

UNIVERSIDAD MINUTO DE DIOS



Facultad Ingeniería INDUSTRIAL

Semillero de Investigación SISTEMAS FLEXIBLES DE MANUFACTURA

Diagnóstico y mejoramiento del proceso productivo para industrias Gutiérrez

Area de Profundizacion
Bogota D.C 2017

Presentación de trabajo de grado

Facultad Ingeniería INDUSTRIAL

Semillero de Investigación SISTEMAS FLEXIBLES DE MANUFACTURA

Diagnóstico y mejoramiento del proceso productivo para industrias Gutiérrez

Maria Alejandra Gutierrez Martinez

Código: 315359

Erika Vanessa Avella Martinez

Código 326615

Maria Camila Romero Quintero

Código: 319559

Luis David Perez Escobar

Código: 228924

Area de Profundizacion
Bogotá D.C Noviembre 2017

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción
2. Problema
 - 2.1. Antecedentes
 - 2.1.1. Contexto general
 - 2.1.2. Contexto específico
 - 2.2. Ubicación del problema
 - 2.3. Planteamiento
 - 2.4. Pregunta problema
3. Justificación
4. Objetivos
 - 4.1. Objetivo general
 - 4.2. Objetivo específicos
5. Hipótesis
6. Marco contextual
 - 6.1. Reseña histórica
 - 6.2. Misión
 - 6.3. Visión
 - 6.4. Valores corporativos
 - 6.5. Flujograma de proceso
7. Marco conceptual
 - 7.1. Pronostico demanda
 - 7.2. MPS
 - 7.3. MRP
 - 7.4. Layout
 - 7.5. kanban
 - 7.6. Kaisen
 - 7.7. Tack time, circle tome
 - 7.8. Balanceo de lineas
 - 7.9. Gráficos de control (Gráficos Xbarra R)
 - 7.10. Punto de equilibrio

8. Marco metodológico
 - 8.1. Método de investigación
 - 8.2. Modelo de investigación
 - 8.2.1. Cualitativos
 - 8.2.2. Cuantitativo
 - 8.2.3. Descriptivo
 - 8.2.4. Explicativo
 - 8.2.5. Exploratorio
 - 8.2.6. Predictivo
9. Desarrollo de investigación
 - 9.1. Pronósticos
 - 9.1.1. Pronóstico estacional
 - 9.1.2. Pronóstico por descomposición
 - 9.1.3. Pronóstico suavización doble
 - 9.2. Señal de rastreo
 - 9.3. Punto de equilibrio
 - 9.4. Mps
 - 9.5. Mrp
 - 9.6. Balanceo de líneas
 - 9.7. Gráficos X barra R
 - 9.8. Porcentaje de crecimiento
 - 9.9. Hipotesis
 - 9.10. Layout
 - 9.11. Kanban
 - 9.12. VSM
 - 9.13. Circle time
 - 9.14. Balance trabajo
10. Análisis de resultados
11. Conclusiones
12. Bibliografía

1. INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de este trabajo vamos a encontrar cada una de las herramientas que se utilizaron para crear una propuesta de mejoramiento en el proceso productivo de la empresa Industrias Gutierrez, empresa que se dedica a la fabricación y mantenimiento de refrigeradores industriales.

En la primera parte del trabajo se hace referencia a la problemática que tiene la empresa en donde se realizará un análisis y un estudio detallado de cada uno de los obstáculos por más mínimo que fuera, para así poder tener un problema global y general, con esto se empezará a investigar qué herramientas serán útiles para llevar a cabo un plan de mejora para los problemas encontrados, para ello se realizará una descripción en el marco conceptual de todas las herramientas vistas para luego tener un desarrollo de investigación en el cual se visualice las herramientas aplicadas basadas en datos reales de la empresa y por último se creará una propuesta de mejora.

2. PROBLEMA.

2.1. Antecedentes.

2.1.1. Contexto general.

En el Informe Nacional de competitividad (2014-2015) presentado por el consejo privado de competitividad, las empresas Colombianas reflejan un bajo nivel de productividad con respecto a otros países desarrollados en donde solo basta una persona para llevar a cabo las mismas tareas que hacen de 4 a 5 Colombianos simultáneamente, esto se debe al bajo acceso a la educación que tienen los Colombianos con respecto a otros países desarrollados además de la diferencia salarial y el impacto que ha tenido la globalización en las industrias.

“Es fundamental que el país complemente sus esfuerzos transversales en materia de competitividad con una Política de Desarrollo Productivo como la que le presenta el Consejo Privado de Competitividad. Este es el tipo de Política Industrial y Agrícola Moderna que necesita el país”(Política de Desarrollo Productivo para Colombia, 2017). Según el presidente del Consejo Privado de Competitividad quien además asegura que la corrupción y la poca inversión que se ha hecho en educación e infraestructura es un factor influyente dentro de los índices de productividad de los Colombianos.

Actualmente muchas de las empresas colombianas siguen trabajando con maquinaria manual y obsoleta para llevar a cabo sus procesos productivos, lo que genera demoras, además de requerir mayor número de personal para llevar a cabo cada operación elevando sus costos de producción.

2.1.2. Contexto específico.

La industria de refrigeración en Colombia se ha visto afectada en los últimos años con la llegada del TLC de forma positiva tomando como punto de partida el aumento de proveedores y el acceso a materia prima con mayor facilidad y a menor costo gracias al aumento de importaciones en repuestos y elementos de refrigeración; pero a su vez se ve amenazada o más bien impulsada a hacer cambios e innovar sus procesos productivos para los fabricantes nacionales debido la llegada de equipos de refrigeración terminados del exterior a menor costo que son ahora considerados también una opción para el cliente.

Sin embargo, la infraestructura Colombiana actualmente presenta muchos inconvenientes debido a la carencia de carreteras, puertos y la logística suficiente para soportar un sistema de importación y exportación que ha aumentado durante los últimos años y que no permite que los productos lleguen en el momento indicado.

Industrias Gutierrez es una empresa netamente Colombiana que fabrica sus equipos de forma manual, pues actualmente la compañía no cuenta con la solvencia suficiente para adquirir maquinaria que le pueda automatizar algunas partes de su proceso; tomando como punto de partida esto, se tiene en cuenta como uno de los factores que generan demoras en el proceso de fabricación, sin embargo tomando como referencia los recursos con los que cuenta la empresa y con el fin de brindarle una solución viable y que le genere resultados positivos se hace un análisis de la situación actual, la cual cuenta actualmente con 10 operarios en planta que son los encargados de llevar a cabo el proceso de fabricación desde su trazo y corte hasta los terminados y controles de calidad. La planta tiene una dimensión de 8.5 mt ancho x 22 mt de fondo en la cual se encuentra ubicado un equipo de corte (guillotina) una dobladora, equipo de soldadura de punto, equipos para la inyección del poliuretano, bancos de instalación eléctrica y de refrigeración y zona de almacenamiento del producto terminado, dicha planta actualmente no se encuentra con la capacidad suficiente para la producción de la demanda esperada lo que impide entregar a tiempo los equipos, adicional a esto, las

máquinas no se encuentran ubicadas estratégicamente de acuerdo al orden el proceso, teniendo en cuenta que estamos hablando de un proceso en línea por lo tanto la distribución en planta juega un papel indispensable ya que ahorra tiempo en desplazamientos y agiliza los procesos.

En cuanto los inventarios de materia prima con los que cuenta la compañía, tenemos que solo hay un stock de seguridad de algunos materiales, aproximadamente un 60% de los que se utilizan durante la fabricación de los equipos, sin embargo materiales como los equipos de refrigeración, el acero, los panorámicos en vidrio con los que cuentan las neveras son materiales que se deben adquirir una vez esté generada la orden de producción y se sepa específicamente las medidas del equipo que se va a fabricar y el tipo de producto que va a almacenar allí para de esta forma tomar decisiones acerca del tipo de máquina que se va a instalar en la parte de refrigeración, las medidas para la cantidad de acero y el tamaño del panorámico para generar la orden de compra al proveedor, quien tarda aproximadamente de 1 a 2 semanas en entregarlo.

2.2. Ubicación del problema.

Industrias de Refrigeración Gutiérrez es una empresa que hace parte de la Industria Colombiana con más de 35 años de experiencia en el área de refrigeración, sus instalaciones se encuentran ubicadas en la ciudad de Bogotá en el barrio Santa Isabel. Se caracteriza por la calidad de sus productos, durabilidad y su excelente acompañamiento y atención al cliente.

Empresa dedicada a la fabricación, ensamble y reparación de equipos de uso comercial e industrial, con el fin de brindar apoyo y acompañamiento a empresas del sector Industrial y personas naturales aportando a la Industria Colombiana con equipos de calidad y generando empleo al brindar oportunidades a personas del común.

2.3. Planteamiento.

El tiempo de entrega que se tiene estimado para la entrega de un producto [1] terminado se ve directamente afectado por dos puntos principales dentro de la problemática de esta empresa que son la cadena de suministro que basa en la demora de entrega de insumos lo cual retrasa el inicio del proceso productivo ya que la empresa no cuenta con un inventario de seguridad

que le permita conocer la cantidad de materia prima que puede utilizar en un determinado tiempo. Otro factor que presenta fallas importantes es en la parte de tiempos y movimientos ya que las operaciones que se encuentran inmersas en el proceso requieren en un número elevado de horas laborales para su terminación, sin mencionar los desplazamientos que se deben llevar a cabo en cada cambio de operación y la dificultad de transportar el producto.

2.4. Pregunta problema.

¿Cómo se puede mejorar el proceso productivo de la empresa Industrias Gutiérrez a partir de modelos matemáticos?

3. JUSTIFICACIÓN

La competitividad actualmente se ve influenciada en un gran porcentaje por el tiempo de respuesta que tenga una empresa frente al requerimiento del cliente, la calidad del producto que le pueda ofrecer y que tan asequible sea este para el cliente. Por esta razón, es una necesidad actualmente implementar sistemas de producción que permitan la entrega de un producto terminado en un tiempo favorable además de mejorar en un 100% aquellos cuellos de botella que disminuyen la productividad de la empresa, por esta razón es importante tener en cuenta los factores que influyen principalmente en las demoras del proceso y así mismo darles respuesta implementando planes de mejora continua y estrategias que nos permitan crear un proceso de producción limpio y productivo para la empresa que la posicione en el mercado y que permita que la excelente calidad de los productos que ya ofrece actualmente se vea respaldada por un tiempo de respuesta rápido.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un plan de mejoramiento en el proceso de producción para que la entrega del producto final tenga un tiempo de respuesta satisfactorio por medio de modelos matemáticos.

4.2 Objetivos Específicos

- Mejorar los tiempos en la línea de producción empleando sistemas de jalar y empujar
- Estandarizar los tiempos por operación de manera eficiente que se encuentran en la línea de producción
- Realizar una planeación de la cadena de suministro
- Rediseñar una distribución en planta acorde a la línea de producción con el fin de aumentar la capacidad de productiva

5. HIPOTESIS

El principal problema es la entrega del producto, ya que se ve afectado por diferentes factores inmersos dentro del proceso productivo, a partir de la aplicación de una serie de modelos matemáticos, se logra identificar cuellos de botella sobre todo en la parte de reabastecimiento y entrega de la materia prima, la capacidad y distribución de la planta que no cubre la demanda de producción y algunos cuellos de botella específicos que es necesario investigar a fondo durante el proceso productivo en sí; ocasionando que los tiempos se vean alterados por la falta de personal, una solución que se plantea para mejorar esta dificultad es aplicar la herramienta del Lean Manufacturing, además de lograr que el proceso sea más óptimo y eficiente.

6. MARCO CONTEXTUAL

6.1. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

6.1.1. Reseña Histórica

La perseverancia, la consistencia, el trabajo en equipo, la unión, la entrega y el buen servicio, se convirtieron en las bases fundamentales para la construcción de la empresa *Industrias de Refrigeración Gutiérrez*, que nació de ese pequeño taller de patio en 1.978

Después de 11 años, en 1989 en el barrio Ricaurte, se da apertura a la primera vitrina de ventas y desde allí se inicia el auge de esta pequeña empresa. Del año 90 al 95 se abrieron tres almacenes más en Bogotá y uno en Cali, además de una distribución en la capital o otra en Villavicencio.

Con esto, la empresa llegó a tener 30 empleados, 30 familias integradas al mismo fin; brindar un servicio con calidad, amor y respeto. Se adquirieron equipos de fabricación, carros de distribución, se amplió la locación de la empresa y sin dejar de pensar en el desarrollo familiar, construyeron su vivienda en el mismo lugar de las instalaciones de la planta de producción y la oficina de atención al cliente.

Sin embargo, la crisis económica de finales de los años 90 que se desató en el país, gracias a los hallazgos de petróleo al principio de ésta década, una masiva entrada de capitales que junto a lo anterior revaluaron la tasa de cambio, y un gasto público desbordado terminaron por crear una serie de profundos desequilibrios macroeconómicos, que afectaron la economía de los colombianos y por ende la de ésta empresa.

Para inicios del siglo XXI, la reducción de personal, el cierre de almacenes y la disminución de la producción fue notable. Pues de 30 empleados se redujo el número a ocho, cinco almacenes tan solo se dejó abierto uno y de más de 40 equipos que se fabrican al mes se disminuyó a menos de 10. A pesar de todo esto, la ganas de seguir trabajando, generando empleo y brindando un servicio a los colombianos, seguía latente en el corazón de todos los integrantes de ésta empresa.

Estamos a un paso de culminar la segunda década de éste siglo y nos seguimos manteniendo, sin importar las difíciles dificultades que nos han intentado acabar, seguimos y seguiremos en la lucha, buscando las posibilidades de continuar generando empleo, poniendo nuestro granito de arena para el desarrollo económico y social de nuestro país, porque somos una empresa de colombianos para colombianos, que luchamos día a día por salir adelante y con la ilusión que las cosas van a mejorar y que volveremos hacer mejor que antes, porque estamos seguros que las oportunidades están dadas, que lo que tenemos que hacer es buscarlas y conquistarlas.

6.1.2. Misión

Trabajar diariamente para satisfacer las necesidades de nuestros clientes, por medio de la excelencia del servicio, la calidad de nuestros productos, el buen manejo de los recursos y el sentido de compromiso con nuestra familia, nuestro trabajo, nuestros clientes y nuestro país.

6.1.3. Visión

En el 2025 Industrias de Refrigeración Gutiérrez, será un modelo de empresa, en el ámbito de productividad, calidad, seguridad y confianza con puntos de venta distribución de mercancía a nivel nacional, con el objetivo de llevar bienestar y satisfacción a nuestros clientes que son nuestra mayor motivación y generar empleo a nivel nacional.

