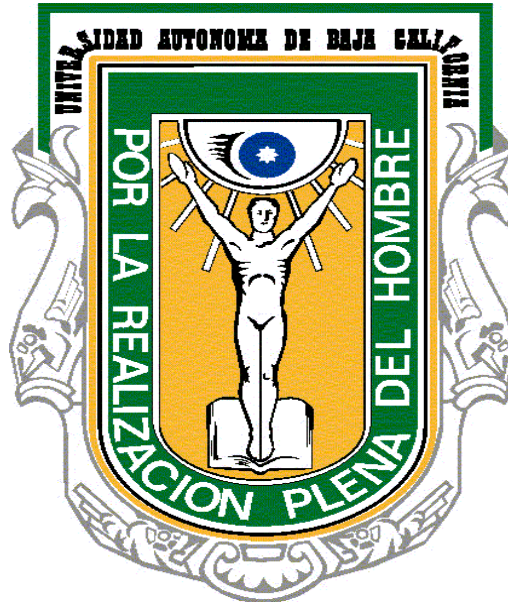


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS**



**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA**

TEMA:

“Aplicación de la metodología DMAIC en el área de pre-expansión para la optimización de la materia prima en *Insulit 32 kg m<sup>3</sup>* en la empresa FANOSA planta de Tijuana B.C.”

Tesis

Que presenta para obtener el grado de MAESTRO EN INGENIERÍA.

**ISRAEL FIGUEROA ZAZUETA**

Bajo la dirección de:

**M.C.A. VELIA VERÓNICA FERREIRO MARTÍNEZ**

Codirección:

**M. I. EDITH MONTIEL AYALA**

**TECATE, B.C.**

**Diciembre de 2011**

# HOJA VERDE

## **DEDICATORIA**

No escribiré palabras de más, no diré lo que no es necesario decir, dedico simplemente esta investigación a mi madre y a mi familia, a ellos que con su apoyo y cariño incondicional han formado a este hombre enredado, a ella que con su compañía me ha enseñado a transitar los caminos difíciles y al voltear tiempo después, darme cuenta que lo complicado dejó de serlo cuando se caminaba a su lado.

## **RECONOCIMIENTOS**

Aprovecho este espacio para agradecer el apoyo incondicional y profesional que recibí por parte del cuerpo docente de Posgrado de la Universidad Autónoma de Baja California en la Facultad de Ingeniería y Negocios en Tecate B. C., siempre con un apoyo ético y seguro en búsqueda del conocimiento.

De igual forma mi reconocimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por su apoyo inicial a la investigación y por ese empuje que significó para el desarrollo de este trabajo. Apoyos de este tipo fomentan y promueven la independencia educativa y tecnológica en búsqueda del México que todos queremos ver.

**RESUMEN** de la Tesis de Israel Figueroa Zazueta, presentada como requisito parcial para la obtención de grado de MAESTRO EN INGENIERÍA. Tijuana, Baja California, México. Septiembre de 2011.

“Aplicación de la metodología DMAIC en el área de pre expansión para la optimización de la materia prima en *Insulit 32 kg m<sup>3</sup>* en la empresa FANOSA planta de Tijuana B.C.”

Aprobado por:

---

M.C.A. VELIA VERÓNICA FERREIRO MARTÍNEZ  
Director de Tesis

Las distintas metodologías existentes en la actualidad permiten a los investigadores de los procesos de producción la opción de caminos distintos a los que habitualmente siguen al encontrarse ante un obstáculo o problema, todas estas metodologías serán inútiles si estas no se acompañan de un seguimiento constante de la información en el momento adecuado, los gráficos de control deben y tienen que ser una herramienta visual para los ajustes en los procesos, se convierte en un desperdicio desde un punto de vista de valor agregado si se destina tiempo y esfuerzo en llenarlas de datos o información del proceso y estas no se analizan correctamente por los equipos del trabajo, el esfuerzo y tiempo de otra parte del equipo habrá sido en vano. Tras haber realizado este estudio queda demostrado que la densidad de los productos en  $32 \text{ kg m}^3$  es controlable, ajustable y por consecuencia predecible, con un porcentaje menor al 10% como se encuentra definido actualmente en el mercado de la compra venta del material, se puede concluir que las densidades pueden ser predecibles en otras categorías y que de igual forma serian controlables si estas se miden adecuadamente.

**ABSTRACT** of Israel Figueroa Zazueta Thesis presented as partial requirement for obtaining a MASTER IN ENGINEERING. Tijuana, Baja California, México. In December 2011.

“Application of the DMAIC methodology in the area of pre expansion for the optimization of the virgin material at Insulite 32  $kg\ m^3$  in the company Fanosa at Tijuana B.C. plant”

Approved by:

---

M.C.A. VELIA VERÓNICA FERREIRO MARTÍNEZ  
Thesis Advisor

The different methodologies now allow researchers to production processes the option of roads other than those usually follow when faced with an obstacle or problem, all these methods are useless if they are not accompanied by a continuous monitoring of the information at the right time, control charts should and must be a visual tool for process adjustments, becomes a waste from a viewpoint of added value when put time and effort in filling data or information from the process and these are not parsed correctly by the teams of work, effort and time on the other hand have been in vain .

After having performed this study is shown that the density of the products in 32  $kg\ m^3$  is controllable, adjustable and therefore predictable, with a percentage less than 10% is currently defined in the market for sale material, it can be concluded that the densities can be predicted in other categories and that similarly would be controllable if these are measured properly.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN</b>	12
1.1 Antecedentes	12
1.2 Planteamiento del problema	12
1.3 Justificación	13
1.4 Viabilidad	13
1.5 Aportación	14
1.6 Objetivos Generales	14
1.7 Objetivos Específicos	14
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b>	15
2.1 Antecedentes del Poliestireno	15
2.2 Historia	15
2.3 Propiedades Físicas	17
2.4 Proceso de Corte y Moldeo del Poliestireno Pre-Expandido	20
2.5 Proceso de Pre-Expansión	20
2.6 Reposo de la Perla o estabilización	20
2.7 Expansión final – Moldeo	20
2.8 Densidades de los Materiales	21
2.9 Productividad en las empresas	21
2.9.1 Definición de Productividad	21
2.9.2 Factores que afectan a la productividad	22
2.10 Metodologías y su importancia en la mejora de los procesos	25
2.11 Control estadístico del proceso (CEP)	26
2.12 Definición	27
2.13 Seis Sigma	27
2.14 Definición de Seis Sigma	28
2.15 Análisis de la Repetitividad y Reproducibilidad	32

2.16 Capacidad de Proceso	33
2.17 Diagrama de Ishikawa	33
2.18 Técnica de los Cuatro Cuales	33
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA</b>	<b>34</b>
3.1 Hipótesis de Investigación	34
3.2 Hipótesis Nula	34
3.3 Hipótesis Alternativa	34
3.4 Método de Investigación	34
3.5 Características de la unidad de estudio	34
3.6 Estructura física	34
3.7 Estructura Organizacional	35
<b>CAPÍTULO IV IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DMAIC</b>	<b>36</b>
4.1 Etapa 1 – Definición del proyecto	36
4.1.1 Descripción general del problema	36
4.1.2 Diagrama de Recorrido del Proceso de Producción	37
4.1.3 Diagrama Visual del Proceso	39
4.1.4 Descripción General del Proceso en el área de pre expansión	39
4.1.5 Selección de variables críticas de calidad	45
4.1.6 Selección de variables críticas de calidad	47
4.1.7 Definición del problema (Etapa)	47
4.2 Etapa 2 – Medición de la situación actual	48
4.2.1 Estudio de repetitividad y reproducibilidad	48
4.2.2 Estudio de capacidad y estabilidad para las variables críticas de calidad	49
4.2.3 Capacidad del Proceso	55
4.3 Etapa 3 - Análisis de la situación	55
4.3.1 Diagrama de Ishikawa en búsqueda de causa raíz del problema	57
4.3.2 Tabulador para definir Vitales de Triviales en Ishikawa	58

4.4 Etapa 4 Mejoramiento de las VCC (variables críticas de calidad)	59
4.4.1 Matriz de prioridades para elegir mejor acción de solución	60
4.4.2 Aplicación de acciones de solución	63
4.5 Etapa 5 – Control de mejora efectuada	75
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES GENERALES</b>	77
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	80
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	82
<b>ANEXOS</b>	86
Anexo 1, Datos de densidades 2009 por mes	87
Anexo 2, Ayuda visual 1ra acción de solución	90
Anexo 3.- Organigrama organizacional	93
Anexo 4.-Estudio de repetitividad y reproducibilidad	94
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
4.1 Diagrama del proceso de producción de Poliestireno pre expandido	38
4.2 Pizarrón FIFO de secuencia de materia prima	40
4.3 Crecimiento de la Perla	41
4.4 Acción del Pentano en la Perla	41
4.5 Diagrama de Flujo del área de Moldeo	43
4.6 Diagrama de Flujo del área de Corte	43
4.7 Traducción voz del cliente a voz del proceso	45
4.8 Diagrama de Ishikawa	57
4.9 Bascula de Pre expansión	62
4.10 1ra Acción de Solución - Ayuda visual	64
4.11 Instrucción de Trabajo JP-7.5.1-IT-001H	64
4.12 Bascula de Pre expansión	65
4.13 Pesas patrón	65
4.14 Diagrama de Flujo proceso de calibración – verificación	65

4.15 Instrucción de Trabajo de Calibración de Basculas	66
4.16 Pizarrón Estadístico en Pre expansión	67
4.17 Estación de captura estadística en el área	68
4.18 Información en análisis estadístico	68
4.19 Nuevo Diagrama de Flujo área de pre expansión	76

