamientos pertinentes. *Al realizar esta recomendación se estará impactando en el índice de Ocurrencia.*

- **Mejorar niveles de seguridad para operadores.**

Con relación a la recomendación anterior, es necesario que los operadores utilicen el equipo de seguridad adecuado y necesario. También, que se concienticen sobre los riesgos que existen en la planta, recomendando una campaña para promover el uso del equipo de seguridad y concientizar al personal, antes de que ocurra algún percance o inconveniente. Es importante resaltar que en toda la zona de producción solo se localizan 2 extintores lo cual es insuficiente para las dimensiones de ésta, por lo que se recomienda se haga un estudio de Seguridad Industrial que contemple todas las áreas de riesgo (Factor humano, Maquinaria y herramental, Instalaciones eléctricas e hidráulicas, Manejo, Transporte y Almacenamiento de materiales), para su inmediata implementación con el fin de prevenir cualquier riesgo para el personal y la empresa. Durante el análisis de los Diagramas de Flujos de Procesos y durante el desarrollo de éste se observó la falta de seguridad por parte del personal y la indiferencia de puestos intermedios. Por lo tanto, se enfatiza en este punto. *Al realizar esta recomendación se estará impactando en el índice de Ocurrencia.*

- **Mejorar los sistemas de control e inspección de las materias primas.**

Un factor importante que influye en la producción, siempre, es la materia prima y en este caso es fundamental que se hagan inspecciones, principalmente, de la arena que se utiliza y de la pintura con alúmina para la preparación de los moldes, ya que se observó durante la elaboración de esta investigación (Figura 2.8 Flujo de proceso preparado), que la pintura utilizada, actualmente, es de muy mala calidad y no cumple con los requerimientos necesarios, ya que se realizó por parte de control de calidad un estudio de dicha pintura y resultó no tener los requerimientos y características necesarias, por lo que se recomienda elaborar e implementar un control de calidad para la pintura con alúmina. La arena tampoco

cuenta con un examen de control de calidad ya que al recibirla de parte del proveedor solo se revisa que no se encuentre húmeda, pero al realizar un examen por parte de control de calidad se encontró que no tiene una estructura de grano uniforme, es decir, es de mala calidad, lo que impacta directamente en la calidad del producto fundido *Al realizar esta recomendación se estará impactando en los índices de Gravedad y de Ocurrencia y de manera significativa en el de Detección.*

Con estas propuestas se espera mejorar la eficiencia de las áreas Actividad Productora y Medios de Producción, cada una con una eficiencia actual, respectivamente de 45% y 50% (cálculos de eficiencia), incrementando en un $42\% \pm 10$ de implementar todas o la mayoría de las propuestas, es decir, que crezcan a un 87% y 92% respectivamente. Aunque es difícil determinar el impacto de las propuestas generadas, es evidente que tendrán un impacto positivo importante en la empresa, generando una mejora en ella y repercutiendo en los tiempos de entrega. Haciendo una estimación, como se muestra en la tabla 2.7, el incremento en la eficiencia de cada propuesta es diferente y esto se debe al impacto en los índices evaluados durante el AMEF que generan y la dirección de trabajo que se le dé, esto se estimó con relación a las observaciones que se hicieron a lo largo de todo el proyecto que desencadenó en el análisis del AMEF y los criterios de Gravedad, Ocurrencia y Detección. Al hacer un análisis de los NPR críticos se estimó el impacto de las propuestas en los fallos, para así determinar el porcentaje de reducción tomando en cuenta la relevancia, impacto y factibilidad de la propuesta.