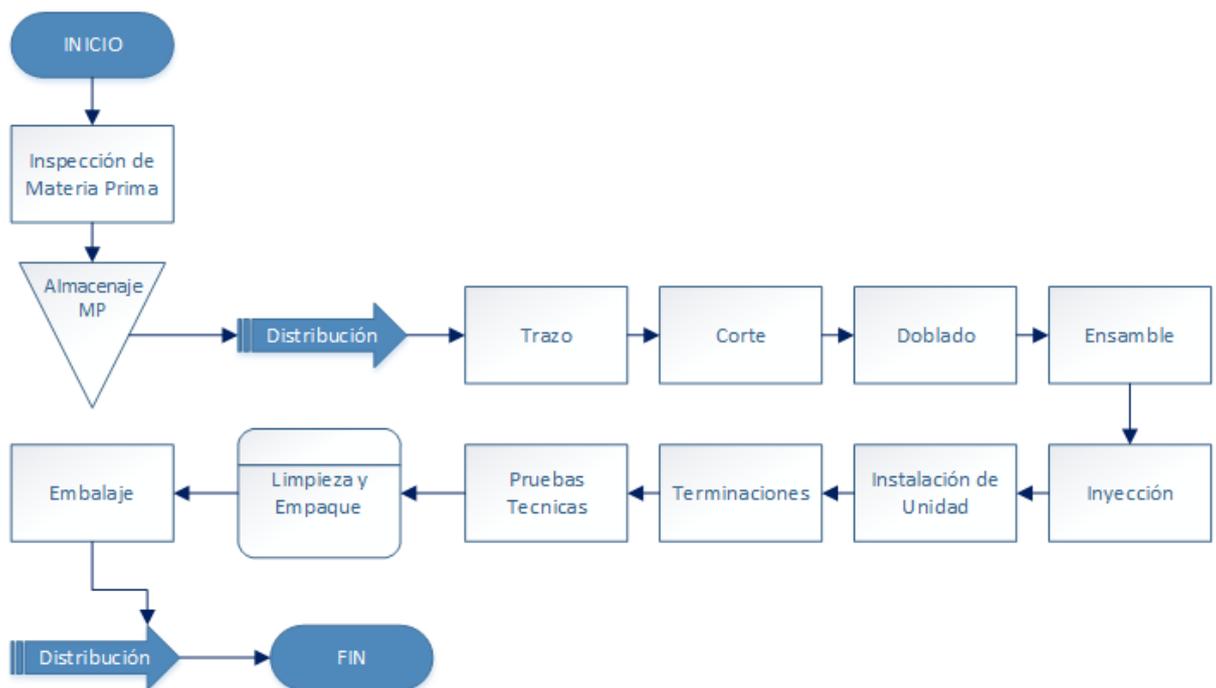
6.1.4. Valores Corporativos

En Industrias de refrigeración Gutiérrez estamos convencidos que:

- La fe en dios la sentido y valor a la vida y al trabajo
- El trabajo productivo nos permite el crecimiento personal, familiar, laboral y social.
- Con disciplina, compañerismo y trabajo en equipo, todos ganamos.
- El diálogo fundamentado en la razón es el único medio para solucionar las diferencias.
- La iniciativa, la creatividad y el sentido común hacen grandes a los hombres, las empresas y los países.
- Actuando con lealtad, honestidad y respeto desde nuestro trabajo aportamos para lograr una sociedad en paz.

- El corazón de nuestra empresa son nuestros clientes, quienes garantizan nuestra estabilidad y desarrollo.
- Brindar seguridad, calidad, confiabilidad y excelencia en nuestros productos y servicios son nuestra razón de ser.
- La competencia nos renueva día a día y nos hace grande, entre los grandes.

6.1.5. Flujograma del proceso



7. MARCO CONCEPTUAL

7.1. Pronósticos de Demanda

Determinar los factores críticos de un pronóstico de demanda estacional se desconocen por el tiempo o no se tiene en cuenta su ciclo, (Administración de operaciones Chase, 12 edi.) Con el fin de conocer la cantidad de productos que se pueden llegar a vender a partir de la información de la demandas pasadas, se desarrollan técnicas que permiten estimar las demanda futuras y así dar solución respecto a su problema de capacidad de producción.

La necesidad de manejar datos históricos de forma continua es una desventaja ya que al agregar nuevos datos, se debe eliminar el inmediatamente anterior para poder realizar un nuevo pronóstico más acertado. (Administración de operaciones Chase, 13 ed.) Por eso al tratar de tener un pronóstico más efectivo, la suavización exponencial usa los datos más recientes de manera que la suma de sus pesos sea igual a 1 para comprobar y conocer las nuevas tendencias del mercado futuro y permitir una rentabilidad constante.

Ninguno de los pronósticos nos da un 100% de credibilidad, la mayoría de ellos muestran determinado porcentaje de error, por lo que a cada uno de estos se le debe realizar una comprobación acerca de su efectividad a partir del cálculo de error acumulado del pronóstico, dentro de este rango se determina la probabilidad de acierto a partir de su señal de rastreo, no debe superar los límites ya que de hacerlo se debe hacer una reprogramación del mismo.¹

7.2. El MPS

Es un modelo que nos determina la cantidad de insumos, maquinaria, mano de obra que se necesita para poder dar inicio al proceso de producción, definiendo tres aspectos fundamentales tales como, qué producir, cuánto producir y cuándo producir, para así hacer el requerimiento de materia prima y lograr tener un control acerca de los imprevistos que se puedan llegar a ocasionar de acuerdo a la proyección del pronóstico realizado.

Las diferentes técnicas aplicadas de la industria nos permite tener una mayor producción de acuerdo a las necesidades de las misma, por lo que en un cambio constante se requiere que los procesos sean de mayor competitividad, para que así se logre que estos obtengan un balance en cada una de las etapas, optimizando así todo el proceso productivo y mejorando sus tiempos.²

El punto de equilibrio es una de la herramientas a nivel empresarial que nos permite conocer cuál es cantidad necesaria de productos que se deben vender para que por lo menos se cubran

¹Unidad IV Compras e inventarios "Pronósticos". (2017). [PDF] http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Lic_virt/Mercadotecnia/DMKT022-2/Unidad%203/32_lec_pronosticos.pdf, Asignatura de desarrollo y operaciones de servicio. Hidalgo.

² Meyers, F. and Stephens, M. (2006). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales (3a. ed.). Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.

sus costos y gastos operativos durante la producción, de manera que nos permite conocer cuáles son los factores que entran a ser parte de este ya que pueden ser variable o constantes.³

7.3. MRP

Permite manejar la viabilidad para dar cumplimiento con alguna orden de pedido, por medio de este se hace una simulación de todo el proceso desde el requerimiento de la materia prima hasta los tiempos de proceso en cada etapa haciendo, por lo que dado el caso no tendrá cuellos de botellas generados por artículos que sean necesarios completarlos antes de la siguiente etapa.⁴

7.4. LAYOUT

Es una herramienta que permite mejorar el flujo de las personas y procedimientos dentro del proceso de producción, para mejorar los tiempos y movimientos de manera que se refleje en el rendimiento del mismo, logrando así que el diseño de este haga que los recorridos en cada una de las operaciones sea el menor y de manera muy ordenada.

7.5. KANBAN

A partir de la implementación de un sistema de tarjetas para cada una de las operaciones, permite conocer y determinar la cantidad de materia prima que se va utilizar durante todo el proceso y de almacenamiento para que tener un control mayor sobre la cantidades necesarias para mantener el stock de seguridad, de manera que cuando un nuevo producto sea requerido hallan los insumos suficientes para generar uno nuevo con un proceso eficiente donde maximice su competitividad y rapidez en la ejecución de los mismos para dar satisfacción al cliente.⁵

³ Anaya Tejero, J. (2015). Logística integral. Pozuelo de Alarcón, Madrid: ESIC.

⁴ Administración de operaciones, Chase, 13 edi.

⁵ Procesos en flujo Pull y gestión lean. Sistema kanban: Lluís Cuatrecasas Arbós, Serie: Administración / Marketing.

7.6. KAISEN

Es un metodología de mejora continua que permite determinar los problemas que se encuentran en la industria o en la empresa donde se implementa, para que por una herramienta como el ciclo PHVA se mitigue de manera que a partir de la generación de un compromiso y disciplina empresarial, por parte de las personas se mantenga y sea constante hasta que no se encuentre nada que afecte los procesos para optimizarlos.⁶

7.7. TAKT TIME - CYCLE TIME

Takt Time Se define como el ritmo al que debe ir la operación de manera que logre satisfacer las necesidades de la demanda, Cycle Time describe cuánto tiempo demora cada una de las etapas del proceso detalladamente, desde el comienzo hasta el final, estas dos herramientas con ayuda de VSM logran identificar todo aquello que no agrega valor a la operación, ya que nos brinda la información de donde debe haber mejoras para cumplir con las especificaciones del cliente y a la vez una reducción de operaciones que se refleja en tiempos para mejora del proceso.

7.8. BALANCEO DE LINEAS

Es una de las herramientas más representativas para que un proceso logre su objetivo, de ser también un control acerca de la producción, donde su finalidad es determinar cómo cada una de las líneas maximiza su capacidad de rendimiento en comparación con la otras y que ninguna de estas no se encuentre sin hacerlo.⁷

⁶ Manuel Francisco Suárez Barraza, Panorama Editorial, 30/01/2007, El kaizen: Una filosofía de mejora continua e innovación,

⁷ Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales; Pearson Educación, 2006

7.9. GRÁFICOS DE CONTROL (GRÁFICOS XR)

Estos son diagramas donde se registra los valores sucesivos en cuanto a la calidad del producto, se pueden observar algunas fluctuaciones de acuerdo al comportamiento del mismo en determinado periodo de tiempo en busca de la mejora continua, ya que la medición de calidad de un producto es inversamente proporcional a la variabilidad de las características deseadas por los clientes, donde se logra la detección las posibles causas para tomar acciones y dar un parámetro de errores que se puede aceptar.⁸

7.10. PUNTO DE EQUILIBRIO

Este determina a partir de diferentes variables la cantidad de productos sobre las utilidades de la empresa sean necesarios que debe vender para generar su competitividad y logre sostener en el mercado tan cambiante, donde no generar pérdidas ni tampoco utilidades.⁹

8. MARCO METODOLÓGICO

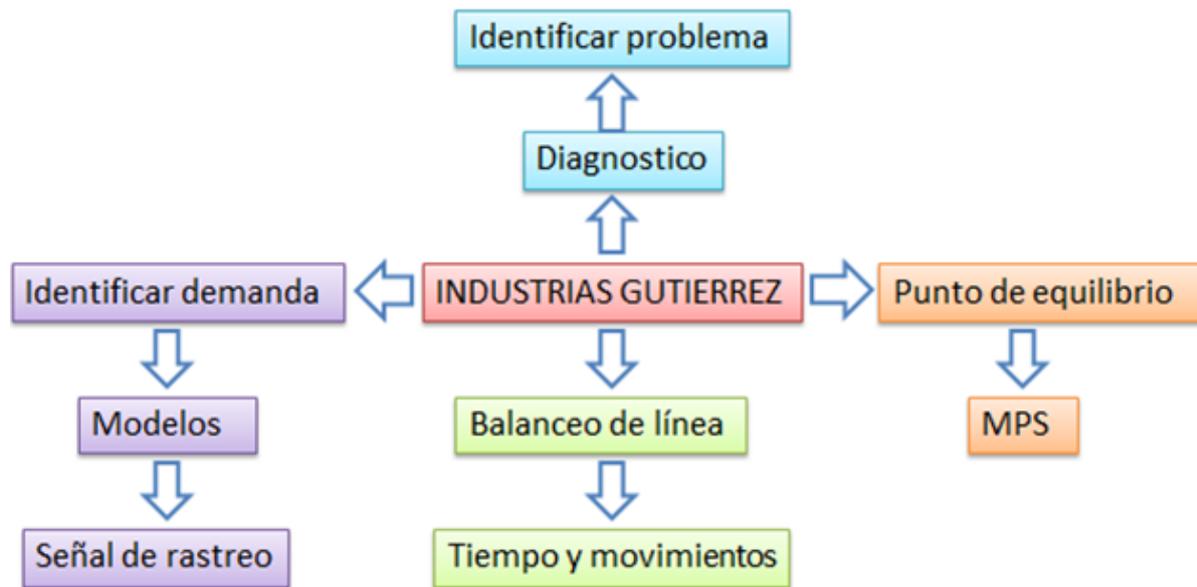
8.1. Método de investigación

La investigación se llevará a cabo en diferentes etapas que le permitan conocer el estado de la misma:

- Levantamiento de datos: se llevará a cabo por los estudiantes de Ingeniería Industrial participes en el proyecto de investigación de la empresa Industrias Gutiérrez, para utilizar los datos en modelos matemáticos que permitan tener una idea clara del estado de la empresa.
- Búsqueda de modelos: Los estudiantes buscarán modelos matemáticos acordes a la información suministrada por la empresa, para la implementación de los mismos en donde el resultado será el más óptimo para lograr su interpretación.
- Análisis de datos: A partir de los datos arrojados por los modelos matemáticos se dará a conocer el estado de la empresa en donde los estudiantes deberán plantear una mejora para cada una de las áreas estudiadas.

⁸ Manual de control estadístico de calidad: teoría y aplicaciones, Pablo Juan Verdoy, Jorge Mateu Mahiques, Santiago Sagasta Pellicer Publicacions de la Universitat Jaume I, 2006

⁹ Economía de Empresa; Pearson Educación, 2004, Paul G. Keat, Philip K. Y. Young.



8.2. Modelo de la investigación

Los modelos a utilizar dentro de este estudio de caso son los métodos cualitativos y cuantitativos, ya que a partir de los dos modelos nos permite describir el estado actual de la empresa Industrias Gutiérrez en función de la información obtenida y de los modelos matemáticos ya aplicados, teniendo como fin dar una propuesta de una posible solución a uno de sus principales problemas como lo es los cuellos de botella.

8.2.1. Cualitativos

Dentro de las diferentes herramientas del método, nos permite abordar una variedad de conceptos como generalidades, creencias y valores ya que hacen parte de la realidad que tiene como objetivo principal la descripción de las cualidades del fenómeno. (Kuhn 1962) Es un conjunto de superposiciones interrelacionadas respecto al mundo social que proporciona un marco filosófico para el estudio organizado de este mundo.

De esta manera cada una de estos conceptos ayudan a determinar claramente la finalidad de la investigación de acuerdo a la metodología usada para la recolección de datos y así lograr un posible solución de los problemas a resolver. (Kuhn 1970) Un paradigma sirve como una

guía para las profesiones en una disciplina porque indica cuales son los problemas y las cuestiones importantes a las que se enfrenta.¹⁰

8.2.2. Cuantitativo

Se caracteriza por sus diferentes procedimientos de análisis que le permiten tener un mayor control de datos, a partir de modelos matemáticos, que permiten describir y analizar el estado de la misma, con el fin de determinar los problemas que presenta. Este emplea un modelo cerrado de razonamiento lógico deductivo desde las teorías a las proposiciones, formación del concepto, medición de las definiciones, comprobación de hipótesis y análisis.