## **ÍNDICE DE TABLAS**

2.1 Descripción de Metodología DMAIC	28
4.1 Tabulador de ideas – voz del cliente	47
4.2 Tabla de definición de VCC (variables críticas de calidad)	47
4.3 Técnica de los 4 cuales para obtener primera definición del problema	48
4.4 Tabulador de causas vitales y triviales	58
4.5 Tabla de Acciones de solución propuestas	59
4.6 Tabla matriz de Acciones de solución propuestas	60
4.7 Matriz de criterios para opciones de solución	61
4.8 Capacidad de Proceso Densidad Febrero 2010	69
4.9 Capacidad de Proceso Densidad Abril 2010	70
4.10 Capacidad de Proceso Densidad Junio 2010	71
4.11 Capacidad de Proceso Densidad Julio 2010	72
4.12 Capacidad de Proceso Densidad Octubre 2010	73
4.13 Capacidad de Proceso Densidad Diciembre 2010	74
5.1 Conclusión Densidades en análisis estadístico 2010	78

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

4.1 Densidad 32 Kg/m <sup>3</sup> en ejercicio 2009	37
4.2 Densidad 32 vs Ejercicio 2009	50
4.3 Comportamiento de densidades en el mes de enero 2009 –32	51
4.4 Comportamiento de densidades en el mes de febrero 2009 –32	51
4.5 Comportamiento de densidades en el mes de marzo 2009 –32	51

4.6 Comportamiento de densidades en el mes de abril 2009 –32	52
4.7 Comportamiento de densidades en el mes de mayo 2009 –32	52
4.8 Comportamiento de densidades en el mes de junio 2009 –32	52
4.9 Comportamiento de densidades en el mes de julio 2009 –32	53
4.10 Comportamiento de densidades en el mes de agosto 2009 –32	53
4.11 Comportamiento de densidades en el mes de septiembre 2009 –32	53
4.12 Comportamiento de densidades en el mes de octubre 2009 –32	54
4.13 Comportamiento de densidades en el mes de noviembre 2009 –32	54
4.14 Comportamiento de densidades en el mes de diciembre 2009 –32	54
4.15 Capacidad del Proceso o desempeño del proceso en el periodo 2009	55
4.16 Capacidad de Proceso Densidad Febrero 2010	69
4.17 Capacidad de Proceso Densidad Abril 2010	70
4.18 Capacidad de Proceso Densidad junio 2010	71
4.19 Capacidad de Proceso Densidad Julio 2010	72
4.20 Capacidad de Proceso Densidad Octubre 2010	73
4.21 Capacidad de Proceso Densidad Diciembre 2010	74
5.1 Capacidad de Proceso Densidad Año 2010	78
5.2 Comparativo Densidad obtenida Año 2009 vs Año 2010	79
5.3 Gráfico de caja y bigotes Año 2009 vs Año 2010	79

# CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

El Mejoramiento Continuo de los Procesos es la opción única y viable para que las empresas logren mantenerse en un ambiente de clase mundial donde las oportunidades cada vez son menores y la posibilidad de ofrecer productos con calidad aceptable y con un precio competitivo son pocas.

Actualmente la empresa FANOSA SA de CV se encuentra con un enfoque de mejoramiento constante y continuo de la operación, es comprensible que el precio de venta de un producto es el resultado del costo de fabricar un producto más el margen lógico y objetivo de cualquier negocio o empresa que espera obtener, cuando llega un competidor y ofrece el mismo producto con una calidad similar y a un precio menor los clientes al igual que el proveedor buscan encontrar un balance entre el costo de compra y funcionalidad de lo comprado, si esa funcionalidad se presenta, el cliente ya habrá encontrado a un nuevo proveedor. [1] [32]

Ante esta perspectiva actual de las empresas, propia de los tiempos agresivos en cuanto a la pérdida y recuperación de clientes, la reducción de los costos de operación a través del mejoramiento continuo se volvió una necesidad para mantenerse en el negocio, ¿Qué tengo que hacer para producir lo mismo, pero que cueste menos fabricarlo? ¿Es posible optimizar el material virgen en las distintas densidades? ¿La manera de hacer las cosas es la mejor? ¿Se puede reutilizar el material? Preguntas de este tipo se convirtieron en un modo de operar para subsistir como empresa. El que no se adapta sucumbe. [8]

## 1.2 Planteamiento del problema

Hoy en día la industria transformadora del país cuenta con empresas de las cuales un alto porcentaje se inscribe en las micros y pequeñas, enfrentando un problema con la competitividad reflejado en el detrimento de la participación en mercados nacionales, exportaciones y un acelerado crecimiento de importaciones de productos terminados. La falta de visión renovadora para actualizar y desarrollar a las empresas, motiva a explorar algunas posibilidades para que la industria de transformación se consolide como uno de los bastiones de la economía nacional, con una cultura de competitividad global en el marco de la calidad total. Gracias a la globalización siempre existirán oportunidades en recursos humanos,

tecnología, capital, información y productos que pueden mover libremente a través de límites internacionales, minimizando de esta forma diferencia en precios. Es necesario aceptar que la mejor forma de progresar es no ser pasivos, se deberá de trabajar en ingeniería de planta, automatización, productividad, innovación y desarrollo de productos, esto se logra con investigación, capacitación y orientación profesional. [10]

Este estudio tiene la finalidad de buscar ese ahorro en los costos de operación de los productos, mediante el análisis del proceso de pre expansión de perla de 2.0 libras (32  $kg\ m^3$ ), con la metodología DMAIC (acrónimo por sus siglas en inglés *Define, Measurement, Analyze, Improve y Control*) se buscará mejorar la optimización de la materia prima en densidad mencionada, moldear productos con una misma calidad, trabajando dentro de especificaciones. [27]

### **1.3 Justificación**

A través de la optimización de la materia prima mediante el control de densidades se fabricarán productos dentro de especificaciones, cumpliendo de esta forma con los requerimientos de calidad en cuanto a la densidad buscada con un costo menor de fabricación. El asegurar un correcto control de densidades en los procesos de pre expansión del Poliestireno es una necesidad, lograrlo es un reto y la relevancia a obtener será grande e importante, la aplicación del control estadístico del proceso es necesaria en los procesos en los cuales la variación es mayor, este trabajo de investigación servirá para plantear y documentar la aplicación de la metodología DMAIC al proceso mencionado, con herramientas estadísticas y midiendo al proceso muy de cerca para lograr una optimización, se dejara información valiosa de los ahorros obtenidos al mantener un proceso con variaciones mínimas, la investigación servirá por sí sola como un medio de comprobación de la optimización del material virgen.

### **1.4 Viabilidad**

Se dispone de equipo y maquinaria instalada confiable en cuanto al desempeño y productividad se refiere, actualmente el sistema de calidad de la empresa está certificado bajo la norma ISO 9001-2008, asegurando de esta forma que los instrumentos de medición a utilizar en la investigación propuesta se encuentren en estados adecuados, con revisiones constantes mediante un plan de calibración variable, todas las mediciones de los cálculos de

optimización y control que intervengan serán obtenidas del sistema de producción interno ORACLE asegurando de esta forma una confiable información en los procesos de producción y pre expansión.

## **1.5 Aportación**

Optimizar a través metodología integradora DMAIC la utilización de materia prima en el proceso de pre expansión, demostrando a través de este ejercicio de investigación la optimización y eficiencia que se puede lograr, se aportara una investigación que pondrá en práctica los conceptos de mejora continua, de control estadístico de los procesos, se documentara un proceso del cual se tiene poca información e investigación, se aplicara y demostrara lo que el control estadístico significa en un proceso, se minimizará la cantidad de Poliestireno en *Insulit 32 kg m<sup>3</sup>* en el medio ambiente en cuanto a densidad se refiere al fabricar productos funcionales de acuerdo a requerimientos del cliente y con menor utilización de Perla Virgen.

## **1.6 Objetivos Generales**

Aplicación de la metodología DMAIC en el área de pre expansión para maximizar la optimización de la materia prima en *Insulit 32 kg/m<sup>3</sup>* en la empresa FANOSA SA de CV.

## **1.7 Objetivos Específicos**

- Mejorar el proceso de pre expansión
- Aplicar control estadístico al proceso investigado
- Analizar densidades de producto terminado
- Mejorar la productividad de la organización

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes del Poliestireno**

El EPS (Expandable Polystyrene o Poliestireno Expandible) es un polímero en forma de perlas esféricas, que se obtiene a partir del estireno y un agente de expansión llamado pentano (gas). Este polímero, después de pasar por los procesos de pre expansión, reposo y moldeo, se convierte en los productos de Poliestireno expandido que se aplican en la construcción, embalaje de productos, y moldeo de piezas entre otros. El Poliestireno expansible es un material dúctil y rígido construido de una doble micro estructura en el interior de un entramado de tipo nido de abeja (este espacio es aire, razón principal por la cual posee tan importantes características de aislamiento térmico, posee capacidad de amortiguamiento, es decir, permite absorber la energía producida por golpes y vibraciones y por lo mismo cuenta con buenas propiedades de aislamiento térmico y acústico. Los productos de EPS se caracterizan por ser extraordinariamente ligeros y resistentes. [18]

### **2.2 Historia**

De acuerdo a la información publicada por la ANIQ (asociación nacional de la industria química en México) publica en su página web en marzo del 2007 que la industria del plástico es una industria joven que en el año 2010 cumplió 104 años de edad. Los primeros 50 años correspondieron a la investigación y la implementación de los descubrimientos realizados, los siguientes veinte años en la difusión de información y aprovechamiento de ellos y los últimos años en optimizar el uso de los mismos. [39]

La investigación de estos materiales inició desde 1830, cuando la investigación pura conduce a muchos científicos a la síntesis de materias primas, que después serán aprovechadas en la elaboración de diferentes plásticos.

A diferencia de materiales existentes en la naturaleza como, la madera y la piel de animales, que han sido utilizadas desde el origen de la humanidad; vidrio y metal que registran su uso en las primeras civilizaciones; el plástico, es el primer material sintético, creado por el hombre.

Antes de la aparición del primer plástico sintético, el hombre ya utilizaba algunas resinas naturales. Los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivaron a los

químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. En la década del 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que nombraron polietileno (PE). Hacia los años 50 aparece el polipropileno (PP).

Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el cloruro de polivinilo (PVC), un plástico duro y resistente al fuego, especialmente adecuado para cañerías de todo tipo. Al agregarles diversos aditivos se logra un material más blando, sustitutivo del caucho, comúnmente usado para ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes. Un plástico parecido al PVC es el politetrafluoretileno (PTFE), conocido popularmente como teflón y usado para rodillos y sartenes antiadherentes.