Tomando como ejemplo la propuesta que más influye en la reducción del NPR se le dio ese valor debido al análisis durante la realización del AMEF, se detectó que era fundamental realizar dicha propuesta, otorgándole un mayor porcentaje de aumento de eficiencia, por lo tanto, una mayor reducción en el NPR.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente investigación son las propuestas generadas y fundamentadas por varios métodos de análisis, con base en la observación y medición de los procesos de producción de la Empresa Fundidora, las cuales buscan una mejora significativa en el empresa para reducir los tiempos de entrega del producto final a un cliente externo. Estas propuestas por lo tanto, además de ser de carácter Correctoras y Contingentes, son Críticas para la mejora de producción de la empresa, como se vio en el análisis de esta investigación. Las principales circunstancias que llevan a la empresa a esta situación son causadas por un desinterés del rango medio y alto sobre las condiciones físicas de la empresa, por mencionar: la falta de herramental adecuado y las malas condiciones de la nave industrial. Así mismo, otro aspecto que resulta importante durante el análisis de la situación de la empresa es que el área de Ingeniería, que es la responsable del análisis de factibilidad y del diseño de los modelos y los sistemas de coladas (un aspecto crucial para el proceso de producción), es deficiente para cumplir dichas tareas siendo un punto crítico en el que hay que actuar para la mejora de la empresa.

Cumpliendo el objetivo de la presente investigación, se tiene como conclusión general que al ser analizada y diagnosticada la Empresa Fundidora se pudieron encontrar las causas de una baja eficiencia, específicamente en este caso con un enfoque objetivo y externo, y llevado a cabo un diagnóstico integral de la situación actual de la Empresa Fundidora, detectando diversas áreas de oportunidad, las cuales se han mencionado a lo largo de esta tesis. Se demostró que, con un diagnóstico adecuado se identificaron situaciones de riesgo en el área de producción y con las propuestas se espera que la empresa pueda tomar acciones correctivas y preventivas en un futuro a corto plazo, lo que ayudaría, significativamente, a mejorar su producción en cuestión de tiempos, calidad y recursos, impactando en el problema que la Empresa Fundidora había identificado y clasificado

como principal “La demora de entrega del producto al cliente”, impactando directamente en sus ganancias económicas.

El trabajo realizado, fue compilando diversas herramientas y técnicas empleadas por la Ingeniería Industrial y la Administración de Empresas, destacando en las áreas Medios de Producción y Actividad Productora. Las áreas de oportunidad o situaciones de riesgo más destacadas en la Empresa Fundidora fueron en la falta de políticas de mantenimiento, políticas de seguridad e higiene y políticas de calidad, además de la falta de interés y esfuerzo de los trabajadores de nivel medio y alto. Una forma de atacar dichas áreas de oportunidad es con las propuestas que se desarrollaron al final de esta tesis, con éstas, la Empresa Fundidora tiene la oportunidad de encarrilar de una manera adecuada su producción ya que al estar acostumbrados a las fallas y a los re-trabajos, consideraban estos como parte natural del proceso de producción y con esta investigación uno de los principales aportes es la identificación de fallas durante el proceso estudiado.

La Empresa Fundidora ha padecido por toda la situación económica y financiera que se ha presentado en los últimos años a nivel mundial, por eso es importante implementar un buen programa de modelación en el área de Ingeniería para determinar las características, cualidades y riesgos al aceptar un nuevo pedido de un cliente, ya que no siempre se cuenta con las herramientas o la capacidad de la planta para realizarlo. Además, con un programa de modelación, se lograría mejorar el diseño de los moldes y se evitarían muchas situaciones que llevan a un retrabajo o hasta la pérdida del lote completo de producción, logrando reducir los riesgos y costos, mencionados anteriormente, generando ingresos para la empresa. El área de Ingeniería es, o debería ser, el experto en el proceso y el responsable de proporcionar los recursos y métodos necesarios para que se lleven a cabo dichos cambios, siempre con un análisis previo de la situación en la que se encuentra la empresa para la correcta ejecución y supervisión de la producción.

También, con esta investigación, el personal con un cargo medio se dio cuenta de las circunstancias en las que se encontraba la Empresa Fundidora y aceptaron que se tenían que hacer modificaciones en el día a día para ayudar a mejorar la situación. Debido a esto, la empresa y su personal están adoptando una actitud de compromiso por la mejora de la Empresa. Hoy en día, es de suma importancia que las empresas lleven a cabo un sistema de mejora continua, para esto es importante que el personal se encuentre comprometido con el funcionamiento y productividad de la empresa, teniendo una mente abierta y la disposición de mejorar las cosas, ya que cada vez el mercado demanda a la empresa hacer las cosas más rápido y con menos recursos.