8.2.3. Descriptivo

Busca tener conocimiento acerca del punto de vista de las personas, para saber o crear conceptos que les permita tener claridad acerca del paradigma, determinado por diferentes características que apoyan su hipótesis. (Mohammad Naghi Namakforoosh) La investigación descriptiva es una forma de estudio para saber, dónde, cuándo, cómo y porqué del sujeto de estudio, en otras palabras la información que obtienen explica a una organización el consumidor, objetos, conceptos y cuentas.¹¹

8.2.4. Explicativo

Le permite tener un nuevo enfoque a la investigación, de tal manera que les permita responder preguntas de mayor peso de argumentación, dando así un criterio más acertado acerca de los posibles acontecimientos que dieron origen al campo donde se desarrolla. El objetivo es conocer porque suceden ciertos hechos, por medio de la delimitación de las relaciones causales existentes o al menos de las condiciones en que ella se produce.¹²

¹⁰Cook, T., Reichardt, C. and Solana, G. (2005). Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa. Madrid (España): Morata.

¹¹Naghi, M. (2005). Metodología de la Investigación. 2nd ed. Mexico: Limusa, pp.12,72-80.

¹²Ospino Rodríguez, J. (2004). Metodología de la Investigación en ciencias de la Salud. 1st ed. Bogota, Colombia: Editorial Universidad Cooperativa de Colombia, p.89.

8.2.5. Exploratorio

Partiendo del análisis de datos a los cuales se les va a realizar un estudio, se va a plantear el mejor método posible logrando determinar con mayor profundidad las causas que conllevan el origen del problema. (Naresh K. Malhotra) El diseño de la investigación es apropiada cuando se necesita definir el problema con más precisión, ya que permite identificar las acciones a seguir, establecer las preguntas o hipótesis, aislar y clasificar las variables fundamentales como dependientes o independientes.¹³

8.2.6. Predictivo

Su forma de desarrollar el diseño, es basado en el análisis de datos requerida de explicaciones que le permita predecir el futuro de acuerdo a la obtención de los mismos para prever situaciones. (Mohammad Naghi Namakforoosh) Verifica la selección de conceptos importantes, permitiéndole al investigador conozca cuáles afectan a los predichos más que otros, lo cual se conoce como análisis de sensibilidad.¹⁴

9. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

9.1. PRONÓSTICOS

Para plantear una solución óptima con respecto al problema de capacidad de producción y pérdida de clientes se realizó un análisis de la demanda con respecto a los últimos 3 años para así establecer la demanda del año inmediatamente próximo.

Lo primero que se hizo fue hacer una relación en Excel de las ventas que se habían tenido mes a mes. Con dicha información se llevó a cabo los siguientes pronósticos:

9.1.1. Pronóstico estacional

Construir una tabla en Excel que esté compuesta de la siguiente forma:

- **Periodo:** Se tiene en cuenta la información de los 36 periodos a analizar y después se realiza una sumatoria total de ellos.
- **Fecha:** Corresponde a los meses con su respectivo año.
- **Demanda:** Cantidad de refrigeradores que se vendieron al mes.

¹³Naresh, M. (2004). Investigación de Mercados. 4th ed. Mexico: Pearson Educacion, p.87.

¹⁴Naghi, M. (2005). Metodología de la Investigacion. 2nd ed. Mexico: Limusa, pp.12,72-80.

- **Promedio Móvil:** Se toman los doce primeros periodos que corresponden a un año, esto ya que se va a pronosticar el año siguiente, por lo cual equivale a 12 periodos, se suma la demanda de los períodos y se divide en 12 = (suma demanda 1 al 12 / 12) esta operación se hace en el periodo 7, en el periodo 8 se hace el mismo procedimiento pero tomando una casilla abajo, sí en el periodo 7 se toma desde el periodo 1 hasta el periodo 12 en el periodo 8 se toma desde el periodo 2 hasta el período 13 y así sucesivamente hasta llegar al periodo 36.
- **Promedio Móvil Centrado:** Se toma el resultado del Promedio Móvil desde donde se inició (periodo 7), para determinar el PMC se toma el periodo 7 y el periodo 8 se suman y se dividen en 2, para el siguiente resultado se realiza la misma operación con el periodo 8 y 9, así sucesivamente hasta llegar al final quedando el periodo 31 sin respuesta.
- **Valor de Índice Irregular:** Equivale a la demanda del periodo 7 dividida en el resultado del Promedio Móvil Centrado hasta el periodo 30 donde llegan nuestros resultados.
- **Mes:** Meses del año que se usan como referencia.
- **Índice Estacional:** El primer mes que se toma como referencia es Enero, en los resultados del *Valor de Índice Irregular* se suman todos los resultados correspondientes a Enero y se dividen por el número de veces que este se repite en la muestra de estudio, en este caso los períodos que se tomaron fueron 13 y 25 que corresponden a enero y se dividieron en 2, al completar el año estos resultados se implementan en los dos años siguientes.
- **Índice Estacional Ajustado:** Se multiplica la *demanda* con el *Índice Estacional* desde el periodo 1 hasta el 36 y se realiza la suma total
- **TxY:** Se multiplica el *periodo* por el *Índice Estacional Ajustado* desde el periodo 1 hasta el 36 y se realiza la suma total.
- **TxT:** Se multiplica el periodo por el mismo periodo y se realiza la suma total.
- **MEDIA T:** Se toma la suma total de los periodos y se divide por el número de periodos que en este caso es 36.
- **MEDIA Y:** Se toma el *Índice Estacional Ajustado* y se divide por el número de periodos que en este caso es 48, ya que se le suman 12 periodos más que son los que se van a pronosticar.
- **T*T:** Se toma la sumatoria de todos los periodos y se eleva al cubo.
- **B1:** En este caso es necesario hacer la siguiente operación

$$B1 = \left(\text{Suma } T*Y - \left(\text{Suma de todos los periodos} \times \text{Suma Índice Estacional Ajustado} / 48 \right) \right) / \left(\text{Suma de } T \times T - (T * T / 48) \right).$$

- B0: Se calcula de esta forma:

$$B0 = (\text{MEDIA } Y - (B1 * \text{MEDIA } T)).$$

Periodo	Fecha	Demanda Producto	Promedio Movil	PM Centrado	Valor de Índice Irregular	Mes	Índice Estacional	Índice Estacional Ajustado	T*Y	T*T
1	ene-14	5				ENERO	1,1888112	4,2058824	4,205882	1
2	feb-14	3				FEBRERO	1,08	2,7777778	5,555556	4
3	mar-14	7				MARZO	1,2189474	5,7426598	17,22798	9
4	abr-14	5				ABRIL	0,7470968	6,6925734	26,77029	16
5	may-14	3				MAYO	1,1099744	2,702765	13,51382	25
6	jun-14	3				JUNIO	0,6191775	4,8451374	29,07082	36
7	jul-14	6	4,75	4,708333	1,274336	JULIO	1,1705015	5,1260081	35,88206	49
8	ago-14	7	4,666667	4,791667	1,46087	AGOSTO	1,4045921	4,9836533	39,86923	64
9	sep-14	5	4,916667	4,75	1,052632	SEPTIEMBRE	0,7929825	6,3053097	56,74779	81
10	oct-14	3	4,583333	4,5	0,666667	OCTUBRE	0,8439716	3,5546219	35,54622	100
11	nov-14	4	4,416667	4,458333	0,897196	NOVIEMBRE	0,7012297	5,7042649	62,74691	121
12	dic-14	6	4,5	4,458333	1,345794	DICIEMBRE	1,2914539	4,6459266	55,75112	144
13	ene-15	4	4,416667	4,333333	0,923077		1,1888112	3,3647059	43,74118	169
14	feb-15	6	4,25	4,166667	1,44		1,08	5,555556	77,77778	196
15	mar-15	3	4,083333	3,958333	0,757895		1,2189474	2,4611399	36,9171	225
16	abr-15	3	3,833333	3,875	0,774194		0,7470968	4,015544	64,2487	256
17	may-15	4	3,916667	3,833333	1,043478		1,1099744	3,6036866	61,26267	289
18	jun-15	2	3,75	3,708333	0,539326		0,6191775	3,2300916	58,14165	324
19	jul-15	4	3,666667	3,75	1,066667		1,1705015	3,4173387	64,92944	361
20	ago-15	5	3,833333	3,708333	1,348315		1,4045921	3,5597524	71,19505	400
21	sep-15	2	3,583333	3,75	0,533333		0,7929825	2,5221239	52,9646	441
22	oct-15	4	3,916667	3,916667	1,021277		0,8439716	4,7394958	104,2689	484
23	nov-15	2	3,916667	3,958333	0,505263		0,7012297	2,8521324	65,59905	529
24	dic-15	5	4	4,041667	1,237113		1,2914539	3,8716055	92,91853	576
25	ene-16	6	4,083333	4,125	1,454545		1,1888112	5,0470588	126,1765	625
26	feb-16	3	4,166667	4,166667	0,72		1,08	2,7777778	72,22222	676
27	mar-16	7	4,166667	4,166667	1,68		1,2189474	5,7426598	155,0518	729
28	abr-16	3	4,166667	4,166667	0,72		0,7470968	4,015544	112,4352	784
29	may-16	5	4,166667	4,25	1,176471		1,1099744	4,5046083	130,6336	841
30	jun-16	3	4,333333	4,291667	0,699029		0,6191775	4,8451374	145,3541	900
31	jul-16	5	4,25				1,1705015	4,2716734	132,4219	961
32	ago-16	5					1,4045921	3,5597524	113,9121	1024
33	sep-16	2					0,7929825	2,5221239	83,23009	1089
34	oct-16	4					0,8439716	4,7394958	161,1429	1156
35	nov-16	4					0,7012297	5,7042649	199,6493	1225
36	dic-16	4					1,2914539	3,0972844	111,5022	1296
Σ	666							151,30713	2720,584	16206

(1) Tabla de datos del Pronóstico Estacional

- Después de tener estos datos ya descritos se va a colocar una casilla 2017 que es el año que se va a pronosticar y se colocan los meses del año

- En la siguiente casilla se identifica por nombre **Demanda** esta se saca con la siguiente fórmula = (B0 + (B1 * n periodo)). El **n** periodo equivale al mes en este caso seguimos con el número 37 que es Enero, Febrero es 38 y así hasta completar todos los meses del año, el cual se está pronosticando
- En la siguiente casilla se coloca el **Índice Estacional** que se obtuvo anteriormente para todo un año
- Luego se va a sacar el **Pronóstico Final** multiplicando la *demanda* por el *Índice Estacional* y ya obtendremos la cantidad de refrigeradores que se vendieron en los 12 meses del año 2017

PRONOSTICO			
2017	Demanda	INDICE ESTACIONAL	PRONOSTICO FINAL
ENERO	4,8021596	1,18881119	5,71
FEBRERO	4,89134488	1,08	5,28
MARZO	4,98053016	1,21894737	6,07
ABRIL	5,06971544	0,74709677	3,79
MAYO	5,15890072	1,10997442	5,73
JUNIO	5,248086	0,61917748	3,25
JULIO	5,33727128	1,17050147	6,25
AGOSTO	5,42645656	1,40459209	7,62
SEPTIEMBRE	5,51564184	0,79298246	4,37
OCTUBRE	5,60482712	0,84397163	4,73
NOVIEMBRE	5,69401239	0,70122971	3,99
DICIEMBRE	5,78319767	1,2914539	7,47

(2) Tabla de datos Pronóstico Estacional

9.1.2. Pronóstico por descomposición

Este pronóstico se realiza de la siguiente manera:

- Las primeras tres columnas contienen la misma información que el primer pronóstico que se hizo anteriormente, es decir la cantidad de períodos, la fecha y la demanda.
- **Promedio Móvil:** Se toman los doce primeros periodos que corresponden a un año, esto ya que vamos pronosticar el año siguiente, por lo cual equivale a 12 periodos, se suma la demanda de los períodos y se divide en 12 = (suma demanda 1 al 12 / 12) esta operación se hace en el periodo 7, en el periodo 8 se hace el mismo procedimiento pero tomando una casilla abajo, sí en el periodo 7 se toma desde el periodo 1 hasta el periodo 12 en el periodo 8 se toma desde el periodo 2 hasta el período 13 y así sucesivamente hasta llegar al periodo 36.

- **Promedio Móvil Centrado:** Se toma el resultado del Promedio Móvil desde donde se inició (periodo 7), para determinar el PMC se toma el periodo 7 y el periodo 8 se suman y se dividen en 2, para el siguiente resultado se realiza la misma operación con el periodo 8 y 9, así sucesivamente hasta llegar al final quedando el periodo 31 sin respuesta.
- **Valor de Índice Irregular:** Se toma la demanda del periodo 7 y se divide en el resultado del Promedio Móvil Centrado hasta el periodo 30 donde llegan los resultados.
- **Mes:** Meses del año que se usan como referencia.
- **Índice Estacional:** El primer mes que se toma como referencia es Enero, en los resultados del *Valor de Índice Irregular* se suman todos los resultados correspondientes a Enero y se dividen por el número de veces que este se repite en la muestra de estudio, en este caso los períodos que se tomaron fueron 13 y 25 que corresponden a enero y se dividieron en 2, se completa el año, estos resultados se implementan en los dos años siguientes
- **Índice Estacional Ajustado:** Por medio de la siguiente operación

$$= \frac{\text{resultado del periodo del } \textit{Índice Estacional} \times 12}{\text{(La suma total del } \textit{Índice Estacional})}$$

El 12 hace referencia a los doce meses que tiene un año y realizamos la sumatoria de los resultados.