Otro de los plásticos desarrollados en los años 30 en Alemania fue el Poliestireno (PS), un material muy transparente comúnmente utilizado para vasos. El Poliestireno expandido (EPS), una espuma blanca y rígida, es usado básicamente para embalaje y aislante térmico.

En 1831 un líquido incoloro, el estireno, fue aislado por primera vez de una corteza de árbol. Hoy día se obtiene mayormente a partir del petróleo.

El Poliestireno fue sintetizado por primera vez a nivel industrial en el año 1930. Hacia fines de la década del 50, la firma BASF (Alemania) por iniciativa del Dr. F. Stastny, desarrolla e inicia la producción de un nuevo producto: Poliestireno expandible, bajo la marca Styropor. Ese mismo año fue utilizado como aislante en una construcción dentro de la misma planta de BASF donde se realizó el descubrimiento. La conclusión fue que el material después de 45 años de utilizado mantenía todas y cada una de sus propiedades intactas. Con 12 plantas de producción en cuatro continentes y concesionarios en todos los países, una ventaja decisiva del Poliestireno es su favorable relación precio/prestaciones, patente en todos sus campos de aplicación. Por ejemplo, en el sector de la construcción, en el cual el Poliestireno, gracias a sus cualidades termoaislantes, contribuye notablemente a convertir en realidad de forma económica el concepto de la casa de bajo costo energético. [24]

También en la industria del embalaje desempeñan un papel importante las prestaciones y el bajo precio. Dichas prestaciones se aprecian primordialmente en la gama de aplicaciones y la adaptabilidad del material, así como naturalmente en la seguridad de utilización del

mismo. Los embalajes de Poliestireno contribuyen a reducir la tasa de daños originados durante el transporte y almacenamiento, manteniendo así el valor de la mercancía. El Poliestireno es un producto acreditado desde hace 50 años en multitud de campos de aplicación, existiendo una amplia serie de derivados específicos para aplicaciones especiales, es uno de los primeros plásticos que permite acreditar y llevar a la práctica un sistema cerrado, comenzando por el proceso de producción y finalizando en la gestión de desechos y reciclado. En la presente década, principalmente en lo que tiene que ver con el envasado en botellas y frascos, se ha desarrollado vertiginosamente el uso del tereftalato de polietileno (PET), material que viene desplazando al vidrio y al PVC en el mercado de envases. [3]

### 2.3 Propiedades Físicas

El EPS es caracterizado por ser ligero y resistente. La ANAPE (Asociación Nacional del Poliestireno expandido de España) señala como características del Poliestireno expandido las siguientes:

**a) Resistencia frente a sustancias químicas** Los plásticos celulares fabricados se comportan de manera adecuada frente a las sustancias químicas. Al ser atacado el plástico por éstas se produce sin embargo la disociación del material de forma más rápida que en el caso de los cuerpos simples compactos, debido al reducido espesor de las paredes celulares. Esto significa que los plásticos celulares con reducida densidad aparente son atacados asimismo de forma intensiva. Los plásticos celulares de Poliestireno son insensibles a los efectos del agua, y de la mayoría de los ácidos. Debe tenerse en cuenta la sensibilidad a los efectos de disolventes orgánicos, sobre todo en el caso de adhesiones o recubrimientos de pinturas. Antes de poner en contacto plásticos celulares de Poliestireno con sustancias de composición desconocida deberá verificarse la reacción del material. [19]

**b) Comportamiento frente al fuego** Al igual que muchos otros materiales de construcción y embalaje, los plásticos celulares de Poliestireno son inflamables. Su comportamiento frente al fuego no depende sólo de cualidades específicas del material, sino también de las condiciones de utilización. En dicho contexto se debe distinguir entre Poliestireno P y Poliestireno F. Los materiales compuestos utilizados como capas protectoras y de revestimiento ejercen asimismo una influencia importante en lo relativo al comportamiento frente al fuego. Poliestireno F posee un acabado ignífugo, gracias al cual se

reduce notablemente la inflamabilidad y la propagación de las llamas en la superficie del plástico. Por ejemplo, la toxicidad de los gases producidos en los períodos de combustión y de carbonización lenta es menor en el caso de plásticos celulares de Poliestireno que en volúmenes comparables de madera. En su utilización como material de embalaje, el comportamiento del Poliestireno es similar al de otros materiales. En caso de utilizar Poliestireno F para elevar la seguridad frente al fuego, las pólizas de seguros para casos de incendio incluyen las correspondientes bonificaciones. Al ser expuestas a temperaturas mayores de  $100^{\circ}\text{C}$  los productos de EPS o Poliestireno empiezan a reblandecerse perdiendo de esta forma dureza y lentamente contraerse, si la temperatura aumenta se empezara fundir.

**c) Comportamiento biológico** El Poliestireno se elabora desde hace décadas, utilizándose los plásticos celulares obtenidos del mismo en los más variados sectores sin haberse detectado nunca efectos nocivos para la salud humana. No enmohece y no se descompone, no se ve afectado por las bacterias del suelo, esto es que no se degrada, los productos de EPS cumplen ciertamente con las regulaciones sanitarias establecidas actualmente, es por esto que es utilizado en la fabricación de artículos de embalaje como lo son platos y vasos para su uso de contenedor alimenticio, no tiene tampoco influencias negativas en las aguas, incluso, en el medio industrial los servicios de recolección de la basura lo tratan como residuo no peligroso, esto es, el destino final será junto los demás residuos sin hacer segregación alguna. [40]

**d) Estabilidad Dimensional** Los productos de EPS (Poliestireno pre expandido) al igual que todos los materiales se encuentran sometidos a variaciones en sus dimensiones originados por la influencia térmica, estas variaciones se evalúan a través del coeficiente de dilatación térmica para los productos de EPS, este es independiente a la densidad y se sitúa entre los .05 y .07 mm por cada metro de longitud y grado centígrado aplicado.

A modo de ejemplo una plancha de aislamiento de Poliestireno de 2,5 metros de longitud sometida a un salto térmico de 25 grados centígrados sufrirá como consecuencia de esta exposición un colapsamiento de 3.125 a 4.375 mm, por supuesto estas variaciones relativas a la densidad del material, a menor densidad también mayor colapsamiento. [20]

**e) Estabilidad frente a la temperatura** El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad sin que sus propiedades tengan algún daño son las cercanas al rango inferior, con respecto a las cercanas al rango superior de límites de temperatura de uso se sitúan alrededor de los 100°C

**f) Comportamiento frente a los factores atmosféricos** La radiación ultravioleta es prácticamente la única con un grado de importancia en la pérdida de características físicas del EPS, esto es que bajo situaciones prolongadas de la luz ultravioleta, la superficie del EPS tiende a volverse amarillenta, de tal forma que la lluvia y el viento logran erosionarla, debido a que estos factores solo se presentan con la exposición prolongada a los rayos ultravioleta, los casos de aplicaciones de embalaje o empaque no se ven afectadas por esta característica ya que rara vez estos se encuentran expuestos a tales condiciones por largos tiempos. [21]

**g) Aislamiento Térmico** Los productos y materiales de EPS son caracterizados e identificados por su excelente capacidad de aislamiento térmico frente al calor y al frío, en ciudades calientes del noroeste del país como lo es Mexicali BC y Hermosillo Sonora, son utilizados ampliamente para minimizar la temperatura en épocas de verano y mantener un ambiente agradable dentro de las casas, lo mismo sucede en épocas de invierno o frías donde se logra mantener una casa templada gracias a la aplicación de EPS como aislamiento en las paredes y techos de las viviendas. Esta buena capacidad de aislamiento térmico se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire (espacio entre perla y perla) dentro de una estructura celular conformada por el Poliestireno. Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% es materia sólida (Poliestireno), es bien conocido que el aire en reposo es un excelente aislante térmico, de ahí que las propiedades eficientes de aislamiento térmico del EPS se presenten tan atractivas..

**h) Comportamiento frente al agua** El EPS no sufre daño alguno por el contacto con el agua, incluso sumergiendo el material completamente en el agua los niveles de absorción son mínimos con valores que varían entre 1 y 3% (estudio realizado por sumergimiento después de 3 días), nuevos productos pueden llegar a ofrecer niveles de absorción aún mejores, pero ya esto depende de una solicitud especial a hacer al proveedor de la materia prima.

## **2.4 Proceso de Corte y Moldeo del Poliestireno Pre-Expandido**

A continuación se describe de manera general los procesos de fabricación que se tienen que seguir para poder fabricar productos moldeados de Poliestireno, esto con la intención de familiarizarnos en los procesos en los cuales estaremos trabajando a través de esta investigación. [23]

## **2.5 Proceso de Pre-Expansión**

La materia prima se calienta en unas instalaciones especiales (pre expansor), con vapor de agua, a temperaturas situadas entre próximamente 80 y 110 °C en función de la temperatura y del tiempo de exposición, la densidad aparente del material disminuye de unos 630 kg/m<sup>3</sup> a unos 10 kg/m<sup>3</sup>. Para la fabricación de embalajes y otras piezas moldeadas, el Poliestireno se expande normalmente entre 8 y 50 kg/m<sup>3</sup>. En el proceso de pre expansión, las perlas compactas de la materia prima se convierten en perlas de plástico celular, con pequeñas celdillas cerradas.

## **2.6 Reposo de la Perla o estabilización**

Al perder temperatura las partículas o perlas recién expandidas se condensa el agente de expansión y el vapor de agua, generando de esta forma un vacío que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. De este modo, las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad de expansión, lo que resulta ventajoso para la transformación. Este proceso se desarrolla durante el reposo intermedio del material pre-expandido en silos ventilados. Al mismo tiempo se secan las perlas.