Se cubrió el propósito de la investigación dentro de los alcances, basándonos en la búsqueda de información de una situación conflictiva que aqueja a la empresa y que tenían un desconocimiento general de las causas de ésta, y su impacto en todas las diferentes áreas de la Empresa Fundidora. Con base en el objetivo general, se puede concluir que se han cubierto las expectativas del mismo en esta tesis, ya que se ha mostrado parte de la metodología de un diagnóstico integral y propuestas de mejora, las cuales contribuirán en el mejoramiento de la productividad y la competitividad de la misma.

Esta investigación está limitada a la generación de propuestas, pero el siguiente paso, una vez aprobado por la Dirección General de la Empresa Fundidora, será ejecutar las propuestas planteadas en esta investigación y medir las mejoras obtenidas tomando en cuenta los mismos índices de fallos utilizados para el diagnóstico; tomando esta situación como una plataforma y convertirla en una oportunidad para el crecimiento y fortalecimiento de la empresa. Uno de los principales retos es innovar en las formas de cambiar las cosas o mejorarlas, sin embargo, considero que hay cosas más difíciles, una de ellas es hacer que las cosas se mantengan, ya que no basta con implementar las propuestas generadas, también es necesario propiciar una cultura del cambio y de mejora, desde directivos hasta operarios.

Anexo A – Encuestas Diagnostico de Productividad

1. MEDIO AMBIENTE						
PREGUNTA	RESPUESTA	CALIFICACIÓN				LIMITANTE
		A	B	C	D	
1. ¿Qué se toma en cuenta para la selección del proveedor (es)?	Las condiciones económicas de la empresa, las normas y los estándares de calidad que se requieren		X			4
2. ¿Cuáles son los requerimientos específicos (cuantitativos y cualitativos) de la mano de obra, necesarios para la elaboración de su producto (s), y en qué medida los satisface la calidad?	Se requiere de capacitación de los operarios para satisfacer la calidad	X				-
3. ¿Qué dificultades se presentan para ofertar y vender el producto al mercado de consumo?	Es un producto específico, por tradición hay barreras		X			10
4. ¿De qué servicios públicos dispone (agua, teléfono, electricidad, combustible, policía, etc.) en la cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de la empresa?	Si	X				-
5. ¿Qué apoyos oficiales del gobierno lo llevaron a localizar su empresa en este lugar?	Ninguno				X	-
6. ¿A qué criterio obedeció la localización de su empresa en esta localidad?	Era una zona industrial hace 57 años			X		2
7. ¿Cómo afectan las condiciones climatológicas en la elaboración de sus productos?	La lluvia con la humedad en los moldes y con calor los moldes fraguan muy rápido			X		3
8. ¿Las vías de comunicación y transporte con que cuenta la empresa son suficientes?	Si		X			6
9. ¿Qué importancia tiene para la empresa la distancia a sus mercados?	Es relativo, el costo del transporte no es significativo en el costo del producto	X				-
10. ¿Cómo considera que es la capacidad de compra de su mercado?	Es muy amplia	X				-