Periodo	Fecha	Demanda Producto	Promedio Movil	PM Centrado	Valor de Indice Irregular	Mes	Indice Estacional	Indice Estacional Ajustado
1	ene-14	5				ENERO	1,1888112	1,17232647
2	feb-14	3				FEBRERO	1,08	1,06502412
3	mar-14	7				MARZO	1,2189474	1,20204477
4	abr-14	5				ABRIL	0,7470968	0,73673711
5	may-14	3				MAYO	1,1099744	1,0945829
6	jun-14	3				JUNIO	0,6191775	0,61059163
7	jul-14	6	4,75	4,708333	1,274336	JULIO	1,1705015	1,15427065
8	ago-14	7	4,6666667	4,791667	1,46087	AGOSTO	1,4045921	1,38511523
9	sep-14	5	4,9166667	4,75	1,052632	SEPTIEMBRE	0,7929825	0,78198652
10	oct-14	3	4,5833333	4,5	0,666667	OCTUBRE	0,8439716	0,83226865
11	nov-14	4	4,4166667	4,458333	0,897196	NOVIEMBRE	0,7012297	0,69150607
12	dic-14	6	4,5	4,458333	1,345794	DICIEMBRE	1,2914539	1,27354588
13	ene-15	4	4,4166667	4,333333	0,923077	TOTAL	12,168739	12
14	feb-15	6	4,25	4,166667	1,44			
15	mar-15	3	4,0833333	3,958333	0,757895			
16	abr-15	3	3,8333333	3,875	0,774194			
17	may-15	4	3,9166667	3,833333	1,043478			
18	jun-15	2	3,75	3,708333	0,539326			
19	jul-15	4	3,6666667	3,75	1,066667			
20	ago-15	5	3,8333333	3,708333	1,348315			
21	sep-15	2	3,5833333	3,75	0,533333			
22	oct-15	4	3,9166667	3,916667	1,021277			
23	nov-15	2	3,9166667	3,958333	0,505263			
24	dic-15	5	4	4,041667	1,237113			
25	ene-16	6	4,0833333	4,125	1,454545			
26	feb-16	3	4,1666667	4,166667	0,72			
27	mar-16	7	4,1666667	4,166667	1,68			
28	abr-16	3	4,1666667	4,166667	0,72			
29	may-16	5	4,1666667	4,25	1,176471			
30	jun-16	3	4,3333333	4,291667	0,699029			
31	jul-16	5	4,25					
32	ago-16	5						
33	sep-16	2						
34	oct-16	4						
35	nov-16	4						
36	dic-16	4						

(3) Tabla de datos de Pronóstico de Descomposición

- A continuación, se obtiene la casilla del **Coficiente** de tendencia en donde se observan dos resultados que son la *intercepción* y la *variable XI*, estos resultados se obtiene de la herramienta Análisis de Datos que se encuentra pestaña de Datos, se selecciona y se indica la función de Regresión se digitan los datos y obtenemos los siguientes resultados

RESUMEN

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	
	0,03172826
Coeficiente de determinación R ²	
	0,001006682
R ² ajustado	
	-0,02837547
Error típico	
	1,51683423
Observaciones	
	36

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,07882883	0,078828829	0,034261694	0,854251037
Residuos	34	78,2267267	2,30078608		
Total	35	78,3055556			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	4,222222222	0,51633228	8,177335403	1,5403E-09	3,172908784	5,271535661	3,172908784	5,271535661
Variable X 1	-0,0045045	0,02433563	-0,185099147	0,854251037	-0,05396046	0,044951448	-0,053960457	0,044951448

(4) Tabla de Análisis de Descomposición de Producto

- Ya teniendo las coeficientes en las siguiente casilla vamos a tener el **factor de la tendencia** realizando la siguiente fórmula = (*intersección * variable * n periodo*) cuando se habla de **n** periodo se hace referencia del periodo 1 hasta el periodo 48.
- En la siguiente casilla vamos a colocar el *Índice Estacional Ajustando* el cual ya se había obtenido en pasos anterior
- Por último está la casilla del **pronóstico final** esta se realiza = (el factor de tendencia X Índice Estacional Ajustando) periodo tras periodo hasta llegar al 48. y así se obtendrían los pronósticos de los últimos 12 períodos que equivalen a una año

Periodo	Coefficientes De Tendencia	Factor de la tendencia	Indice Estacional Ajustado	Pronostico
37	4,222222222	4,055555556	1,20926211	5
38	-0,004504505	4,05105105	1,12584055	5
39		4,04654655	1,23539329	5
40		4,04204204	0,77203087	3
41		4,03753754	1,14264543	5
42		4,03303303	0,61603493	2
43		4,02852853	1,20765436	5
44		4,02402402	1,43778975	6
45		4,01951952	0,8204842	3
46		4,01501502	0,85786141	3
47		4,01051051	0,72665731	3
48		4,00600601	0,84834578	3

(5) Tabla de Tendencias de Descomposición Estacional

9.1.3. Pronóstico Suavización Exponencial Doble

Este pronóstico se realiza de la siguiente manera:

- En la primera casilla se coloca el **Periodo**, nosotros como tomamos los últimos 3 años, lo cual corresponde a 36 periodos. Se realiza la sumatoria total
- Casilla dos, la cual se denominó **Fecha** corresponde a los meses con su respectivo año.
- En la casilla denominada **demanda Xt** se coloca la cantidad de refrigeradores que se vendieron al mes.
- para sacar alfa se realiza la siguiente operación $\alpha = 2 / (n \text{ periodos} - 1)$
- Para sacar beta se realiza la siguiente operación $\beta = \alpha^2$
- En la siguiente casilla **Pronóstico St** para el periodo 2 se va a tomar la misma demanda de ese mismo periodo ya para el periodo 3 vamos a aplicar la siguiente fórmula
$$s_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)(s_{t-1} + b_{t-1})$$
- En la siguiente casilla **Pronóstico bt** para el periodo 2 se va a restar el periodo 1 - 2, para el periodo 3 en adelante se va a realizar la siguiente fórmula
$$b_t = \beta(s_t - s_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$
- Para el **pronóstico final ft** se va a sumar el *Pronóstico St* con *Pronóstico bt* hasta el periodo 37 del periodo 38 en adelante se fija las celdas *Pronóstico St*, *Pronóstico bt* del periodo 36 y la fórmula que pronosticaba el año próximo es $= \text{Pronóstico St} + (2 * \text{Pronóstico bt})$ hasta llegar al periodo 12 que son la cantidad de períodos pronosticados

PERIODO	FECHA PERIODO	DEMANDA Xt	PRONOSTICO St	PRONOSTICO Bt	PRONOSTICO Ft
1	ene-14	5			
2	feb-14	3	3	2,000	
3	mar-14	7	5	2,013	5
4	abr-14	5	7	1,999	7
5	may-14	3	9	1,960	9
6	jun-14	3	10	1,910	11
7	jul-14	6	12	1,870	12
8	ago-14	7	13	1,827	14
9	sep-14	5	14	1,761	15
10	oct-14	3	15	1,675	16
11	nov-14	4	16	1,589	17
12	dic-14	6	17	1,510	18
13	ene-15	4	18	1,414	19
14	feb-15	6	19	1,326	19
15	mar-15	3	19	1,215	20
16	abr-15	3	19	1,103	20
17	may-15	4	19	0,996	20
18	jun-15	2	19	0,876	20
19	jul-15	4	19	0,770	20
20	ago-15	5	19	0,672	20
21	sep-15	2	19	0,555	20
22	oct-15	4	19	0,455	19
23	nov-15	2	18	0,344	19
24	dic-15	5	18	0,257	18
25	ene-16	6	17	0,179	18
26	feb-16	3	17	0,086	17
27	mar-16	7	16	0,023	17
28	abr-16	3	15	-0,063	16
29	may-16	5	15	-0,130	15
30	jun-16	3	14	-0,205	15
31	jul-16	5	13	-0,262	14
32	ago-16	5	12	-0,314	13
33	sep-16	2	12	-0,380	12
34	oct-16	4	11	-0,427	11
35	nov-16	4	10	-0,469	10
36	dic-16	4	9	-0,505	10

(6) Tabla de Suavización Exponencial Doble

$\alpha=$	0,057
$\beta=$	0,11428571

PERIODO	FECHA PERIODO	PRONOSTICO Ft
37	ene-17	8,7
38	feb-17	8,2
39	mar-17	7,7
40	abr-17	7,2
41	may-17	6,7
42	jun-17	6,2
43	jul-17	5,7
44	ago-17	5,2
45	sep-17	4,7
46	oct-17	4,2
47	nov-17	3,7
48	dic-17	3,2

(7) Tabla pronósticos de Suavización Exponencial Doble

9.2. Señal de rastreo:

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con los pronósticos y sabiendo que todo pronóstico genera errores se hace la medición de estos por medio de una señal de rastreo que permita identificar el pronóstico más cercano a la demanda real el cual debe estar ubicado en un rango normal entre -4 y 4

Las tres señales de rastreo que se realizaron corresponden a los pronósticos de Estacional, descomposición y suavización doble, se realizan de la misma manera lo único que varía son los resultados de cada pronóstico.

El procedimiento para realizar una señal de rastreo es la siguiente

- En la primera casilla colocamos el **Periodo** que en este caso son 12 periodos
- En la siguiente casilla colocamos los 12 meses del año la cual la denominamos **2017** ya que fue el año que se pronosticó
- En la siguiente casilla **Demanda de Pronósticos** se coloca el resultado de las pronósticos
- En la casilla **X*T** se realiza multiplicando $= (\text{pronóstico 1} \times \text{pronóstico 2}) / 2$ y este resultados se coloca el periodo 3, para el siguiente periodo es $= (\text{pronóstico 2} \times \text{pronóstico 3}) / 2$ y el resultado va en el periodo 4 y así hasta terminar

- En la casilla **EA** se realiza la siguiente fórmula = ABS (PRONÓSTICO - X*T), empezando desde el periodo 3 hasta el periodo 12, el ABS se realiza con el fin de que el valor quede positivo
- En la casilla Sumatoria **EA** se realiza de la siguiente manera Periodo 3 = EA período 3, para el periodo 4 = resultado de periodo 3 + EA período 4 y periodo 5 = resultado de periodo 4 + EA período 5, así hasta terminar
- Para la casilla **EN** se realiza la siguiente fórmula = (PRONÓSTICO - X*T), empezando desde el periodo 3 hasta el periodo 12
- En la casilla Sumatoria **EN** se realiza de la siguiente manera periodo 3 = EN período 3, para el periodo 4 = resultado de periodo 3 + EN período 4 y periodo 5 = resultado de periodo 4 + EN período 5, así hasta terminar
- Para la casilla **MAD** se realiza la siguiente operación Periodo 3= Sumatoria EA periodo 3 / Periodo 1, Periodo 4= Sumatoria EA periodo 4 / Periodo 2, Periodo 5= Sumatoria EA periodo 5 / Periodo 3, así hasta terminar
- Para la última casilla **TS** se realiza la siguiente operación Periodo 3= (Sumatoria EN X Sumatoria EA) / Periodo 1, Periodo 4= (Sumatoria EN X Sumatoria EA) / Periodo 2, Periodo 5= (Sumatoria EN X Sumatoria EA) / Periodo 3, así hasta terminar.

Realizando hace las siguientes tablas de Señal de Rastreo

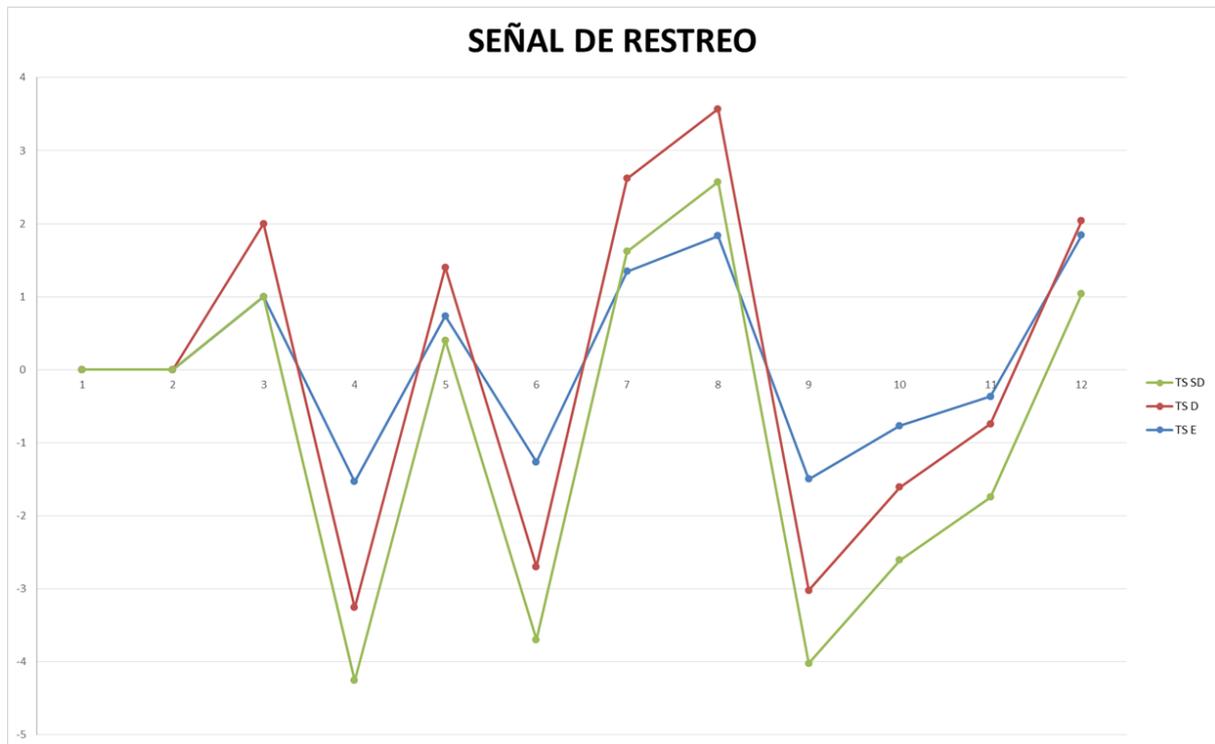
SEÑAL DE RASTREO ESTACIONAL									
Periodo	2017	pronostico de Demanda	X*t	EA	∑ EA	EN	∑ EN	MAD	TS E
1	ENERO	6							
2	FEBRERO	5							
3	MARZO	6	5,49575677	0,57524736	0,58	1	0,57524736	0,57524736	1
4	ABRIL	4	5,6768283	1,88926025	2,5	-2	-1,88926025	1,23225381	-1,53
5	MAYO	6	4,92928609	0,79696176	3,3	1	0,79696176	1,08715646	0,73
6	JUNIO	3	4,75690796	1,50741127	4,8	-2	-1,50741127	1,19222016	-1,26
7	JULIO	6	4,48787227	1,75941163	6,5	2	1,75941163	1,30565846	1,35
8	AGOSTO	8	4,7483903	2,87356764	9,4	3	2,87356764	1,56697665	1,83
9	SEPTIEMBRE	4	6,93462092	2,56081371	12,0	-3	-2,56081371	1,70895338	-1,50
10	OCTUBRE	5	5,99788257	1,26756749	13,2	-1	-1,26756749	1,65378014	-0,77
11	NOVIEMBRE	4	4,55206115	0,55925049	13,8	-1	-0,55925049	1,53216573	-0,37
12	DICIEMBRE	7	4,36156287	3,1071703	16,9	3	3,1071703	1,68966619	1,84