## **2.7 Expansión final – Moldeo**

La cavidad formada por los dos semi moldes que suelen utilizarse en este proceso, se llena de material pre expandido por medio de un alimentador neumático. Las paredes del molde están provistas de toberas (orificios o rendijas) que comunican la cavidad con la cámara de vapor. La energía necesaria para la expansión final se aporta en forma de vapor de agua. Un choque de vapor vuelve a reblandecer las perlas, que se expanden. La presión de expansión las comprime y las aprieta también contra las paredes de molde de manera que quedan soldadas entre sí. Seguidamente, al rociar con agua y enfriar por vacío, se anula la

presión de expansión y se desmolda la pieza acabada. Concluido este proceso se pueden fabricar grandes bloques, planchas y piezas moldeadas de cualquier forma y tamaño. [4]

## 2.8 Densidades de los Materiales

En física, la densidad de una sustancia, se simboliza por la letra griega  $\rho$ , esta es una magnitud a la cantidad de masa o cuerpo contenida en un determinado volumen.

La densidad es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), la densidad es una magnitud intensiva. [26]

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde  $\rho$  es la densidad,  $m$  es la masa y  $V$  es el volumen del determinado cuerpo. [5]

Según el diccionario real de la lengua española, la densidad se define como la magnitud que expresa la relación entre el volumen de un cuerpo, su unidad en el sistema internacional es kilogramo sobre metro cúbico,  $\text{kg}/\text{m}^3$ . [6]

## 2.9 Productividad en las empresas

El hablar de productividad es relacionar las confrontaciones ya viejas de producción y calidad, referenciar una parte de un texto que Edward Deming señala en su libro más adelante descrito en esta investigación, este pone como ejemplo una reunión en la que estuvieron 22 operarios con el equipo directivo de una empresa, se les pregunto a los mismos porque al mejorar la calidad aumenta la productividad, la respuesta fue simple, se reducen los procesos, y esto desde mi punto de vista aplica tanto como para los procesos productivos o administrativos. [13]

### 2.9.1 Definición de Productividad

Francisco Jiménez Boulanger, en su libro de Costos Industriales define a la productividad como el resultado de dividir las salidas entre las entradas, o sea, el valor de todos los productos fabricados entre el valor de todos los insumos utilizados para ello. En una empresa que se dedica a la fabricación y venta, las salidas deben de estar reflejadas por las ventas de la empresa. Si fabrico más de lo que vendió la empresa no debe de reflejar la

acumulación de inventarios como un aumento de la productividad total de la empresa, esto por el concepto moderno de lo negativo que representa para la empresa esta acumulación de inventarios. El concepto tradicional de medición de la productividad se basa más en lo producido que en lo vendido en un periodo, incluso unidades parcialmente terminadas que quedan en proceso son tomadas en cuenta. [27]

En el ambiente de aplicación profesional se le conoce como la relación de producción con los recursos empleados o utilizados para producir dicha producción, se expresa de la siguiente forma:

$$P = \frac{\text{produccion}}{\text{recursos}}. [28]$$

La productividad evalúa la capacidad de un sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que se logran aprovechar los recursos utilizados.

Una maximización en la productividad utilizando iguales insumos o produciendo los mismos bienes o servicios en cantidad y calidad, resulta en un beneficio para la empresa. Por ello, el Sistema de gestión de la calidad de la empresa trata de aumentar la productividad, esto debe de ser una directriz del sistema de calidad de cualquier tipo de empresa o servicio, el sistema de calidad deberá de ser orientado hacia la búsqueda de la productividad en todo el sistema y de esta forma mantener un sistema funcional a los objetivos de la organización.

La productividad va estrechamente relacionada con la mejora continua del sistema de gestión de la calidad y gracias a este sistema de calidad se puede prevenir los defectos de calidad del producto y así mejorar los estándares de calidad de la empresa sin que lleguen al usuario final o que salgan del proceso como producto no conforme. La productividad va en relación a los estándares de producción. Si se mejoran estos estándares, entonces hay un ahorro de recursos que se reflejan en el aumento de la utilidad de la organización, el mejoramiento continuo se encuentra fluyendo, esto es un punto muy positivo en la estructura organizacional en búsqueda de la productividad mencionada.

## **2.9.2 Factores que afectan a la productividad**

La mayoría de las personas que trabajan en alguna empresa tienen claro que habrá que mejorar la productividad de los procesos de carácter continuo, se planearan proyectos, el

gerente de planta promoverá todas las actividades necesarias para lograrla, pero antes de llevar a cabo un proyecto de este tipo y destinarle tiempo y esfuerzo, creo y sería conveniente el responder preguntas como:

- ¿Mi competencia es productiva?
- Si la respuesta a la pregunta anterior es positiva, habrá que preguntarse ¿cómo la están logrando?
- Actualmente, ¿nos podríamos considerar como una empresa con procesos con nivel de productividad satisfactorio?
- A nivel proceso, ¿quién es el encargado de medirla y reportar sus respectivos resultados?

Entonces, formulado lo anterior se puede trabajar en buscar productividad principalmente con una adecuada medición, con el compromiso de todo el equipo de trabajo y desde luego con la retroalimentación de los logros y retos que resulten.

Es correcto cuando se dice que no se puede mejorar lo que no se mide. La medición entonces será una actividad primaria o inicial a desarrollar, pero esta es únicamente el primer paso en el mejoramiento de la calidad, lo siguiente será manejar aquellos distintos factores relacionados con la productividad.

### **2.9.2.1 Factores Externos**

Los factores externos son aquellos que no dependen directamente de la empresa, un alza en el precio de los energéticos esperada, un alza en la tasa cambiaria, inundaciones, terremotos etc. [31]

### **2.9.2.2 Factores internos**

**a) El producto** La imposibilidad de estandarizar el proceso al no contar con productos estandarizados para el mercado afectara de una manera importante a la productividad, también cuando el mercado solicita una gran cantidad de cambios a sus productos traer bajas en la productividad de la empresa. [14]

**b) El Proceso** El proceso será una fortaleza o una oportunidad para la empresa si se tiene bien diseñado el flujo de materiales, de información, la cantidad de estaciones de trabajo

de acuerdo al mercado, el contar con equipos que innoven la manera tradicional de desarrollar ciertos procesos típicos de fabricación se convertirá en fortaleza si esto es valorado por los clientes de consumo de los productos resultantes.

Uno de los métodos clave utilizados para mejorar la productividad en el pasado ha sido la automatización, y parece que la sustitución de capital por mano de obra puede ser aún una clave poderosa para el mejoramiento de la productividad en el futuro. Muchos economistas han identificado la disminución de la inversión como la causa principal de la caída del crecimiento de la productividad en Estados Unidos durante de las últimas dos décadas. [14]

**c) Administración del Inventario** Es fácil el ordenar en los procesos de producción órdenes de trabajo para adelantarse en algunas ocasiones al mercado, pero esto habrá que colocarse en una balanza y tomar una decisión adecuada y conveniente para todos, el espacio en los almacenes es costoso y cuesta a los procesos productivos, el adelantarse a mantener los niveles de inventario considerados como necesarios será una responsabilidad de todos, productos obsoletos se pueden esconder en ese almacén si este no fue bien estudiado. Cuando hablo de buscar un balance adecuado en los niveles de inventario es porque cuando uno cuenta con un inventario disponible se le da una respuesta inmediata al cliente y es muy bien visto por éste, el balance entre los requerimientos del mercado y los niveles de inventario serán los que el cliente defina a final de cuentas, hablo de la valoración del mismo. [14]

**d) La Fuerza del Trabajo** El capital humano se puede considerar como uno de los factores críticos en la búsqueda de productividad, el asegurarse de contar con personal bien entrenado, competente para las actividades destinadas será muy importante, desde el proceso de reclutamiento y selección de personal ya se deberá de pensar en la productividad buscada, se buscara por parte de los reclutadores que los candidatos a ingresar ya cuenten con algunas competencias para realizar su trabajo y no perder mucho tiempo en el periodo de entrenamiento de este. [14] [29]

**e) La Calidad** No podremos obtener la productividad buscada en la organización si los recursos destinados para determinada operación se están haciendo doble por re trabajos, rechazos, costos de almacenamiento de material malo o infracciones del cliente por devoluciones que se deberán de verse reflejados en los costos de operación creando procesos

caros en relación al margen que se obtenga de la venta de un artículo, esto deberá de ser visto por los ojos de todos como algo inadmisible. [14]

## **2.10 Metodologías y su importancia en la mejora de los procesos**

La revista en contacto, calidad, competitividad e innovación organizacional, en su edición de noviembre del 2008, señala qué cuando se decide seleccionar algunas de las tantas metodologías de gestión y mejora de la calidad, se debe tener presente en su elección el propósito de alcanzar mejores resultados en todo el sistema y maximizar la competitividad y productividad de la empresa. Asegura son muy pocas las empresas que logran obtener y aprovechar al máximo los beneficios de la metodología adoptada. El entender de manera errónea el propósito de la metodología, adoptar un conjunto de técnicas demasiado complejas para las características de la organización, basar una elección basada en criterios como la imagen, la moda en las demás compañías, la búsqueda de certificaciones, también el haber castigado a la organización con trabajo excedente durante el proceso de aplicación, son algunas razones que impiden a las corporaciones beneficiarse con el método elegido.

La selección de una nueva metodología de gestión de calidad se debe de hacer basándose en un perfecto entendimiento de los objetivos que busca la organización, debe de cubrir las necesidades de la empresa e impulsar de esta forma el logro de los objetivos deseados.

Es muy frecuente que la comprensión de la metodología no sea lo suficientemente profunda, que la misma mercadotecnia del método provoque una falsa realidad de la efectividad de la metodología, por consecuencia su aplicación ya en campo no siempre será como se es planteado por la misma metodología. Es común que se haga creer que la adopción de la metodología será la solución mágica para todo tipo de problemas en la empresa, cuando esto ocurre y se realiza una selección equivocada, el problema se traslada a la operación y a los responsables de la implementación, de esta forma serán ellos a quienes se les pedirá los resultados que metodología no podrá ofrecer. [30]

Al hablar de una metodología robusta o compleja nos referimos a que algunas requieren para su adecuada implementación que la empresa cuente con una serie de elementos básicos, entre ellos un control eficaz de la operación, sistemas de información para sus distintos procesos, y la capacidad de su personal para la generación de información real y

confiable. Ante la ausencia de algunos de estos elementos, existirá una alta probabilidad de que los esfuerzos organizacionales por implementar la metodología no produzcan resultados positivos, y no solo eso, puede llegar a ser contraproducente y provocar esfuerzos inútiles, mayores costos, incredulidad del personal, entre otros factores no positivos. Cuando los buenos resultados no se presentan es fundamental entender que en ocasiones la falla no está en la metodología, valdría la pena reconocer que quizás la empresa aun no esté preparada para adoptarla y considerar la aplicación de otros métodos que probablemente den mejores resultados. En una empresa durante la implementación de un sistema de calidad, decidieron eliminar el manejo de documentos en papel y adoptar la modalidad en la que solo existe la vía electrónica, la razón era que creían que las empresas de clase mundial no utilizan copias en papel, al momento de preparar un auditoría interna, se solicitó que se consultara en sus computadoras los documentos para preparar el listado de verificación o bien guía de auditoría, el sistema fallo, la auditoría terminó con un retraso de 24 horas, la conclusión de la dirección ante este y otros inconvenientes fue que aún no era una empresa de clase mundial, por lo que tratar de adoptar iniciativas como la descrita ocasionaba más perjuicios que beneficios.