Tabla A.1 Medio Ambiente

2. DIRECCIÓN						
PREGUNTA	RESPUESTA	CALIFICACIÓN				LIMITANTE
		A	B	C	D	
1. ¿Cómo describiría el tipo de organización de su empresa (organigrama) para lograr los objetivos de la misma?, ¿fue ésta planeada? ¿Los objetivos están definidos con precisión?	Es una empresa familiar, jerárquica pero los objetivos ya no están definidos claramente		X			8
2. ¿Qué políticas ha establecido la empresa para estimular al personal?	Existen premios por asistencia, antigüedad y producción	X				-
3. ¿Cómo se selecciona a las personas a quienes se les delega algún tipo de autoridad?	Con base a un perfil de puesto específico	X				-
4. ¿Cómo se han definido los límites de autoridad y responsabilidad que tienen estas personas?	Por escrito, además de existir un reglamento interno		X			8
5. ¿Para qué periodos se elaboran presupuestos de gastos y ventas?	Para el ejercicio en curso		X			9
6. ¿De qué controles administrativos dispone la empresa, que sirvan como guía a la dirección?	Estados financieros, parámetros y RP	X				-
7. ¿De qué medios de comunicación dispone la dirección para transmitir las órdenes a los subordinados y recibir información?	Verbal y por correo electrónico	X				-
8. ¿Cómo considera que son sus resultados desde el punto de vista económico con respecto a otras empresas del mismo giro?	Malas, pero no tenemos un benchmarking			X		4
9. ¿Conoce y utiliza los distintos incentivos que ha creado el gobierno para el desarrollo de su empresa?	No hay				X	-
10. ¿Fomenta actividades deportivas, familiares, cultura organizacional entre sus trabajadores?	Sí, hay un equipo de futbol y reuniones familiares anuales	X				-

Tabla A.2 Dirección

3. PRODUCTOS Y PROCESOS						
PREGUNTA	RESPUESTA	CALIFICACIÓN				LIMITANTE
		A	B	C	D	
1. ¿Cómo se determinan las características de diseño del producto (s) y para implantar estas características, a qué departamentos se consulta?	Por experiencia del personal			x		8
2. ¿Los materiales utilizados en la elaboración de su producto (s) responde a: calidad, precio, disponibilidad, otros?	Calidad y precio	x				-
3. ¿La descripción del producto (s) final contiene: tamaño, materiales utilizados, tolerancias, color, otros?	Si, las solicita el cliente desde un inicio	x				-
4. ¿En el proceso existen cuellos de botella? y si así es, ¿en dónde?	Si, en todos lados				x	-
5. ¿Qué porcentaje de la capacidad instalada actual es aprovechada?	Desconoce				x	-
6. ¿Qué equipo o maquinaria es el limitante de los volúmenes de producción?	Hornos de fusión		x			9
7. ¿Los procesos empleados en la elaboración del producto (s) final son los más adecuados? ¿Por qué?	No, maquinaria vieja y la calidad es mala			x		7
8. ¿Se ha realizado algún estudio para conocer si el material de desecho puede ser ocupado para la elaboración de otros productos?	Si, pero no está documentado				x	-
9. ¿Con qué finalidad se analizan los productos de la competencia?	Nunca				x	-
10. ¿Qué tipo de distribución de equipo y maquinaria utiliza? Punto fijo, proceso, línea, mixta. ¿Por qué?	Es mixta		x			9

Tabla A.3 Productos y Procesos

4. CONTABILIDAD Y ESTADÍSTICA						
PREGUNTA	RESPUESTA	CALIFICACIÓN				LIMITANTE
		A	B	C	D	
1. ¿Le llevan sus registros contables interna o externamente?	Internamente	X				-
2. ¿Con qué frecuencia elabora estados financieros?	Mensual	X				-
3. ¿Cuáles estados financieros elabora?	Mensual y anual		X			5
4. ¿Qué usos le da a los estados financieros?	Para saber cómo están		X			5
5. ¿Qué sistema de contabilidad general y de costos utiliza?	Tradicional	X				-
6. ¿Le audita algún despacho sus estudios financieros, con qué periodicidad?	Los clientes que lo requieran	X				-
7. ¿Se elaboran gráficas que le muestren las tendencias de las ventas y los costos, qué uso les da?	Si, para conocer las tendencias del mercado y la planeación de las compras	X				-
8. ¿Elabora registros que le permitan conocer de inmediato el valor de los diferentes inventarios?	Si	X				-
9. ¿Existen formas adecuadas para el registro de los tiempos, materiales y otros gastos que intervienen en el costo?	No				X	-
10. ¿El sistema contable permite a la dirección conocer sus necesidades financieras?	No				X	-