(8) Tabla de Señal de Rastreo Estacional

SEÑAL DE RASTREO DESCOMPASICION									
Periodo	2017	pronostico de Demanda	X ^t	EA	Σ EA	EN	Σ EN	MAD	TS D
1	ENERO	5							
2	FEBRERO	5							
3	MARZO	5	4,73253362	0,26654285	0,3	0	0,26654285	0,26654285	1,0
4	ABRIL	3	4,77995701	1,65937578	1,9	-2	-1,65937578	0,96295931	-1,7
5	MAYO	5	4,05982885	0,55364497	2,5	1	0,55364497	0,8265212	0,7
6	JUNIO	2	3,86702753	1,38253831	3,9	-1	-1,38253831	0,96552548	-1,4
7	JULIO	5	3,54898152	1,31608851	5,2	1	1,31608851	1,03563808	1,3
8	AGOSTO	6	3,67477962	2,11092088	7,3	2	2,11092088	1,21485188	1,7
9	SEPTIEMBRE	3	5,32538527	2,027433	9,3	-2	-2,027433	1,3309349	-1,5
10	OCTUBRE	3	4,54182639	1,09749996	10,4	-1	-1,09749996	1,30175553	-0,8
11	NOVIEMBRE	3	3,37113935	0,45687256	10,9	0	-0,45687256	1,20787965	-0,4
12	DICIEMBRE	3	3,17929661	0,21918167	11,1	0	0,21918167	1,10900985	0,2
SEÑAL DE RASTREO SEAVIZACIÓN DIBLE									
Periodo	2017	pronostico de Demanda	X ^t	EA	Σ EA	EN	Σ EN	MAD	TS SD
1	ENERO	9							
2	FEBRERO	8							
3	MARZO	8	8,461068	0,75749489	0,8	-1	-0,75749489	0,75749489	-1,0
4	ABRIL	7	7,95607141	0,75749489	1,5	-1	-0,75749489	0,75749489	-1,0
5	MAYO	7	7,45107482	0,75749489	2,3	-1	-0,75749489	0,75749489	-1,0
6	JUNIO	6	6,94607822	0,75749489	3,0	-1	-0,75749489	0,75749489	-1,0
7	JULIO	6	6,44108163	0,75749489	3,8	-1	-0,75749489	0,75749489	-1,0
8	AGOSTO	5	5,93608504	0,75749489	4,5	-1	-0,75749489	0,75749489	-1,0
9	SEPTIEMBRE	5	5,43108844	0,75749489	5,3	-1	-0,75749489	0,75749489	-1,0
10	OCTUBRE	4	4,92609185	0,75749489	6,1	-1	-0,75749489	0,75749489	-1,0
11	NOVIEMBRE	4	4,42109526	0,75749489	6,8	-1	-0,75749489	0,75749489	-1,0
12	DICIEMBRE	3	3,91609866	0,75749489	7,6	-1	-0,75749489	0,75749489	-1,0

(9) Tabla de Señal de Rastreo de Descomposición y Suavización Doble

Adicional a esto se realizó una gráfica para así poder concretar que pronóstico era más confiable



(1) Gráfico de Señal de Restreo

Realizando el debido análisis se determina que los pronósticos más confiables era los Pronósticos Estacionales ya que su oscilación era mucho menor a comparación de los otros dos pronósticos

9.3. Punto de equilibrio

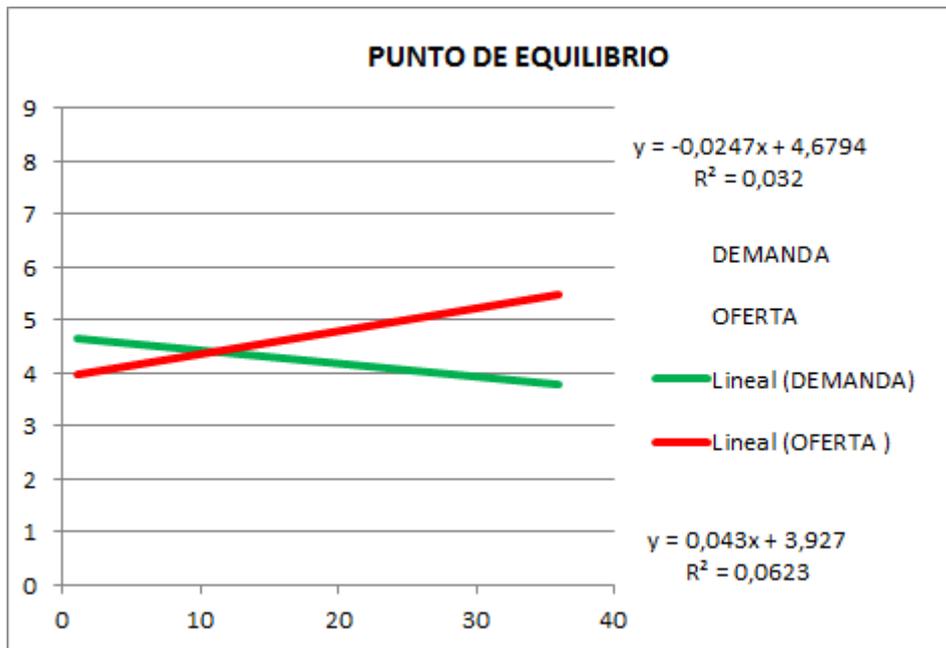
En el punto de equilibrio se relaciona la demanda con la capacidad, con el fin de establecer una cantidad de productos a vendidos para que la empresa opere sin pérdidas ni ganancias.

Para realizar el punto de equilibrio se va a colocar la **fecha**, el **periodo**, la **oferta** y **demand** estos datos son tomados de la empresa, como se observa en la siguiente tabla:

FECHA	PERIODO	OFERTA	DEMANDA
ene-14	1	4	5
feb-14	2	4	3
mar-14	3	2	7
abr-14	4	6	5
may-14	5	4	3
jun-14	6	5	3
jul-14	7	7	6
ago-14	8	7	7
sep-14	9	4	5
oct-14	10	3	3
nov-14	11	5	4
dic-14	12	7	6
ene-15	13	3	4
feb-15	14	6	6
mar-15	15	4	3
abr-15	16	2	3
may-15	17	5	4
jun-15	18	1	2
jul-15	19	5	4
ago-15	20	4	5
sep-15	21	3	2
oct-15	22	4	4
nov-15	23	1	2
dic-15	24	5	5
ene-16	25	7	6
feb-16	26	2	3
mar-16	27	7	7
abr-16	28	4	3
may-16	29	6	5
jun-16	30	5	3
jul-16	31	6	5
ago-16	32	6	5
sep-16	33	8	2
oct-16	34	7	4
nov-16	35	5	4
dic-16	36	6	4

(10) Tabla de Datos del Punto de Equilibrio

Después, se grafica la oferta y la demanda, estando en la gráfica le damos clic derecho y agregamos línea de tendencia y la formula línea esté en la gráfica



(2) Gráfico del Punto de Equilibrio

Ya teniendo las fórmulas vamos a realizar el siguiente procedimiento

PUNTO DE EQUILIBRIO	
DEMANDA	$Y = -0,0247x + 4,6794$
OFERTA	$Y = 0,043x + 3,927$
	$-0,0247x + 4,6794 = 0,043x + 3,927$ $-0,0247x - 0,043x = 3,927 - 4,6794$ $-0,0677x = -0,7524$ $X = -0,7524 / -0,0677$ $X = 11,11$ $Y = 0,043 * (11,11) + 3,927$ $Y = 0,47773 + 3,927$ $Y = 4,4$ los puntos de equilibrio son $X = 11,11$ $Y = 4,4$

(11) Tabla de Procedimiento del Punto de Equilibrio

Con este resultado estamos determinando que la empresa debe producir solamente 4 o 5 refrigeradores al mes y así no obtener mucho producto terminado en stock

9.4. MPS:

En el desarrollo de actividades a lo largo de un año se logró establecer que al final del mismo, su inventario final de producción sería 9 und, dejando así en su inventario de seguridad para 1 und.

Pasos utilizados para identificar la producción final en el periodo de un año:

- A partir de los pronósticos, se debe tener en cuenta que la cantidad de recursos a utilizar en ese periodo de tiempo sean suficientes para suplir las necesidades del mismo.

Para determinar el inventario

$$\text{Inventario} = \text{Pronostico de la demanda} - \text{Producción actual Constante}$$

MPS													
MESES													
PERIODOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ACUMULADO
PRODUCCION ACTUAL CONSTANTE	5	7	7	3	8	5	6	6	4	8	9	5	
INVENTARIO	(1)	1	2	1	3	5	5	3	3	6	11	9	9
PRONOSTICO DE DEMANDA	6	5	6	4	6	3	6	8	4	5	4	7	

(12) Tabla de Datos de MPS

- De acuerdo al inventario que se tiene, se pronostica la cantidad del producto final que debe tener cada periodo terminado para.

Para determinar el inventario de seguridad

$$\text{Inventario de Seguridad} = \text{Pronostico de la demanda} * \text{El porcentaje de}$$

MPS													
MESES													
PERIODOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ACUMULADO
PRODUCCION ACTUAL CONSTANTE	5	7	7	3	8	5	6	6	4	8	9	5	
INVENTARIO DE SEGURIDAD	17%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PRONOSTICO DE DEMANDA	6	5	6	4	6	3	6	8	4	5	4	7	

(13) Tabla de Datos del MPS

Al conocer la cantidad que se debe tener almacenada en el inventario de seguridad a partir de los pronósticos, nos asegura que en el momento de estar produciendo no se tendrán problemas acerca de materia prima.

9.5. MRP

Se utiliza esta técnica para tener un mayor control acerca de la producción y que estos se encuentren en disposición, teniendo en cuenta su tiempo de espera y sin necesidad de tener una cantidad excesiva de material, , para lograr una optimización hacia las necesidades de parte en el mes, basado en el inventario de cada una.

Inicialmente para llevar a cabo la planificación de requerimientos de material (MRP) es necesario contar con tres elementos fundamentales en este proceso: Orden de producción, BOM y Leadtime. Por medio de la orden de producción se logra identificar el número de equipos a producir.

- PASO 1

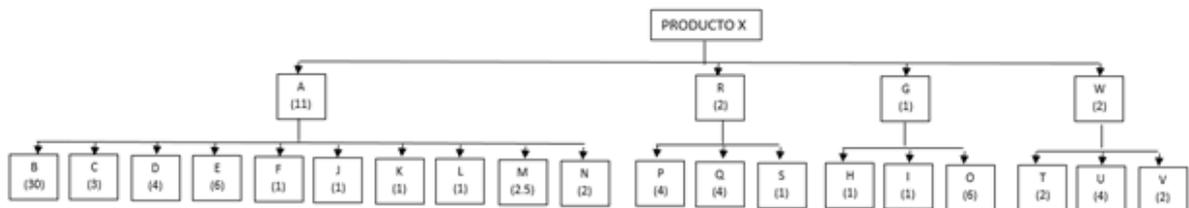
Con el **BOM** se identifica la cantidad de materia prima necesaria para la producción de cierta demanda, para ello es necesario tener un listado de materia prima que se requiere a lo largo del proceso productivo con las respectivas cantidades necesarias por unidad de producto. Inicialmente es necesario recopilar información de la siguiente forma: Los componentes para la fabricación de un equipo de refrigeración en cantidades y con unidades de medida, se identifican cada uno de los procesos de acuerdo a su estructuración y la forma como se deben ejecutar, diferenciando cuales dependen de cada uno, para identificar cuales demandas son dependientes del plan maestro de producción para el producto terminado.

COD	Material	Cant
A	Acero calibre 24x1 mt.	11
B	Tubería de cobre 5/16	30
C	Poliuretano	3
D	Rodachinas	4
E	Separador térmico	6
F	Ángulo 1/4 x 1/8	1
G	Unidad condensadora de 1/5 Hp a 110v.	1
H	Gas refrigerante R134A	1
I	Control de temperatura	1
J	Panel de vidrio de 0,90 mt x 1,5 mt.	1
K	Toma + Interruptor	1
L	Clavija con polo a tierra	1
M	Cable encauchetado de 3x16	2.5
N	Cable paralelo de 2x16	2
O	Cable vehicular calibre 18	6
P	Sujetador plástico	4
Q	Conectores de luz	4
R	Tubo fluorescente de 30 vatios	2
S	Balastro electrónico de 2x32	1
T	Empaque magnético para la puerta	2
U	Bisagra	4
V	Manija	2
W	Puerta	2

(14) Tabla de Materiales de Fabricación

○ PASO 2

Por medio de un diagrama se estructura el producto terminado, en este caso, el producto A, por medio de él se observa de que subcomponentes está compuesto el producto y a su vez se observa que subcomponente está compuesto de otro subcomponente, en este caso nuestro BOM consta de 3 niveles.



(1) Diagrama de Procedimiento

○ PASO 3

Por medio del diagrama el caso de nuestro producto consta de 3 niveles, cada ítem tiene un nivel debajo de este. En los paréntesis se indica cuántas unidades de este ítem son necesarias para hacer una unidad del producto principal (A). Teniendo en cuenta esta

información es posible determinar el número de unidades requeridas para cumplir con la demanda que se requiera.

○ PASO 4

En el caso del **LEADTIME** (Tiempo de Espera) estamos hablando del tiempo que se tarda el proveedor en entregar la materia prima que se cuenta a partir de emitida la orden de compra hasta que el material llega a la planta.

PRODUCTO	INVENTARIO	LEAD TIME
X	1	10
A	13	5
B	75	3
C	25	1
D	25	2
E	80	10
F	10	3
G	3	2
H	15	1
I	3	1
J	2	4
K	25	1
L	25	1
M	13	1
N	13	1
O	13	1
P	125	1
Q	125	1
R	5	1
S	125	1
T	2	1
U	10	1
V	5	1
W	2	3

(15) Tabla de Datos de Tiempos de Espera Por Elemento

○ PASO 5

Teniendo como base la información obtenida en el BOOM, LEADTIME y la orden emitida por el cliente el paso a seguir es la conformación de un plan de requerimientos brutos que contiene la programación maestra de la producción y un esquema que muestre la programación desfasada. Por medio de este plan se logra saber en qué momento el

material debe ser solicitado a los proveedores partiendo desde el punto que no se contara con un stock de seguridad o que fuera necesario cumplir con una orden de producción en un tiempo determinado con el objetivo de que satisfaga la demanda X ordenada por el cliente.

		DIAS EL MES INMEDIATAMENTE SIGUIENTE																				
PRODUCTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
X	Necesidades Brutas																				6	
	Entradas programadas																					
	Saldo disponible proyectado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
	Necesidades Netas																					5
	Entradas de pedidos planeados																					5
	Expedición de pedidos planeados										5											

(16) Tabla de Solicitud de Materiales

9.6. BALANCEO DE LÍNEAS

El balanceo de líneas es una herramienta para el control de la producción, la cual consiste en igualar la carga de trabajo en el proceso, identificar el cuello de botella, determinar el número de estaciones de trabajo, para de tal manera optimizar variables durante el proceso, el objetivo principal es igualar o reducir tiempos de operaciones.