Adaptar una metodología solo porque está de moda o porque la imagen de competitividad y actualidad es del interés de todas las empresas, para lograrlo, recurren al uso de técnicas de vanguardia, porque están de moda o porque otras empresas lo han hecho antes.

Es tal la competencia existente, que se toman decisiones de tomar cursos, proyectos o planes de investigación, con tal de implementar las metodologías que son consideradas como la más innovadora en el momento, o la de mayor auge, cuando este motivo mueve a la organización para escoger un proyecto, los resultados no serán los esperados, simple y sencillamente porque no se sabrá que esperar de la implementación próxima. [11]

## **2.11 Control estadístico del proceso (CEP)**

El control estadístico como herramienta de mejora sirve para controlar los procesos ya sea de fabricación o de servicios, no se puede controlar lo que no se tiene medido, se mide para controlar, eso es la idea de un control estadístico, a través de la estadística y gráficos se entenderá el comportamiento con la intención de volver predecible un proceso y de esta forma anticiparse al mismo.

El Control Estadístico deberá de servir como herramienta de prevención al poder tener a la mano información de la variabilidad de un proceso o servicio, al entender ya sea por medio de gráficos o análisis el comportamiento y sus respectivas variaciones, las acciones para reducir la variabilidad será través de herramientas de manufactura, el siguiente paso consistirá en utilizar el control estadístico como herramienta de mejora en la prevención al medir constantemente la aparición de variables al proceso.

El CEP contribuye a la reducción de los desperdicios al detectar todas aquellas anomalías propias de los procesos. Los conceptos de la variación, control, medición, fuera de límite, detección, prevención, estudios de repetitividad y reproducción, medias, promedios, mediana, gráficos X-R, capacidad del proceso es información necesaria y mínima que se debe de tener en cuenta para una correcta aplicación del control estadístico del proceso. [16]

## **2.12 Definición**

El CEP nombrado también por sus siglas en inglés (*Statistical Process Control*) determina la variación probable de las características de un producto fabricado por un proceso, si éste es controlado no debería de ajustarse por que cualquier ajuste del proceso incrementara la variación de las características del producto, esta variación tendrá aproximadamente una distribución normal definida por valores determinados de dos parámetros, la media y la desviación estándar. Cuando la media de la muestra o el recorrido se sale de los límites de control indica que una causa especial de variación está afectando el proceso en ese momento es necesario aplicar una acción correctiva para eliminar la causa especial y así dar inicio a una investigación para detectar la naturaleza de esta causa especial. [17]

## **2.13 Seis Sigma**

Seis Sigma fue utilizada por primera vez en 1987 en Motorola por un equipo de directivos con el propósito de eliminar los defectos en los productos electrónicos, desde ese entonces el concepto ha sido utilizado por muchas compañías. [8]

Humberto Gutiérrez Pulido en su libro Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma define Seis Sigma como una estrategia de mejora continua de los procesos que busca encontrar y eliminar las causas que generan errores, defectos y retrasos, enfocándose en

aquellos que no generan valor agregado ante la perspectiva del cliente, se centra y apoya en una metodología sistemática y cuantitativa dirigida a la mejora de la calidad del producto, la meta de seis sigma es lograr procesos con altos estándares de calidad, esta meta se pretende alcanzar mediante un fuerte programa de mejora, desarrollando una enorme cantidad de proyectos a lo largo y ancho de la organización buscando eliminar errores o defectos en los procesos, la metodología de esta herramienta es fundamentada en los conceptos de control estadístico.

Es una estrategia que va desde los niveles más altos de la organización hasta los más inferiores, de esta manera si los líderes de la organización no participan de una forma comprometida la estrategia se puede perder en una más en busca de mejoras, se dice que es una iniciativa de tiempo completo, se encuentra orientada al cliente y se enfoca en los procesos, se dirige con datos o números reales del proceso. [8]

## 2.14 Definición de Seis Sigma

Es una filosofía que busca obtener mejores productos y servicios a través de procesos que permitan reducir los defectos y los errores. Se podría considerar como una metodología (lógica y/o disciplinada) de pasos y herramientas probadas para la solución de problemas. [8]

**Tabla 2.1 Descripción de Metodología DMAIC**

Sigla	Objetivo	Descripción de Etapa
D	Definir	Visión y definición clara del problema que se pretende resolver
M	Medición	Traducción de variables para poder ser medidos
A	Análisis	Identificación de causa raíz del problema
I	Mejorar	Creación de los elementos necesarios para erradicar la causa raíz
C	Controlar	Diseño de sistema para mantener el estado actual del proceso

Las etapas de la metodología son las siguientes:

### **D: Definición del Proyecto**

En esta fase se debe de tener una visión y definición clara del problema que se pretende resolver, por ello es fundamental las variables críticas para la calidad, establecer metas, definir el alcance del proyecto, precisar el impacto que tiene sobre el cliente y los potenciales beneficios que se esperan del proyecto, todo lo anterior se hará con base en el

conocimiento que el equipo tenga sobre las prioridades del proceso que será mejorado y las necesidades del cliente.

Regularmente se elaboran diagramas de flujo del proceso acompañado de un mapeo, esto con la idea de tener un panorama completo, es importante que en el diagrama se incluyan los procesos subsecuentes u operaciones principales del proceso donde se muestra el problema, además es necesario describir el proceso.

Las variables críticas para la calidad (VCC) deben de estar ligadas a la satisfacción del cliente o bien al desempeño de la organización, posterior a esto se procede a delimitar el problema, para decidir que parte del problema o proceso será abordado en el proyecto, pensando de antemano en su magnitud o beneficio. El objetivo planteado deberá de verse solucionado en un tiempo medianamente corto, un lapso de 4 a 6 meses es considerado adecuado, con base a lo anterior descrito se deberá de proponer una primera definición del problema y redactar la frase como nombre del proyecto. [8]

### **M: Medición de situación actual**

Se verifica que las variables críticas puedan medirse en forma consistente mediante estudios de repetitividad y reproducibilidad, hacer un estudio de este tipo factible para la mayoría de las variables críticas que se presentan en la práctica, conteos, mediciones, criterios, etc. Donde generalmente existen más dificultades es en el caso de procesos como las quejas de los clientes, actividades de carácter administrativas, de esta forma se debe de revisar con detalle la manera en la que se miden las variables críticas y asegurarse que estas mediciones se realizan de manera consistente ya que a través de estas variables se medirá el impacto del proyecto de mejora. A las variables criticas especificadas anteriormente se les debe de hacer un estudio detallado para determinar su estado a cuanto a capacidad y estabilidad, si las variables críticas no se han venido analizando mediante una carta de control, entonces se debe de hacer un esfuerzo por establecer una perspectiva clara sobre su magnitud y el cómo han variado a través del tiempo, por ejemplo si son quejas, errores, costos, etc. [8]

### **A: Analizar las causas raíz**

La meta de esta fase es identificar las causas raíz del problema (identificar las “x” vitales), entender como estas generan el problema y confirmar las causas con datos para

después de ello tener las causas vitales que están provocando el problema. Las herramientas que son de utilidad en esta fase son muy variadas, entre algunas de ellas: lluvia de ideas, diagrama de Pareto, estratificación, cartas de control, mapeo de procesos, los cinco por qué?, diseño de experimentos, prueba de hipótesis, diagrama de dispersión, etc.

El riesgo de esta fase es que el equipo se conforme con identificar los síntomas del problema, debe asegurarse que realmente se encontró las causas de fondo y que además ha identificado el porqué de esas causas, las actividades a seguir se podría reducir a continuación:

a) Hacer una lista de las causas del problema y de las variables de entrada del subproceso, mediante una lluvia de ideas y organizarlas con un diagrama de Ishikawa.

b) Relacionar las variables de entrada con las variables de salida y las variables críticas, la idea de esta actividad es tener una visualización clara de las diferentes variables involucradas en este problema.

c) Seleccionar las principales causas vitales y confirmarlas, en esta actividad se deben de seleccionar las que se crean son las causas principales, explicar cuál es la razón (teoría) y confirmar con datos que efectivamente esto ha pasado. [8]

## **M: Mejorar**

Con lo hecho en la etapa previa se está listo para que en esta se propongan, implementen y evalúen las soluciones que atiendan las causas raíz detectada. Así, el objetivo de esta etapa es demostrar con datos, que las soluciones propuestas resuelven el problema y llevan a las mejoras buscadas. En los siguientes incisos se muestran lo que pudiéramos considerar pasos a seguir en esta etapa:

a) Generar diferentes soluciones para cada una de las causas raíz detectadas: una vez identificadas y confirmadas las causas raíz de la etapa previa es necesario no dejarse llevar por la idea de estar llegando al final del proyecto y erróneamente quedarnos con la primera solución que se proponga, lo recomendable es dar distintas alternativas de solución que atiendan las diversas causas detectadas originalmente, apoyándose en herramientas como

lluvia de ideas, hojas de verificación, FMEA (Matriz de Modo de Falla y Efecto), sin perder el enfoque de atacar la fuente de la raíz del problema y no el efecto.

b) Elaborar una matriz de prioridades y elegir la mejor opción: es importante evaluar las alternativas que se dieron en base a una matriz que refleje los diferentes criterios y prioridades que se deben de considerar para elegir la solución.

c) Implementar la solución: en este punto se debe de elaborar un plan en el que se especifiquen las diferentes tareas, su descripción, fechas y recursos necesarios para que estas se efectúen de ser necesario.

d) Evaluar el impacto de la mejora: para la evaluación de la solución se debe de comparar el estado del proceso antes y después de las acciones tomadas con estudio de capacidad y estabilidad para estar seguros que la mejora se presentó, de no serlo así habrá que regresar a etapa previa y volver a analizar.