Tabla A.4 Contabilidad y Estadística

5. FINANCIAMIENTO						
PREGUNTA	RESPUESTA	CALIFICACIÓN				LIMITANTE
		A	B	C	D	
1. ¿Existe alguna persona encargada de los estudios de financiamiento de la empresa?	No				X	-
2. ¿Con qué frecuencia se analizan las variaciones del presupuesto de compras, así como el de gastos?	Mensual	X				-
3. ¿Cómo ha determinado si el capital contable de la empresa es el adecuado?	Con base en el capital social y las utilidades generadas		X			9
4. ¿Hasta qué punto puede ser afectada la empresa en caso de no conseguir los créditos requeridos?	Paro de la empresa			X		4
5. ¿Los créditos que consiguen son suficientes para cubrir sus necesidades?	No, compran a 30 días venden a 90			X		5
6. ¿Los créditos obtenidos han sido invertidos conforme a un programa determinado?	No créditos bancarios				X	-
7. ¿Dispone el jefe de la empresa de pronósticos mensuales de cada departamento que le permitan prever oportunamente su situación financiera?	No				X	-
8. Cuando se hace alguna expansión, ¿se analizan las necesidades de financiamiento y las distintas fuentes?	No				X	-
9. ¿La persona encargada de otorgar créditos a los clientes dispone de la suficiente información para llevar a cabo su labor?	Por contrato		X			8
10. ¿Cómo se considera que es la situación financiera de su empresa en relación a otras de su misma actividad?	En promedio es mala			X		9

Tabla A.5 Financiamiento

6. SUMINISTROS						
PREGUNTA	RESPUESTA	CALIFICACIÓN				LIMITANTE
		A	B	C	D	
1. ¿Cuáles son los objetivos del Departamento de Compras?	Por requisición	X				-
2. ¿Qué tipo de presupuestos se realizan para satisfacer la producción esperada?	Por producción		X			9
3. ¿Qué ventajas ofrece su (s) proveedor con respecto a los demás?	Crédito, lealtad	X				-
4. ¿Qué usos le da a los registros actualizados del proveedor (es) por artículo?	Ninguno				X	-
5. En el control de calidad de los materiales comprados, ¿qué anomalías detecta?	Anomalías físicas y químicas		X			3
6. ¿Qué tipo de control de inventarios lleva?	Primeras entradas primeras salidas	X				-
7. ¿Cómo ha calculado el volumen de compra óptima por materia prima?	Por solicitud		X			9
8. ¿Cómo se clasifican los materiales en el almacén para que su localización sea rápida?	Capacidad y compatibilidad	X				-
9. ¿Cómo se controlan las entradas y salidas de material en el almacén?	Registro de entrada y salida	X				-
10. ¿Se presentan agotamientos de materias primas, con qué frecuencia?	Si, mucha, recursos y planeación			X		6

Tabla A.6 Suministros

7. MEDIOS DE PRODUCCIÓN						
PREGUNTA	RESPUESTA	CALIFICACIÓN				LIMITANTE
		A	B	C	D	
1. ¿Existe algún departamento encargado del mantenimiento y reposición de equipo, opera éste satisfactoriamente?	Si	X				-
2. ¿Se realizan estudios sobre la adquisición y reparación de edificios y terrenos de acuerdo a las necesidades de producción?	No				X	-
3. ¿Se han hecho estudios para determinar el flujo de materiales durante el proceso, así como las demoras, distancias recorridas, lugares de almacenamiento, etc.?	No				X	-
4. ¿Se ha realizado algún estudio para saber si el equipo para manejo de materiales es el adecuado?	No				X	-
5. ¿El edificio que ocupa es el adecuado para su actividad?	Pequeño			X		7
6. ¿Se han realizado estudios económicos para la reposición y adaptación del equipo?	No				X	-
7. ¿Existe el equipo adecuado frecuentemente para la producción?	Más o menos		X			7
8. ¿El monto de la inversión para la adquisición del equipo fue resultado de algún estudio de rentabilidad?	Si, pero escaso			X		5
9. ¿Con qué periodicidad se realizan las inspecciones a la maquinaria y equipo?	Por bitácora		X			6
10. ¿Existen registros actualizados del equipo existente, la antigüedad, depreciación, costos de reparación, etc.?	No				X	-