En industrias Gutiérrez se trabaja con un turno de 10 horas de lunes a viernes para un tiempo total de 50 horas laboradas a la semana, cuenta con una línea de ensamble y 10 operarios de acuerdo a esto aplicamos dicha herramienta de la siguiente manera:

- Primero identificamos el número de operaciones, donde consta de nueve actividades y están distribuidas de la siguiente manera (Tabla 15)

Op.	Proceso
A	TRAZO
B	CORTE
C	DOBLADO
D	ENSAMBLE
E	INYECCION DE POLIURETANO
F	INSTALACION UNIDAD Y PARTE DE
G	TERMINACIONES (VIDRIOS, LUCES,
H	PRUEBAS TECNICAS
I	LIMPIEZA Y EMBALAJE

(17) Tabla de Movimientos

- Se realizó una toma de tiempos en 26 momentos diferentes (Tabla 16), donde se pudo identificar tiempos mínimos y máximos por cada operación. (Tabla 17)

Op.A	Op.B	Op.C	Op.D	Op.E	Op.F	Op.G	Op.H	Op.I
74	89	210	569	358	128	289	804	82
68	106	198	626	372	202	279	1283	67
86	107	223	439	372	166	251	1398	89
91	103	202	635	357	162	296	909	65
81	116	233	612	312	140	240	948	76
81	109	197	485	411	165	283	1325	72
92	114	208	580	391	149	255	1391	90
83	107	239	475	343	209	255	1376	76
89	95	200	613	343	176	260	1283	65
91	113	198	532	307	166	297	806	74
62	87	200	678	353	161	281	942	62
97	95	214	618	409	166	268	1047	60
100	118	236	638	366	188	269	733	87
93	108	190	673	337	156	261	1326	65
68	89	225	536	405	178	251	1430	61
76	88	216	550	316	192	252	946	66
86	85	199	505	358	138	283	1427	65
73	118	238	637	386	122	288	1275	81
72	107	237	644	359	208	249	1363	75
95	120	185	516	340	122	257	992	81
75	105	234	573	352	159	250	1439	75
96	112	206	493	412	165	291	1428	83
71	116	218	441	410	200	265	1167	80
85	100	240	474	379	150	248	975	69
69	105	194	660	415	128	273	1349	81
82	86	198	532	383	186	242	891	79

(18) Tabla de Tiempos por Operación

Op	T min	T Max
A	60	100
B	85	120
C	180	240
D	420	680
E	300	420
F	120	210
G	240	300
H	720	1440
I	60	90

(19) Tabla de Tiempo Min y Max por Operación

Adicional se logra determinar el promedio por operación y de esta manera determinar la tolerancia al 15%, para poder conocer el número de piezas fabricadas por hora y por día

$$\text{Promedio} = \frac{\sum \text{de tiempos por operacion}}{\text{Total de datos}}$$

$$\text{Tolerancia} = \text{Promedio} * 1,15$$

$$\text{Piezas/H} = \frac{60m}{\text{Tolerancia}}$$

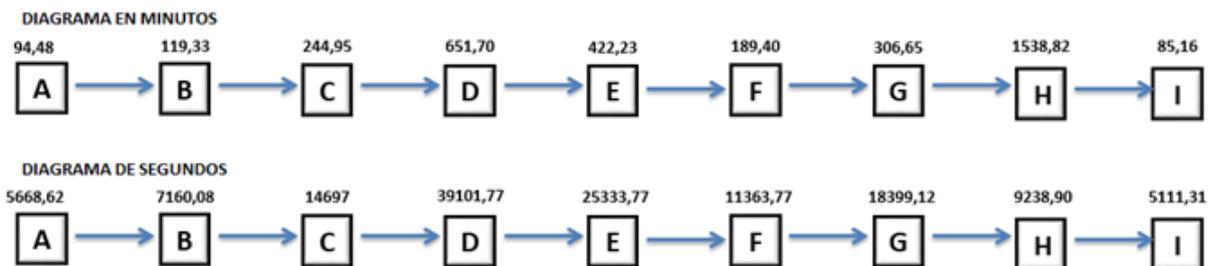
$$\text{Piezas 8h} = \text{Piezas/h} * 8h$$

Se tiene como resultado que en promedio se está fabricando 0.3 piezas, por día con un promedio de 3652,5 horas por producto

	Op.A	Op.B	Op.C	Op.D	Op.E	Op.F	Op.G	Op.H	Op.I	TOTAL
Promedio	82,2	103,8	213,0	566,7	367,2	164,7	266,7	1338,1	74,1	3176,3
Tolerancia 15%	94,5	119,3	245,0	651,7	422,2	189,4	306,7	1538,8	85,2	3652,7
Piezas/H	0,6	0,5	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,0	0,7	0,3
Piezas(8H)	5,1	4,0	2,0	0,7	1,1	2,5	1,6	0,3	5,6	

(20) Tabla de Promedio de Operación

- Se realiza el diagrama para mostrar la consecuencia de actividades y así poder enfatizar cuales son un pre-requisito y cual depende de la tarea anterior, esto para darle continuidad a la producción y poder seguir con el proceso, donde se muestra por medio de gráficos de la siguiente manera:



(2) Gráfico de Procedencias

Se puede ver claro que cada una de las actividades es procedente a la anterior donde se puede concluir lo siguiente (Tabla 19), además se han establecido tiempos de operación en horas y segundos estos tiempos se obtuvieron de la tolerancia nombrada anteriormente

Tarea	Precedencia	Tiempo M	Tiempo S
A	-	94,48	5668,62
B	A	119,33	7160,08
C	B	244,95	14697,00
D	C	651,70	39101,77
E	D	422,23	25333,62
F	E	189,40	11363,77
G	F	306,65	18399,12
H	G	1538,82	92328,90
I	H	85,19	5111,31

(21) Tabla de precedencias

Por otra parte se identifica el número de operarios que se requiere para cada tarea y el número de piezas fabricadas por hora

Actividad	T. Est	Und/H	Operarios
A	94,48	0,64	1
B	119,33	0,50	1
C	244,95	0,24	1
D	651,70	0,09	1
E	422,23	0,14	1
F	189,40	0,32	1
G	306,65	0,20	2
H	1538,82	0,04	1
I	85,19	0,70	1

(22) Tabla de Información Requerida

Luego de tener toda la información necesaria se requiere conocer el **tiempo de ciclo** donde se requiere el tiempo de producción diaria y la cantidad producida; para saber cuántas **estaciones de trabajo** se requiere debemos saber el tiempo total de las de las taras (sumatoria de Test de la tabla No 5) y el tiempo de ciclo; esta nos sirve para equilibrar el trabajo en cuestión de tiempo e identificar cuál de ellas están fuera del rango del tiempo establecido. Si el resultado me da en decimal se aproxima al número siguiente, siempre y cuando el número que se encuentre después de la coma sea mayor o igual a 5.

A Continuación se encuentran las fórmulas de apoyo

Tiempo de Ciclo

$$C = \frac{\text{Tiempo de produccion diaria}}{\text{produccion diaria}}$$

Estaciones de trabajo

$$N_t = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas (T)}}{\text{Tiempo del ciclo (TC)}}$$

9.7. GRÁFICOS X BARRA R:

“Un gráfico de control es un gráfico en el que se representa el comportamiento de un proceso anotando sus datos ordenados en el tiempo”¹⁵

El objetivo principal es detectar cambios y/o comportamientos en el proceso, esto nos sirve como una herramienta de mejora continua de calidad, encontramos diferentes tipos de gráficos para este caso vamos a hablar de las gráficas x barra r, y lo aplicamos de la siguiente manera:

- Se tomaron 9 muestras en 25 momentos diferentes

Op	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25
Op.A	74	68	86	91	81	81	92	83	89	91	62	97	100	93	68	76	86	73	72	95	75	96	71	85	69
Op.B	89	106	107	103	116	109	114	107	95	113	87	95	118	108	89	88	85	118	107	120	105	112	116	100	105
Op.C	210	198	223	202	233	197	208	239	200	198	200	214	236	190	225	216	199	238	237	185	234	206	218	240	194
Op.D	569	626	439	635	612	485	580	475	613	532	678	618	638	673	536	550	505	637	644	516	573	493	441	474	660
Op.E	358	372	372	357	312	411	391	343	343	307	353	409	366	337	405	316	358	386	359	340	352	412	410	379	415
Op.F	128	202	166	162	140	165	149	209	176	166	161	166	188	156	178	192	138	122	208	122	159	165	200	150	128
Op.G	289	279	251	296	240	283	255	255	260	297	281	268	269	261	251	252	283	288	249	257	250	291	265	248	273
Op.H	804	1283	1398	909	948	1325	1391	1376	1283	806	942	1047	733	1326	1430	946	1427	1275	1363	992	1439	1428	1167	975	1349
Op.I	82	67	89	65	76	72	90	76	65	74	62	60	87	65	61	66	65	81	75	81	75	83	80	69	81

(23) Tabla de Datos de Gráficas X barra R

- Encontrar los valores A2, D3 y D4. Los podrán encontrar en la siguiente tabla

¹⁵Juan Verdoy, P., Mateu, J., Sagasta Pellicer, S. and Sirvent Prades, R. (n.d.). *Manual de control estadístico de calidad*. 1st ed. p.111.

Constantes para Gráficos de Control																
n	A	A2	A3	c4	1/c4	B3	B4	B5	B6	d2	d3	1/d2	D1	D2	D3	D4
2	2.121	1.880	2.659	0.798	1.253	0.000	3.267	0.000	2.606	1.128	0.853	0.886	0.000	3.686	0.000	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.886	1.128	0.000	2.568	0.000	2.276	1.693	0.888	0.591	0.000	4.358	0.000	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.921	1.085	0.000	2.266	0.000	2.088	2.059	0.880	0.486	0.000	4.698	0.000	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.940	1.064	0.000	2.089	0.000	1.964	2.326	0.864	0.430	0.000	4.918	0.000	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.952	1.051	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0.395	0.000	5.079	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.959	1.042	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.370	0.205	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.965	1.036	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.351	0.388	5.307	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.969	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.337	0.547	5.394	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.973	1.028	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.325	0.686	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.975	1.025	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.315	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.978	1.023	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.307	0.923	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.979	1.021	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	0.300	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.981	1.019	0.406	1.594	0.398	1.563	3.407	0.763	0.294	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.982	1.018	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	0.288	1.203	5.740	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.983	1.017	0.448	1.552	0.440	1.527	3.532	0.750	0.283	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.985	1.016	0.466	1.534	0.459	1.510	3.588	0.744	0.279	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.985	1.015	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	0.275	1.424	5.856	0.391	1.609
19	0.688	0.187	0.698	0.986	1.014	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.733	0.271	1.489	5.889	0.404	1.596
20	0.671	0.180	0.680	0.987	1.013	0.510	1.490	0.503	1.470	3.735	0.729	0.268	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.988	1.013	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.724	0.265	1.606	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.988	1.012	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.720	0.262	1.660	5.979	0.435	1.565
23	0.626	0.162	0.633	0.989	1.011	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	0.259	1.711	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.989	1.011	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	0.257	1.759	6.032	0.452	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.990	1.010	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.708	0.254	1.805	6.056	0.459	1.541

(24) Tabla de Gráficos de Control

Constantes para gráficos de control. (2017). [image] Available at: <https://optyestadistica.wordpress.com/2008/08/27/tabla-de-constantas-para-graficos-de-control/> [Accessed 10 Nov. 2017].

Para nuestro caso son los siguientes valores

A2	0,153
D3	0,459
D4	1,541

Ahora vamos a calcular lo siguiente de la siguiente manera:

Xbarra	LCS	LC	LCI
Se calcula el promedio para cada muestra y luego se saca el promedio total	$PromedioXbarra + A2 * (PromedioXrango)$	$PromedioXbarra$	$PromedioXbarra - A2 * (PromedioXrango)$

Xrango	LCS	LC	LCI
# Max - # Min para cada una de las muestras luego se le saca el promedio	$PromedioXbarra * (D4)$	$PromedioXRango$	$PromedioXRango * D3$

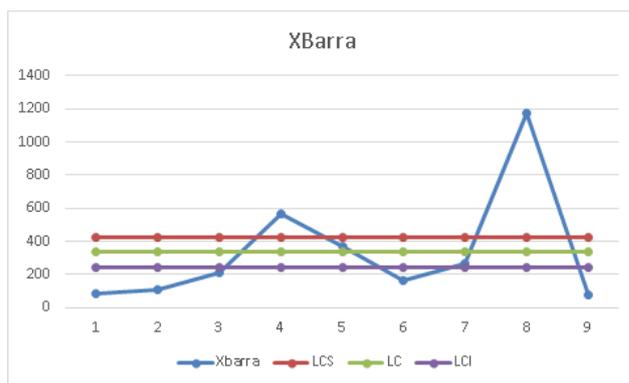
Donde tenemos los siguientes resultados

Xbarra	LCS	LC	LCI
82,16			
104,48			
213,6			
568,08			
366,52	357,9994	334,9644	311,9294
163,84			
267,64			
1174,48			
73,88			
334,9644			

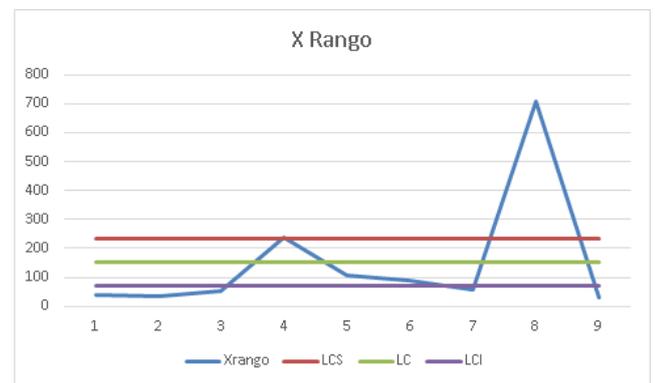
Xrango	LCS	LC	LCI
38			
35			
55			
239			
108	232,0061	150,5556	69,105
87			
57			
706			
30			
150,5556			

(25) Tabla de Datos Xbarra

(26) Tabla de Datos Xrango



(3) Grafico Xbarra



(4) Gráfico Xrango

9.8. PORCENTAJE DE CRECIMIENTO

Para este ejercicio se simuló el crecimiento teniendo en cuenta los datos de la demanda de los 3 últimos años versus la demanda pronosticada, tanto en producto como en servicio, sin embargo este porcentaje es muy alto, por lo que se calculó nuevamente teniendo en cuenta

sólo los datos de la demanda del año inmediatamente anterior y el pronóstico del próximo año, obteniendo como resultado que el crecimiento propuesto es de un 26%, cabe aclarar que esté es referente a la producción y no a la rentabilidad, lo que en términos de unidades significa que producirémos 13 unidades de refrigeradores más que los del año pasado, cantidad que sería posible de producir aplicando las mejoras propuestas en la línea de balanceo y en la implementación de un sistema de inventarios y un plan maestro de producción.