### **C: Controlar para mantener la mejora**

Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas y se cierra el proyecto, lo que se busca es que el equipo desarrolle un conjunto de actividades con el propósito de mantener el estado y desempeño del proceso a un nivel que satisfaga las necesidades del cliente y esto sirva de base para buscar la mejora continua. Además de difundir el proyecto se debe de acordar acciones de control en tres niveles, proceso, documentación y monitoreo, los cuales describo a continuación:

**a) Estandarizar el proceso:** en este nivel se deciden acciones para asegurar las mejoras a través de cambios en los sistemas y estructuras que forman el proceso, tratando de no depender de controles manuales y de vigilancias sobre el desempeño, hablamos de poderse implementar sistemas anti-error o “pokayoke”.

**b) Documentar el plan de control:** se busca trabajar en mejorar o desarrollar nuevos documentos que faciliten el apego a los procedimientos estándares de operación del proceso, la estandarización vía documentación contempla procedimientos, ayudas visuales, otras

alternativas puede ser la capacitación tanto como para nuevos empleados como para los miembros del equipo actual.

c) **Monitorear el proceso:** decidiremos las mejoras al monitoreo del proceso para que mediante esta se tenga la evidencia necesaria de que el mejoramiento del proceso alcanzado anteriormente se mantiene satisfactoriamente. [8]

## **2.15 Análisis de la Repetitividad y Reproducibilidad**

El objetivo de un análisis de R&R es conocer y controlar la variación en los resultados arrojados por el sistema de medición empleado y el operador del instrumento. Este análisis proporciona las bases para aprobar un nuevo instrumento o un nuevo sistema de medición, también proporciona información confiable para el establecimiento del control estadístico del proceso. [34]

### **a) Análisis de Repetitividad**

Es la cercanía entre los resultados de las mediciones sucesivas de la misma magnitud por medir efectuadas en las mismas condiciones de medición, La repetitividad dará la variación producida por el instrumento y se deben de cumplir los siguientes aspectos:

- a) El mismo procedimiento de observación
- b) El mismo instrumento observador
- c) El mismo instrumento de medición
- d) El mismo lugar
- e) Las mismas condiciones ambientales
- f) Repetición en un corto periodo de tiempo

### **b) Análisis de Reproducibilidad**

Esta será generada por la variación producida por el operador, se entiende como la capacidad de mantener o reproducir un valor, haciendo variar los aspectos que debe de mantener la repetitividad. Podríamos decir que es la desigualdad entre el valor medio de las mediciones realizadas por diferentes personas, utilizando el mismo instrumento de medición, midiendo la misma característica de una pieza. [35]

## **2.16 Capacidad de Proceso**

J.M. Juran, declara en su libro Manual de control de calidad, Volumen 1, lo siguiente, la medición de la capacidad del proceso es la cuantificación y predicción de su capacidad, esta medición se realiza sin ninguna necesidad de conocer cuál es la tolerancia del producto. El valor 6 sigma que expresa la capacidad intrínseca no hace referencia a la tolerancia, en contraste la capacidad media se utiliza sobre todo con dos objetivos principales, implicando ambos las tolerancias:

1.- Como ayuda a la predicción, para responder ¿Este proceso será capaz de mantener la tolerancia especificada por el producto?

2.- Como ayuda a la investigación o análisis el preguntarse ¿Por qué este proceso no mantiene la tolerancia que se especifica en el producto?

El término de análisis de capacidad de proceso se refiere a la actividad de estudiar el proceso en un esfuerzo para responder a ambas preguntas. [36]

## **2.17 Diagrama de Ishikawa**

También conocido como diagrama de pescado, es un medio de recolectar información sobre todas aquellas características de calidad generadas en la prestación de un servicio o producto y ordenarlas en categorías con la intención de buscar encontrar la causa raíz de un problema en investigación, de hecho también es conocido como diagrama de causa raíz al ser este, una de sus principales atributos al llevarlo a la práctica de una manera adecuada y seria, de lo contrario los resultados de esta herramienta serán desaprovechados. [37]

## **2.18 Técnica de los Cuatro Cuales**

Es una técnica de investigación y solución de problemas que se utiliza para aterrizar la definición de un problema que se está investigando y utilizarla como estandarte en un proyecto que se esté trabajando y sobre ella profundizar en la definición, frecuentemente cuando el equipo después de responder preguntas como: ¿Cuál es el problema?, ¿Cuál es la magnitud de este?, ¿Cuál es el nivel de calidad de nosotros como empresa en relación a la competencia?, ¿Cuál es el impacto en la satisfacción del cliente del problema en cuestión?, con estas cuatro respuestas se elabora un enunciado tipo resumen de las preguntas anteriores.

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1 Hipótesis de Investigación

$H_1$  Aplicando la metodología DMAIC se puede optimizar el uso de la materia prima *Insulit* 32 kg/m<sup>3</sup> en la empresa FANOSA SA de CV planta Tijuana como herramienta de mejora continua, en el área de pre expansión.

### 3.2 Hipótesis Nula

$H_0$  Aplicando la metodología DMAIC no se puede optimizar el uso de la materia prima *Insulit* 32 kg/m<sup>3</sup> en la empresa FANOSA SA de CV planta Tijuana como herramienta de mejora continua, en el área de pre expansión.

### 3.3 Hipótesis Alternativa

¿Es posible maximizar la resistencia (Flexural Strength) en *Insulit* 32 kg/m<sup>3</sup> en la empresa FANOSA SA de CV planta Tijuana mediante la metodología de DMAIC como herramienta de mejora, en el área de pre expansión?

### 3.4 Método de Investigación

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista en su libro de Metodología de la Investigación en su edición de 2006, este tipo de estudio es de tipo exploratorio ya que el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado que no ha sido abordado anteriormente, la revisión de la literatura revela que únicamente hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, lo cual cuadra en gran parte con las características de investigación de este trabajo. [25]

### 3.5 Características de la unidad de estudio

La investigación se llevó a cabo en empresa FANOSA SA de CV, Planta Tijuana en el estado de Baja California, México, ubicada en 2do. Eje Oriente Poniente #19536, Ciudad Industrial, C.P. 22500.

### 3.6 Estructura física

Esta área en investigación está formada por dos pre expansores de tipo cerrado, son de fabricación italiana, la marca es Nuova Idropress, el equipo de trabajo es de cuatro

operadores, un inspector de calidad y por ultimo un supervisor de producción, todos estos a excepción del inspector de calidad forman parte del departamento de producción de la empresa.

### **3.7 Estructura Organizacional**

En el anexo 3, se muestra la estructura organizacional vigente del año 2011, se omiten nombres para no personalizar este estudio.

# CAPÍTULO IV IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DMAIC

## 4.1 Etapa 1 – Definición del proyecto

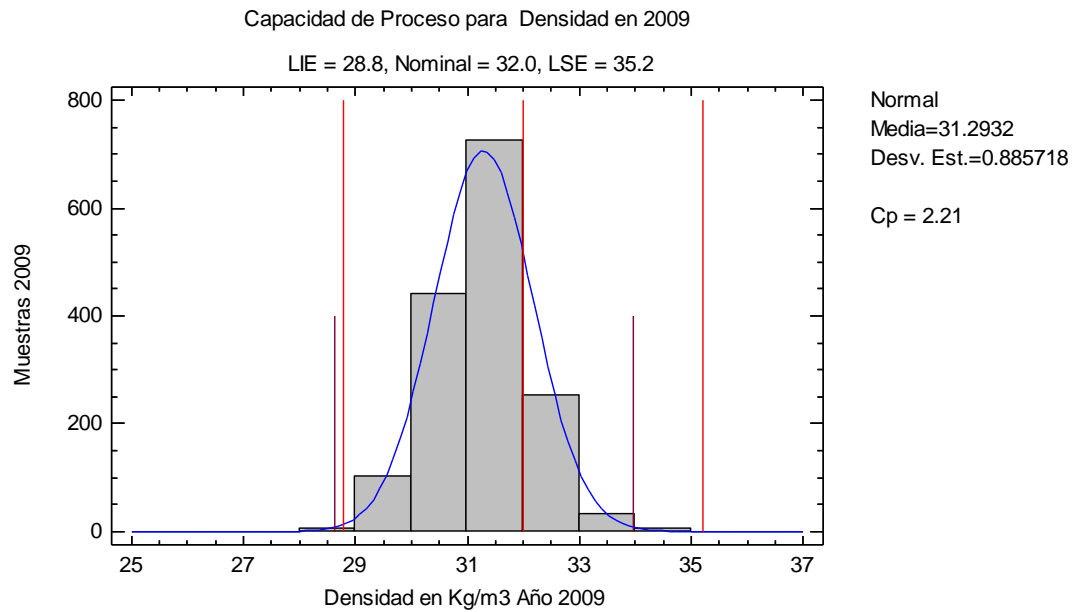
Esta etapa de la metodología es la más importante en cuanto a su relevancia para poder entender el problema o bien la variable desconocida que está generando un proceso fuera de control (de existirlo).

### 4.1.1 Descripción general del problema

Se dice que todo proceso ya sea de producción o de servicios tiene entradas y salidas, la calidad de nuestros procesos entonces se ve regida por el aseguramiento de estos en nuestras entradas para de esta forma estar pensando en nuestros productos como objetivos de innovaciones en búsqueda del mejoramiento de los procesos y no estar pensando en inspecciones costosas, tardadas y muchas veces difíciles de aplicar en las salidas en los procesos, con este pensamiento y perspectiva se decide trabajar el área de pre expansión que más adelante dentro del proceso de producción se convierte en las entradas de moldeo como área de trabajo, por lo cual las salidas de moldeo dependerán en gran parte de sus entradas que en este caso son proporcionadas por el área de pre expansión, de tal forma que las densidades del producto terminado son elaboradas por Moldeo.