Tabla A.7 Medios de Producción

8. PERSONAL						
PREGUNTA	RESPUESTA	CALIFICACIÓN				LIMITANTE
		A	B	C	D	
1. ¿Cuáles son los objetivos de la función de personal?	Generar un beneficio		X			9
2. ¿Se han efectuado estudios para determinar las necesidades de motivación para el personal?	No				X	-
3. ¿Hacen estudios para conocer el número de supervisores que se requieren?	Existe uno por área de trabajo		X			9
4. ¿Cómo son los sueldos en relación con la competencia?	No saben, pero ofrecen más de la ley	X				-
5. ¿Qué sistema se emplea para la evaluación de puestos que sirva para determinar los salarios?	Antigüedad y Responsabilidad		X			9
6. ¿Se elaboran programas de adiestramiento del personal para desarrollar sus habilidades y aptitudes?	No				X	-
7. ¿Qué programas de seguridad industrial se han desarrollado en la empresa?	Cumple con la ley		X			1
8. ¿Cómo selecciona y contrata al nuevo personal?	Entrevista y un periodo de prueba	X				-
9. ¿Se lleva un control del ausentismo del personal y las causas que lo originan?	Si	X				-
10. ¿En qué forma se describe el trabajo que debe realizar cada uno de los trabajadores? Verbal (), escrita (), otra ()	Verbal y escrita	X				-

Tabla A.8 Personal

9. ACTIVIDAD PRODUCTORA						
PREGUNTA	RESPUESTA	CALIFICACIÓN				LIMITANTE
		A	B	C	D	
1. ¿Ha elaborado un programa de producción?	Si, pero nunca se cumple			X		6
2. ¿Se conoce la capacidad de producción de cada equipo y se utilizan estos datos para conocer la capacidad total de la planta?	No				X	-
3-¿Existe algún responsable de la planeación y control de la producción?	Si	X				-
4. ¿Qué se toma como base para asignar la carga de trabajo a los trabajadores?	Nada				X	-
5. ¿Se dispone de algún registro que indique el tiempo que tarda un trabajador en efectuar su trabajo?	No				X	-
6. ¿Lleva controles de la producción?	Si, pero ineficientes			X		7
7. ¿Existe algún departamento encargado del control de calidad, y qué secciones cubre?	Si, producto terminado y materia prima		X			3
8. ¿Cuál es el promedio de rechazos por cantidad producida debido a la mala calidad del producto?	Estrictamente solo es el 10% pero esta maquillado, rechazos internos llegan a ser hasta un 80% para retrabajos			X		3
9. ¿Cómo se realiza el presupuesto de producción?	No hay				X	-
10. ¿Qué tipo de sistemas o procedimientos y en qué forma se emplean para el control de producción?	No hay				X	-

Tabla A.9 Actividad Productora

10. MERCADEO						
PREGUNTA	RESPUESTA	CALIFICACIÓN				LIMITANTE
		A	B	C	D	
1. ¿Tiene algún departamento que estudie las capacidades y tendencias del mercadeo que abastece la empresa?	Si, área comercial	X				-
2. ¿Se ha pensado en la posibilidad de aprovechar el mercado de otros estados y aun del extranjero?	Si, pero muy poca			X		2
3. ¿Se estudia la rotación del cliente, es decir el número de clientes que se pierden por año y los que los reemplazan?	No				X	-
4. ¿El número de clientes va en aumento?	No				X	-
5. ¿Se conocen las características económicas de cada cliente, así como su capacidad de compra?	En su mayoría si	X				-
6. ¿Existe alguna persona encargada de capacitar a los vendedores?	No				X	-
7. ¿Cuáles son las características de los productos que hacen que la clientela los prefiera?	Precio – Crédito		X			5
8. ¿Qué tipo (s) de publicidad emplea? Radio, televisión, periódico, revistas, folletos, sección amarilla, otros.	Internet			X		1
9. ¿Los precios de venta de los artículos con respecto a otros similares de la competencia, son mayores o menores?	Son competitivos	X				-
10. ¿Realizan estudios para el lanzamiento de nuevos productos?	Si para nuevos materiales		X			7