9.9. HIPOTESIS

Industrias Gutiérrez desea realizar una conjetura donde la hipótesis de interés es diferente a 1 producto fabricado con una distribución normal de media de 4 productos y una desviación estándar de 1.5 con una muestra tomada de los dos últimos 3 años (36 meses)

$H_0 = 1$

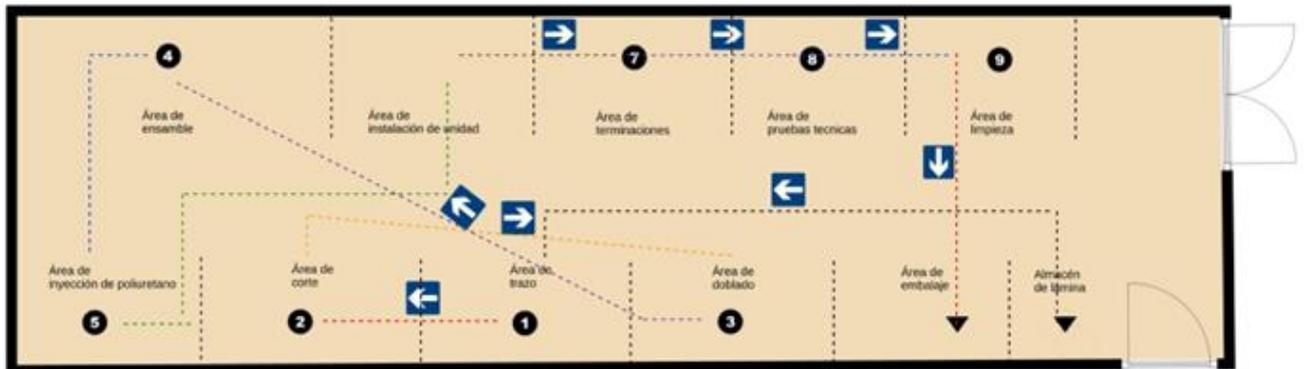
$H_i \neq 1$

Promedio	4,2
Desviación estándar	1,5
Media	4
μ	1
σ	1,5
n	3

9.10. LAYOUT

Layout o distribución de planta consiste en la ordenación física de los elementos que se encuentran en la planta, para esto es necesario conocer el lugar como espacios, medidas de la maquinaria y desplazamientos del personal. En industrias Gutiérrez cuenta con un procesos de producción en línea como se había hablado anteriormente, la distribución de la maquinaria

no es la más adecuada porque encontramos procesos donde el personal requiere devolverse y esto quiere decir que su tiempo terminación es mucho más alto, como se muestra a continuación



(2) Diagrama de Layout

Como podemos observar el las operaciones 1 y dos se encuentran alejadas a la parte de almacén, luego encontramos un retroceso en las operaciones 3 y 4 donde se está gastando más tiempo de lo establecido, de esta manera se sugiere realizar una redistribución teniendo en cuenta que el proceso 4 no se puede reubicar

9.11. KANBAN

Se realizó un análisis para la implementación de un sistema kanban que nos permita determinar la cantidad de tarjetas requeridas a lo largo del proceso. El número de tarjetas kanban que resulten en cada proceso es igual al número de contenedores de material que se deben implementar de acuerdo a las estaciones que se han designado estratégicamente. Teniendo en cuenta que la capacidad por estación es para producir solo 1 equipo. El número de tarjetas kanban a implementar por estación está determinado por:

$$k = \frac{\text{Demanda esperada durante el tiempo} + \text{Existencia de seguridad}}{\text{Tamaño del contenedor}}$$

$$= \frac{DL + (1 + S)}{C}$$

De esta forma se obtuvo que:

KANBAN DE PRODUCCION										
COD	Material	Cant	Unidad de medida	Proceso	Op.	IS	DDP	TR	k	K
H	Gas refrigerante R134A	1	LB	INSTALACION UNIDAD Y PARTE DE REFRIGERACION	F	0,17	9	1	10,53	11
I	Control de temperatura	1	EA	INSTALACION UNIDAD Y PARTE DE REFRIGERACION	F	0,17	9	1	10,53	11
N	Cable paralelo de 2x16	2	MT	INSTALACION UNIDAD Y PARTE DE REFRIGERACION	F	0,17	1,5	1	1,76	2
O	Cable vehicular calibre 18	6	MT	INSTALACION UNIDAD Y PARTE DE REFRIGERACION	F	0,17	1,5	1	1,76	2
T	Empaque magnético para la puerta	2	MT	TERMINACIONES	G	0,17	9	3	15,8	16
U	Bisagra	4	EA	TERMINACIONES	G	0,17	1,5	2	3,51	4
V	Manija	2	EA	TERMINACIONES	G	0,17	9	1	10,53	11
W	Puerta	2	EA	TERMINACIONES	G	0,17	9	1	5,265	6
D	Rodachinas	4	EA	TERMINACIONES	G	0,17	9	1	10,53	11
E	Separador térmico	6	MT	TERMINACIONES	G	0,17	9	1	10,53	11
K	Toma + Interruptor	1	EA	TERMINACIONES	G	0,17	6	1	7,02	7
L	Clavija con polo a tierra	1	EA	TERMINACIONES	G	0,17	1,5	1	1,76	2
M	Cable encauchetado de 3x16	2,5	MT	TERMINACIONES	G	0,17	1,5	1	1,76	2
P	Sujetador plástico	4	EA	TERMINACIONES	G	0,17	6	1	7,02	7
Q	Conectores de luz	4	EA	TERMINACIONES	G	0,17	9	1	10,53	11
R	Tubo fluorescente de 30 vatios	2	EA	TERMINACIONES	G	0,17	3	1	1,76	2
S	Balastro electrónico de 2x32	1	EA	TERMINACIONES	G	0,17	1,5	3	5,27	6

(27) Tabla de Datos de Producción de Kanban

Dónde:

$$\text{Tamaño del Kanban} = K \quad K = \text{DDP} * \text{TR} * (\text{DMP} + 1)$$

$$\text{Demanda Diaria Promedio} = \text{DDP}$$

$$\text{Tiempo de Reposición} = \text{TR}$$

$$\text{Demanda Media Promedio} = \text{DMP}$$

$$\text{Número de Tarjetas} = \text{NT} \quad \text{NT} = \text{DDP} * \text{TRC} * (\text{IS} + 1) / K$$

$$\text{Tiempo de Reposición de un Contenedor} = \text{TRC}$$

$$\text{Inventario de Seguridad} = \text{IS}$$

Se tuvo en cuenta los procesos en los cuales la materia prima hace parte del stock de seguridad que se debe mantener en el almacén, adicional a esto se tuvo en cuenta el costo y método de uso de cada material, teniendo en cuenta que materiales como lo son el acero, la unidad refrigeradoras y los paneles de vidrio están sujetos a las medidas y el tipo de aparato que se vaya a fabricar, por esta razón y por su alto costo no es viable almacenarlos en

contenedores kanban ya que se hace su pedido contra orden de producción y no mantienen un stock de seguridad en el almacén.

9.12. VSM

- PASO 1:

Es necesario tener en claro el producto y de que está compuesto, para ello es necesario también a su vez contar con información de los requerimientos del cliente y la frecuencia con la que se requieren.

- PASO 2:

Diagrama del estado actual del proceso que va a estar graficado específicamente por cada uno de los factores que conforman el proceso, dentro de este diagrama deben estar incluidos proveedores principales, requisitos del cliente, producción diaria, procesos, de acuerdo a los iconos que se presentan a continuación:

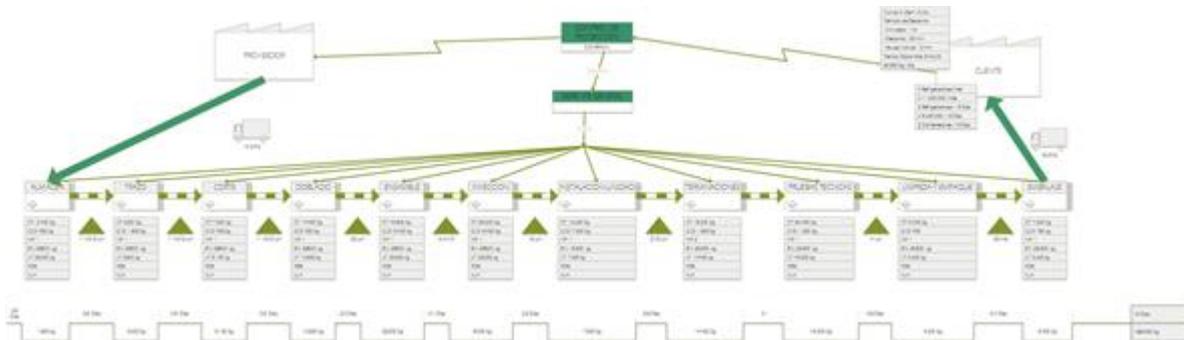


(3) Diagrama VSM

Se obtiene el diagrama que se muestra a continuación que representa la situación actual del proceso productivo de Industrias Gutiérrez.

- PASO 3:

Utilizar las flechas de comunicación para unir cada uno de los iconos del diagrama teniendo en cuenta el tipo de comunicación que se presenta en cada proceso.



(4) Diagrama Actual del VSM

En cada proceso es necesario completar la información de las cajas que incluye:

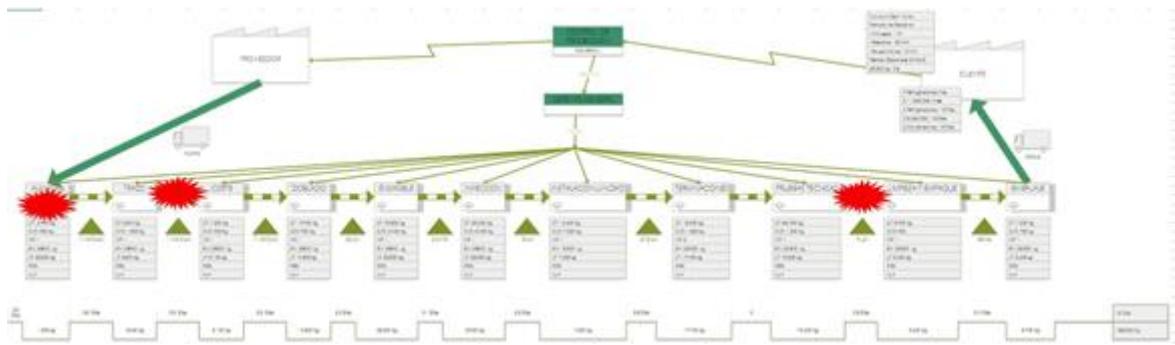
- Tiempo de ciclo (T/C).
- Tiempo de cambio de un proceso a otro (C/O).
- Cantidad de operarios inmersos en el proceso (N/P).
- Tiempo de trabajo disponible (EN)
- Tiempo de ocupación (Porcentaje)
- Tamaño de lote a producir (no aplica, pues la empresa produce bajo pedido y no por lotes).

- PASO 4:

Por último se traza la línea de tiempo que está conformada por el tiempo de producción (Días) y el tiempo del proceso (segundos).

- PASO 5:

Ya con el VSM actual terminado es posible realizar un análisis de los KAIZEN (identificar mejoras en el proceso) y de esta forma lograr crear un nuevo VSM con las mejoras que se propusieron aplicadas buscando reducir tiempos en el proceso de producción e identificar a su vez cuellos de botella.



(5) Diagrama Propuesto del VSM

En el caso de Industrias Gutiérrez se identificaron 3 Kaizen: Uno en el almacén de materia prima, otro en el proceso de trazo y corte y por último en la parte de pruebas técnicas y limpieza.

9.13. TAKT TIME

El takt time nos permite ver el tiempo de trabajo disponible para tenerlos en cuenta de acuerdo a los requerimientos del cliente, para esto se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo disponible en un turno}}{\text{Requerimientos del cliente en turno}}$$

En este caso, durante la aplicación de la fórmula es necesario tener en cuenta que los tiempos se manejan en segundos, por lo tanto: Se toma el número de horas por turno que maneja la empresa, en este caso En Industrias Gutiérrez se maneja un único turno de 10 horas, menos los tiempos muertos que en este caso se resumen en un total de 2 horas, lo que nos deja un tiempo disponible por turno así:

Demanda diaria =	5 unidades mes	0,25		
	20 dias			
Tack Time =	8 Horas dia	* 60 minutos	* 30 segundo: =	115200
	0,25 unidades dia	1 hora	1 minuto	

(28) Tabla de Datos de Takt Time

9.14. CYCLE TIME:

PASO 1: Definir cada una de las operaciones necesarias dentro del proceso.

PASO 2: Describir detalladamente cada una de las etapas de proceso de manera permita tomar el tiempo de las mismas.

PASO 3: Realizar como mínimo 10 mediciones de cada una de las etapas, para que al final me permita conocer cuál es la Moda y así determinar el tiempo de cuanto puede demorar.

PASO 4: Al conocer la cantidad requerida de material esta se divide en la demanda por día, para determinar el tiempo en días que me voy a demorar en las etapas 1- 4, las demás actividades 5 - 11 se divide en la sumatoria del dividendo de las primeras 4 etapas.

Material	Unidad de empaque recibida por el	Medida	Cant para fabricacion de refrigeradores	Unidades de medida	Cantidad	Proceso
Acero calibre 24x1 mt.	50	mt	11	MT ²	0,22	Corte -doblado-Trazo
panel vinipel	100	mt	15	MT	0,15	Empaque
carton corrugado	100	mt	10	MT	0,10	Empaque
Tuberia de cobre 5/16	30	mt	30	mt	1,00	Ensamble
Empaque magnético para la puerta 110v.	25	mt	2	MT	0,08	Ensamble
	1	unidad	1	EA	1,00	Ensamble
Bisagra	12	unidad	4	EA	0,33	Instalacion de la Unidad
Manija	6	unidad	2	EA	0,33	Instalacion de la Unidad
Puerta	2	unidad	2	EA	1,00	Instalacion de la Unidad
Cable vehicular calibre 18	50	mt	6	MT	0,12	Instalacion de la Unidad
Rodachinas	10	unidad	4	EA	0,40	Instalacion de la Unidad
Poliuretano	20	lt	3	cm ³	0,15	Inyeccion
bayetilla	6	unidad	2	EA	0,33	Limpieza y empaque
Limpiavidrios	200	cm ³	2	cm ³	0,01	Limpieza y empaque
Ángulo 1/4 x 1/8	3	mt	1	mt	0,33	Terrminaciones
Panel de vidrio de 0,90 mt x 1,5 mt.	1	unidad	1	mt ²	1,00	Terrminaciones
Gas refrigerante R134A	1	unidad	1	LB	1,00	Terrminaciones
Control de temperatura	1	unidad	1	EA	1,00	Terrminaciones
Cable paralelo de 2x16	50	mt	2	MT	0,04	Terrminaciones
Separador térmico	30	mt	6	MT	0,20	Terrminaciones
Toma + Interruptor	2	unidad	1	EA	0,50	Terrminaciones
Clavija con polo a tierra	2	unidad	1	EA	0,50	Terrminaciones
Cable encauchetado de 3x16	30	mt	2,5	MT	0,08	Terrminaciones
Sujetador plástico	10	unidad	4	EA	0,40	Terrminaciones
Conectores de luz	10	unidad	4	EA	0,40	Terrminaciones
Tubo fluorescente de 30 vatios	6	unidad	2	EA	0,33	Terrminaciones
Balastro electrónico de 2x32	10	unidad	1	EA	0,10	Terrminaciones

(29) Tabla de Datos de Requerimientos de Material

$$\frac{\text{Cantidad requerida de material}}{\text{Demanda diaria}} = \text{Duración de cada etapa del proceso}$$