Actualmente el producto terminado 2.0 libras se encuentra en promedio en el ejercicio 2009 con un  $31.293 \text{ kg m}^3$  como se observa en el grafico 3.1, el espacio localizado en el grafico entre los  $28.80 \text{ kg m}^3$  y los  $32 \text{ kg m}^3$  se convierten en la área de oportunidad y objetivo de esta investigación, es necesario disminuir el promedio y acercarse a nuestro límite inferior sin salirnos de especificaciones. Estos datos o densidades los estaré mostrando a en el anexo # 3 al final de esta investigación. [33]

Hablando un poco más de la descripción del problema, mencionare que la variabilidad en el proceso de pre expansión es muy grande; si utilizamos el periodo del año 2009 como objeto de estudio se ve que se cerró con desviación estándar de  $.8857 \text{ kg m}^3$  siendo esta una de las razones más obvias por las que el problema que se está analizando existe, al cierre de esta investigación esta variabilidad también se buscara reducirla como consecuencia de las acciones de solución que tomemos, esta dato también se muestra en el grafico 3.1 ya mencionado.



**Grafico 4.1 Densidad promedio obtenido en producto terminado en 2.0 lb (32  $kg\ m^3$ ) en ejercicio 2009**

#### 4.1.2 Diagrama de Recorrido del Proceso de Producción

En la figura 4.1 se muestra la estructura de fabricación de un producto moldeado de Poliestireno, este proceso se muestra de manera completa desde que es recibido el material en su estado puro, hasta que este es transformado de acuerdo a requerimientos del cliente y enviado para su uso final, es en esta etapa donde la densidad del producto es medido para su retroalimentación al proceso.

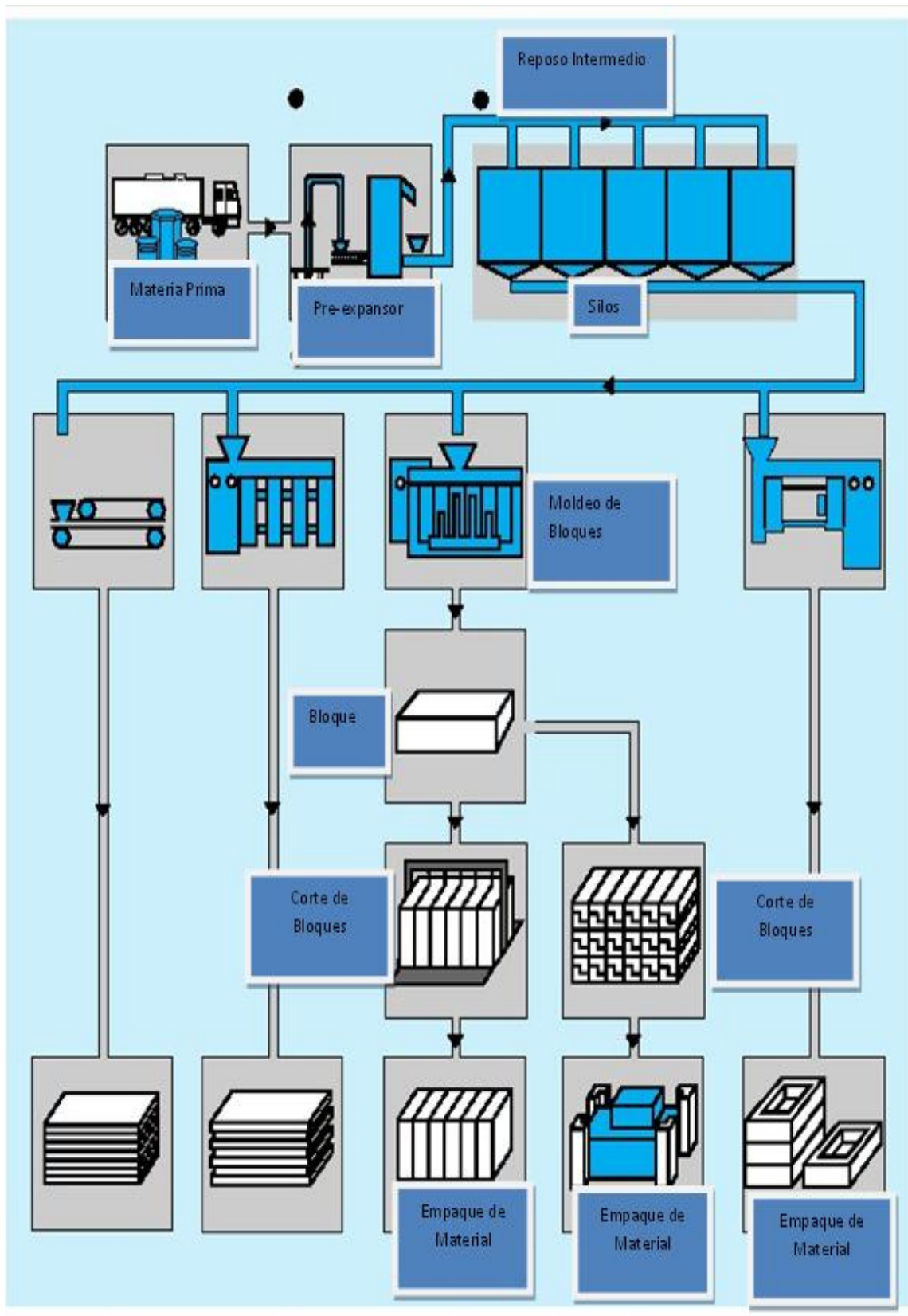


Figura 4.1.- Diagrama del proceso de producción de Poliestireno pre expandido

### 4.1.3 Diagrama Visual del Proceso

a) Recepción de Materia Prima



b) Pre-Expansión de Materia Prima



c) Área de Reposo Intermedio



d) Área de Moldeo de Bloques



e) Área de Corte de Bloques



f) Área de Empaque Embalaje



### 4.1.4 Descripción General del Proceso en el área de pre expansión

a) Recepción de Materia Prima

El Poliestireno en su estado virgen viene impregnado con un determinado porcentaje de pentano (este es variable dependiendo del producto terminado a fabricar en etapas posteriores y de la densidad buscada), este pentano tiende a escaparse o diluirse en los paquetes de Poliestireno o “supersacos de material” que es el nombre con el que se conoce en el mercado

la presentación del material entre los fabricantes o cortadores de Poliestireno, por consecuencia dentro del programa de producción de pre-expansión se tiene que considerar la fecha de elaboración con proveedor de materia prima para asegurar un correcto flujo de este material, se podría decir que este material es caducable si no se trabaja en los tiempos adecuados, por recomendaciones del proveedor se considera que un “supersaco” de Poliestireno no debería estar en almacenaje por un periodo mayor a los cuatro meses ya que las propiedades del material por pérdida de pentano serán menores y esta característica se verá en los atributos posteriores de calidad en el material.

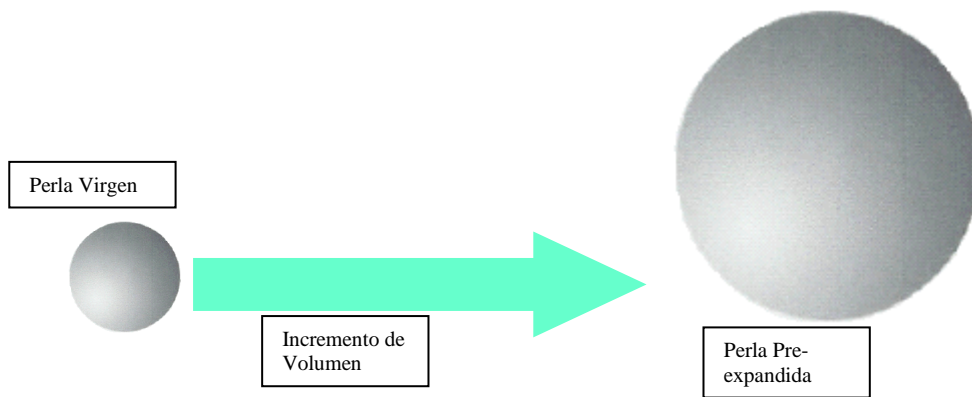
Sistemas de trabajo en los que se aseguran que las primeras entradas sean también las primeras salidas (FIFO) se vuelven importantes en el proceso de recepción y programación del proceso de almacenamiento de la materia prima, en la figura 4.2 se muestra un pizarrón de trabajo en el que se vacía la información y se designa una secuencia de trabajo del material en inventario.

Fecha de Entrada	Tipo de Perla	Num. de Lote	Color	Secuencia	Cantidad
21-Sep-10	BFL-327	3P2574M	Rojo	5	34(800)
13-Sep-10	BF-222	1P24032L	Voda/Azul	4	17(800)
16-Ago-10	BFL-327	3P21144Q	Gris	1	
5-Oct-10	BFL-327	3P259410	Violeta		31(800)
6-Oct-10	BFL-327	3P27344G	Violeta/ Negro		3(800)
25-Ago-10	BF-222	1P22137W	Azul	3	17(800)
25-Ago-10	BFL-327	3P22444V	Verde	2	17(800)
3-Sep-10	BFL-327	3P23344E	Amarillo	3	34(800)
6-Sep-10	BF-222	3P21837C	Naranja	1	21(800)
6-Sep-10	BF-222	3P21937D	Negro	2	13(800)

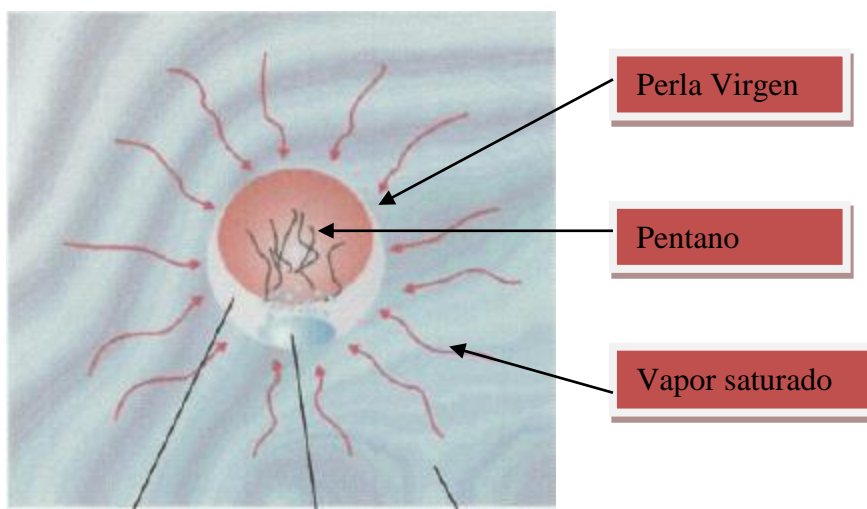
**Figura 4.2 Pizarrón FIFO de secuencia de materia prima**

b) Pre-Expansión de Materia Prima

El área de pre expansión se encarga de expandir el Poliestireno el cual consiste en inyección de vapor para accionar el porcentaje de pentano mencionado y que traerá como consecuencia una expansión en el material, el tamaño de esta expansión será la densidad más adelante en el producto terminado, en la figura 4.3 y 4.4 se ilustran a manera de ejemplo lo que sucede en el proceso de pre-expansión y el como una perla toma tamaño y crece con la inyección de vapor.