Tabla A.10 Mercadeo

Referencias

1. L. Riggs, (2010). *Sistemas de producción, planeación, análisis y control*. Ed. Limusa Wiley. Tercera edición. México págs. 15-29.
2. S. Ordóñez, (2003). *Modelos de producción, cadenas de valor y competitividad industrial en Morelos*. Convergencia. Revista de Ciencias Sociales, enero-abril.
3. H. Sampieri, (2008). *Metodología de la Investigación*. Ed. McGraw Hill. Cuarta edición. México D.F.
4. B. Niebel, (2001). *Ingeniería Industrial “Métodos, estándares y diseño del trabajo”*. Ed. McGraw Hill. Doceava edición.
5. L. Arellano, (2012). *Apuntes de la materia Estudio del Trabajo*. UNAM Facultad de Ingeniería.
6. O. Schütze, (1972). *Tratado Práctico de Moldeo y Fundición*. Ed. Gustavo Gili, S. A. Tercera edición Barcelona, España.
7. P. Groover (2007). *Fundamentos de Manufactura Moderna, Materiales Procesos y Sistemas*. Ed. Prentice-Hall, S.A. Tercera edición, México págs. 240-294.

8. U. Schärer (1984). *Ingeniería de Manufactura*. Ed. Continental. Primera edición, México págs. 67-166.
9. A. Montaña, (1978). *Diagnostico Industrial*. Ed. Trillas, México.
10. A. Klein (1976). *El análisis factorial*. Ed. Banco de México, S.A. Investigaciones Industriales. Sexta edición, México.
11. R. Schroeder (2011) *Administración de Operaciones*. Ed. McGraw-Hill. Quinta edición, México.
12. K. Lockyer (1998) *La Producción Industrial su administración*. Ed. Alfaomega. Segunda edición, Colombia.
13. P. Béranger (1994) *En busca de la excelencia industrial*. Ed. Limusa, SA de CV. Primera edición, México.
14. H. Taha (2012) *Investigación de Operaciones*. Ed. Pearson. Novena edición, México.
15. Organización Internacional del Trabajo, OIT (1996) *Introducción al Estudio del Trabajo*. Ed. Limusa SA de CV. Cuarta edición (revisada), México.

16. G. Gutiérrez Garza (2000) *Justo a Tiempo y Calidad Total, Principios y Aplicaciones*. Ed. Castillo S.A. de C.V. Quinta edición, México.
17. K Hodson William (2001) *Maynard, Manual del Ingeniero Industrial*. Tomo II. MacGraw Hill. Cuarta edición, México.
18. J. A. Schey (2000) *Procesos de Manufactura* Ed. MacGraw Hill. Tercera edición, México.
19. Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad (s.f.) *AMEF*. Recuperado el 9 de septiembre del 2014, de <http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/amfe.pdf>
20. Art of Lean. (s.f.) Toyota production system basic handbook. Recuperado el 29 de noviembre del 2014, de http://www.artoflean.com/files/Basic_TPS_Handbook_v1.pdf
21. Toyota Motor Manufacturing Kentucky. (2006). Toyota Production System Terms. Recuperado el 15 de noviembre del 2014 de <http://www.toyotageorgetown.com/terms.asp>
22. J. Hernández, (2013). *Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implantación*. Ed. Fundación EOI.

23. R. Chase, (2000). *Administración de Producción y Operaciones*. Ed. Mc Graw Hill
Octava Edición, México.

24. B. Niebel (2004). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*.
Ed. Alfaomega Onceava edición, México.

25. J. Harrington (1993). *Mejoramiento de los procesos de empresas*. Ed. Mc Graw Hill
España.

26. M. Arango (2007). *Reingeniería de procesos y transformación organizativa*.
Ed. Alfaomega España