LINEA DE TIEMPO EN DIAS					
#	PROCESO		=	DIAS	
1	Punto Inventario almace	0,22	=	0,88	
		0,25			
2	Trazo	0,22	=	0,88	
		0,25			
3	Corte	0,22	=	0,88	
		0,25			
4	Doblado	0,22	=	0,88	
		0,25			
5	ensamble	2,08	=	2,08	
		1,00			
6	Inyeccion	0,15	=	0,15	
		1,00			
7	Instalacion unidad	2,19	=	2,19	
		1,00			
8	Terminaciones	5,89	=	5,89	
		1,00			
10	Limpieza y embalaje	0,83	=	0,83	
		1,00			
11	Empaque	0,43	=	0,43	
		1,00			

(30) Tabla de Tiempos en Días por Proceso

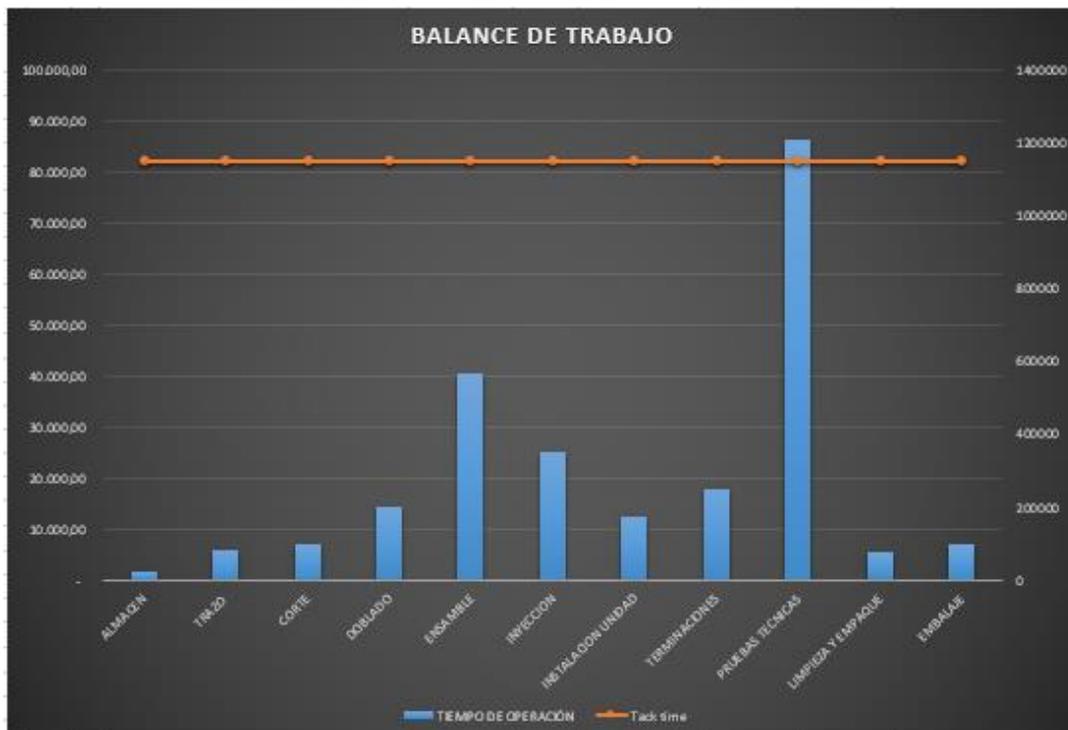
9.15. BALANCE DE TRABAJO:

PASO 1: Haber determinado el tiempo de operación en cada una de las etapas

LINEA DE TIEMPOS EN SEGUNDOS		
OPERACIÓN	NUMERO Y NOMBRE DE LA	TIEMPO DE OPERACIÓN
1	ALMACEN	1.800,00
2	TRAZO	6.000,00
3	CORTE	7.200,00
4	DOBLADO	14.400,00
5	ENSAMBLE	40.800,00
6	INYECCION	25.200,00
7	INSTALACION UNIDAD	12.600,00
8	TERMINACIONES	18.000,00
9	PRUEBAS TECNICAS	86.400,00
10	LIMPIEZA Y EMPAQUE	5.400,00
11	EMBALAJE	7.200,00
	TOTAL	225000

(31) Tabla de Tiempos en Segundos por Operación

PASO 2: Realizar una gráfica que me permita observar el comportamiento de tiempos para determinar cuál es el mayor y tomar decisiones acerca de si es la correcta distribución en cada una de las operaciones, de lo contrario buscar la mejor manera de equilibrarlos.



(5) Gráfico de Balance de Trabajo

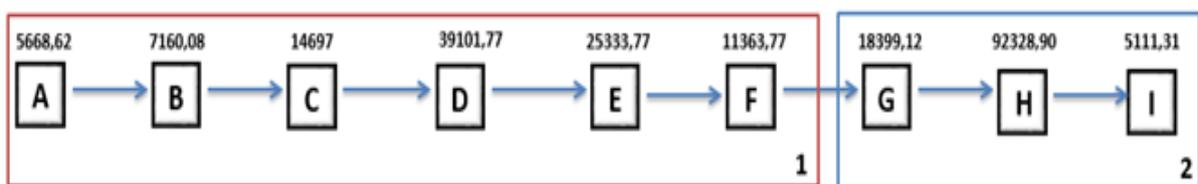
PASO 3: Analizar cuál de estos es el mayor y buscar de alguna manera la reducción del mismo o mitigarlo por completo y que cada una de las operaciones tenga la misma carga de trabajo.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Realizando la señal de rastreo se identificó que el pronóstico que más se acercaba a la demanda real era el pronóstico estacional, ya que sus límites se encuentran entre -1.8 y 2.0 para producto, y en el servicio entre -1 y 2.7.
- En los modelos de producción MPS se trabajó la demanda del año 2016 y se estableció una mejora del stock de seguridad de inventarios con el que no se contaba anteriormente, determinando un porcentaje del 17% para satisfacer la demanda. Por medio del MPR se organizó la actividad de solicitud de materiales con el fin de que este hecho no genere demoras en el proceso resaltando materia prima fundamental como el acero, los paneles de vidrio y el poliuretano debido al Lead Time de estos productos.

- Balanceo de líneas:**

Con el balanceo de líneas se concluye que dicho proceso se debe dividir en 2 estaciones con un tiempo aproximado de 115200 segundos (Tiempo de ciclo) cada una y de esta manera se está optimizando el tiempo a 161244 segundos, lo que da una diferencia de 965 minutos de mejora en el proceso para una producción de 5 neveras al mes.



(6) Gráfico de Estaciones de Trabajo

Este balanceo de líneas también permitió identificar muerto de 11235 segundos, lo cual está representado en: Idas al baño, almuerzo, refrigerio pausas activas, desplazamientos en cambios de operación, entre otras; De acuerdo a esto se puede observar un retraso en la producción de 3% pero con una eficiencia de 95% y un índice de producción de $8,68056E-06$ estos valores se toman teniendo en cuenta que el proceso de producción es largo.

Tiempos muertos

$$TM = (K \cdot C) - \text{Sumatoria del tiempo total}$$

$$TM = 11235,83 \text{ Segundos}$$

Retraso de balance

$$RB = \frac{TM}{K \cdot C} \quad 3\%$$

Índice de producción

$$IP = \frac{\text{Demanda}}{\text{Tiempo disponible}} \quad 8,6806E-06$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{T}{N_e \cdot C} \quad 95\%$$

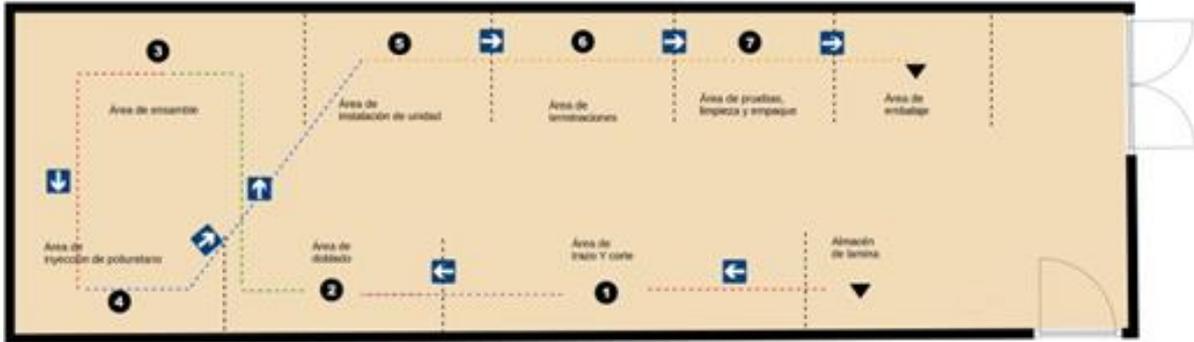
- Por medio del punto de equilibrio se puede establecer que se deben producir como mínimo 4 productos.
- Graficas X R: Para llevar a cabo un control estadístico se tomó como muestra los cuatro procesos principales durante la primera parte de producción de un refrigerador como lo son: Trazo, Corte, Doblado y Ensamble, que es básicamente la construcción de la estructura del equipo.; Teniendo en cuenta los tiempos que se manejan en cada proceso fue posible lograr un control estadístico por medio de los gráficos X R donde se pudo comprobar que el único proceso que se encuentra actualmente bajo control estadístico es el proceso de corte debido a que no tiene patrón de inestabilidad; en cambio, los otros tres procesos si presentan patrón de inestabilidad por lo tanto están fuera de control estadístico
- Para la prueba de hipótesis tomamos el pronóstico del último año de acuerdo al punto de crecimiento, este nos arroja como resultado que H_0 se rechaza ya que nos está dando un resultado de 5.7 esto nos quiere decir que está afuera de los rangos establecidos
- Teniendo en cuenta que los procesos están compuestas por actividades y a su vez estas por tareas, se realizó el diagrama de operaciones, cuyo resultado arrojó 72 tareas actualmente realizadas en 11 procesos por 10 operarios, con el ciclo de tiempo descrito en el vsm, de acuerdo a las modificaciones en el layout y el vsm se nota una reducción de tiempos y 8 tareas.
- En la compañía no se maneja el sistema de kanban, lo que genera tiempos muertos por falta de inventario en las diferentes estaciones, la propuesta con este sistema es producir de acuerdo a la demanda del cliente de forma que se tenga la materia prima exacta en el

momento requerido, para lograrlo es necesario tener en cuenta el stock de seguridad planteado en el mps (17%), y la capacidad de contenedor que es de 1 nevera en él, lo que contribuiría en el mejoramiento del nivel inventario en cada estación.

- Los resultados obtenidos al realizar el vsm en cuanto a las posibles mejoras fueron de 3 kaizen.

- Almacén: Los tiempos manejados en la actualidad en la entrega de materia prima por el almacén aumentan debido a que no se cuenta con un inventario de seguridad de algunos elementos, lo que ocasiona un cuello de botella al incrementar los tiempos de espera en esta operación para lo cual se propuso llevar a cabo una proyección teniendo en cuenta el análisis realizado anteriormente por medio de un MPS cuya propuesta es tener un Stock de seguridad de acuerdo a la demanda pronosticada mensualmente.
- Unión de proceso de Trazo y corte: Con el fin de disminuir procesos durante el traslado de las piezas desde un área a la otra se busca unificar estos dos procesos teniendo en cuenta que las piezas trazadas están directamente relacionadas con la siguiente operación y se puede optimizar tiempos y desplazamientos.
- Unión de proceso “pruebas técnicas” y “Limpieza y empaque”: Este al igual que El Kaizen 2 en el que también se llevó a cabo la unificación de dos procesos se tiene en cuenta que al no poder disminuir el tiempo que duran las pruebas técnicas pero que durante esta operación el equipo no se encuentra en movimiento y es posible ir trabajando en otra operación como lo es en este caso la limpieza y el embalaje con el fin de disminuir este tiempo e incluirlo dentro del tiempo de la operación de pruebas técnicas.

- La compañía maneja un sistema de producción en línea que demanda tener una distribución en planta que no interfiera con el desplazamiento de los operarios en términos de tiempo y distancia. Se evidencio que actualmente su distribución no es la adecuada ya que 4 de los procesos generan desplazamientos largos que requieren que los empleados atraviesen más de una estación de trabajo para llegar a su destino, con el fin de mejorar la eficiencia de la producción se realizó una propuesta de redistribución donde se unifican operaciones, su desplazamiento es lineal lo que produce una mejora de tiempo en el proceso, y comodidad para los empleados.



(2) Diagrama de Layout

• En el balance de trabajo se evidencia que el cuello de botella se encuentra en el proceso de pruebas técnicas, los demás procesos están muy por debajo del takt time lo que demuestra que la distribución de tiempo no es la más adecuada, teniendo en cuenta que el tiempo de espera que se debe tener para la realización de esta operación está establecido en un parámetro de 24h y no es modificable, se puede tomar como alternativa realizar simultáneamente la operación de limpieza y de esta manera equilibrar los tiempos de operación.



(5) Gráfico de Balance de Trabajo

12. CONCLUSIONES

- Este proyecto tuvo como fin generar un impacto en la empresa Industrias Gutiérrez donde se logra evidenciar el mejoramiento que se obtuvo, a través de los diferentes modelos matemáticos realizados.
- En vista de la problemática que se está presentado con respecto a la distribución en planta se decidió llevar a cabo una reorganización de esta misma por medio del layout y se visualizó que el tiempo y la distancia de traslado es mucho menor con respecto al que se tenía con esto estamos mejorando los tiempos dentro del proceso productivo
- se ha implementado herramientas que han permitido generar mayor rendimiento en la línea productiva generando de igual manera mayor rentabilidad en la empresa perdiendo así los tiempos muertos desplazamientos innecesarios

13. BIBLIOGRAFÍA

- Política de Desarrollo Productivo para Colombia. (2017). [ebook] Bogota, D.C.: Zetta Comunicadores. Available at: <https://compite.com.co/wp-content/uploads/2016/06/Pol%C3%ADtica-de-Desarrollo-Productivo-1.pdf> [Accessed 29 Sep. 2017].
- Compras e Inventarios "Pronósticos". (2017). [PDF] Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Unidad IV. Hidalgo.
- Anaya Tejero, J. (1998). La Gestión operativa de la empresa. Madrid: ESIC.
- Meyers, F., Stephens, M. and Enríquez Brito, J. (2006). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. México [etc.]: Pearson Educación.
- Principios de administración de operaciones. (2011). Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Metodología de la Investigación. (2005). 2nd ed. México: Limusa Noriega.
- Metodología de la Investigación en Ciencias de la Salud. (2017). 1st ed. Colombia: Universidad cooperativa de Colombia.
- Malhotra, N. (2010). Investigación de mercados. México: Pearson Educación.
- Cook, T., Reichardt, C. and Solana, G. (2005). Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa. Madrid (España): Morata.
- file:///C:/Users/GUTIERREZ/Downloads/Administracion_de_Operaciones_-_Completo.pdf

- Sipper, D. and Bulfin Jr, R. (2011). Planeación y control de la producción. McGraw-Hill Interamericana.
- Chase, R. (n.d.). Administración de operaciones, Producción y cadena de suministro. 12th ed. Mexico: Mc Graw Hill.
- a: Meyers, F. (1999). Estudios de tiempos y movimientos. México.: Pearson Educación.