**Figura 4.3 Crecimiento de la Perla**



**Figura 4.4 Acción del Pentano en la Perla**

c) Área de Reposo Intermedio

El área de reposo de material, es el espacio en silos en donde se almacena la perla o bien donde está en espera de su procesamiento en un bloque de poliestireno más adelante, el reposo de la perla es una etapa importante en el producto terminado posterior así como el material se mantiene en espera de pre expandirse con un sentido de cuidado para que este no pierda características de expansión, lo mismo se repite ahora en el área de moldeo, si se quiere obtener un bloque con satisfactorios atributos de calidad éste tendrá que cumplir con ciertos requisitos de fabricación, la perla posterior de ser pre-expandida tiene que estar en reposo a la intemperie entre 24 y 48 horas dependiendo la densidad a moldear así como el producto resultante a fabricar, esto regularmente se almacena en silos de reposo de aproximadamente 1000 kg, con una cantidad de hasta 30 silos con material en reposo o bien en espera de

material, estos son vaciados y llenados constantemente dependiendo por supuesto de la demanda existente en el proceso y los kilogramos pre expandidos en el proceso anterior.

#### d) Área de Moldeo de Bloques

Esta es una de las primeras áreas que se convierten en consecuencias de los procesos anteriores en cuanto al cumplimiento de los atributos de calidad solicitados, el área de moldeo de bloques es un proceso de transformación de perla pre expandida a Poliestireno fusionado o bien unido, esta operación se lleva a cabo de nuevo por medio de inyección de vapor, éste se inyecta en un molde a determinadas condiciones y se retira posteriormente por medio de bombas de vacío para asegurar que el producto no mantenga este vapor de agua que posteriormente se convertiría en humedad y esto en un obstáculo para los cortes de producto en la siguiente etapa del proceso, el área de moldeo trabaja bajo un programa diario de producción como cualquier sistema productivo, esta planeación genera las cantidades de material a fabricar diariamente pero también las densidades de los productos a fabricar, esta densidad resultante es parte del ejercicio de esta investigación en  $32 \text{ kg m}^3$ . A continuación en la figura 4.5 se mostrará un diagrama de flujo del área de moldeo.

1.- Área de Silos donde se está en reposo la perla.



2.- La perla es transportada por medio de tuberías a Bloquera.



3.- Operador ingresa densidad y dimensiones del Bloc a Bloquera.



4.- Inyección de Vapor a Molde de Bloquera.



5.- Bloquera fusiona el material en uno solo (moldeo).



6.- Presentación de producto terminado.



7.- Montacarguista toma el material resultante.



8.- Los Blocs se colocan en Almacén.



**Figura 4.5 Diagrama de Flujo del área de Moldeo**

### e) Corte de Bloques

El proceso de corte de bloques es el área de producción en donde se da la figura final al producto de acuerdo a las especificaciones del cliente con la intención de aprovechar al máximo el bloque y minimizar el desperdicio propio del proceso, los cortes que se realizan en el área se llevan a cabo por medio de alambres a los cuales se les aplica temperatura y estos se convierten en la principal herramienta, el corte en el Poliestireno no se presenta por el contacto en sí del alambre caliente con el material, es la radiación de temperatura que produce el alambre la que lleva a cabo el corte al estar a una distancia .50 o 1 mm del material dependiendo de la temperatura suministrada al alambre, esta temperatura es controlada por el equipo o línea de corte, de igual forma esta temperatura es una relación existente con la velocidad de corte, a mayor velocidad también mayor temperatura, la figura 4.6 muestra este proceso.



**Figura 4.6 Diagrama de Flujo del área de Corte**

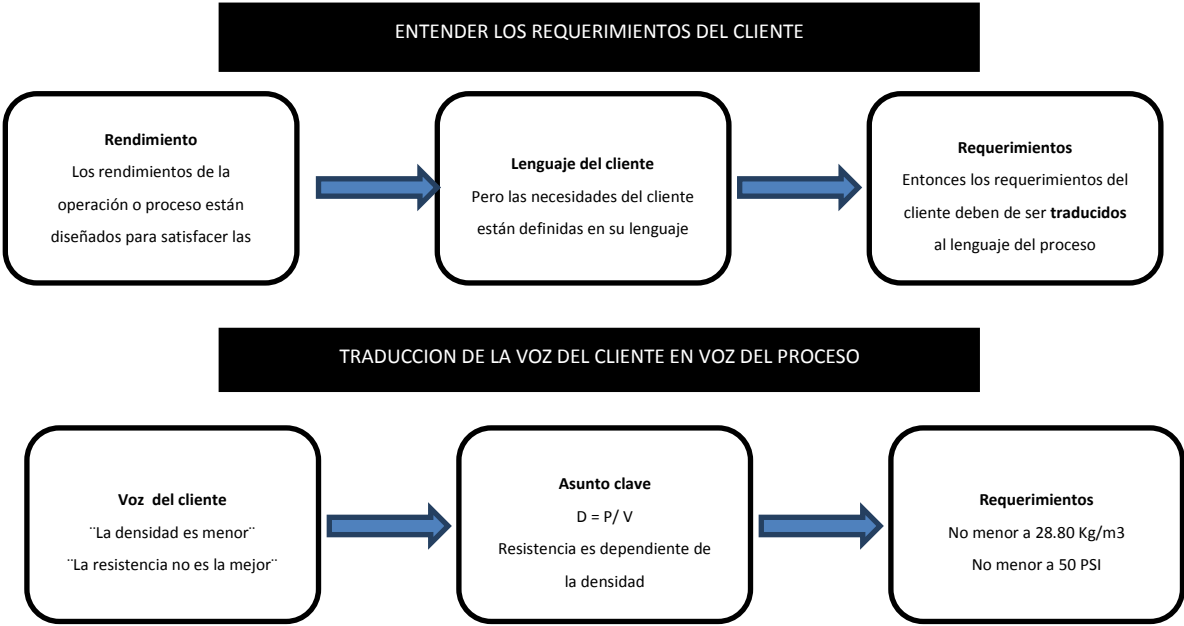
f) Área de Empaque y Embalaje

En esta área se almacena el producto terminado hasta que sea entregado al cliente en base a planeación de entregas y logística planeada, regularmente el material que se encuentra en inventario o en “Stock” es el material que la empresa considera como de “línea”, esto es el material que tiene amplio mercado en la zona y que se comercializa regularmente, este material es buscado por los clientes y con unas medidas y densidad específicas, esto se logra a través del posicionamiento del mercado y regularmente no es un corto tiempo, por lo menos para los productos de la empresa en la que estamos hablando en esta investigación, pero por otro lado también se encuentra el material de inventario parte de una negociación cliente – proveedor, en la que al proveedor en este caso FANOSA SA de CV se le exige el tener un inventario pagado por el cliente por medio del cual se aseguran entregas inmediatas, este inventario por supuesto tiene un costo que va implícito en el precio de venta del producto,

esto ya depende de la negociación que el área comercial lleve a cabo con los clientes de la empresa.

### 4.1.5 Selección de variables críticas de calidad

A continuación, en la figura 4.7 se mostrara en forma gráfica la traducción de lo que sería la voz del cliente a voz del proceso.



**Figura 4.7 Traducción voz del cliente a voz del proceso**

A continuación describiré el equipo de operación que trabajara en seleccionar las variables críticas de calidad (VCC), se eligió un equipo interdisciplinario con miembros de departamentos y áreas distintos para generar una lluvia de ideas posterior. Esta lluvia de ideas serán la voz del cliente, estos son los puntos que muchas veces pre-expansión que es el área analizada desconoce de su importancia o bien también muchas veces se desconoce que existen, esta información se vaciara en un tabulador de factores, en la que se otorgara un peso específico a cada factor, de tal forma que cada evaluador miembro del equipo de análisis le otorgara un valor en base a sus conocimientos del proceso, así se escuchara a todo el proceso completo como grupo.



Elías Hernández  
Supervisor de Producción



Wilder Marroquín  
Operador Pre-Expansión



Noé Uriarte  
Operador Moldeo



Marco de los Santos  
Inspector de Calidad



Alfredo Avalos  
Ingeniero de Calidad



Israel Figueroa  
Ingeniero de Calidad

**Tabla 4.1 Tabulador de ideas – voz del cliente**

<i>FACTOR</i>	<i>NOE</i>	<i>WILDER</i>	<i>ELIAS</i>	<i>MARCO</i>	<i>ALFREDO</i>	<i>ISRAEL</i>	<i>SUMA</i>	<i>VITALES</i>
<i>Perla Quemada</i>	3	3	3	1	3	1	14	
<i>Perla Grumos</i>	3	3	3	3	3	3	18	
<i>Perla Tamaño</i>	1	1	1	3	9	1	16	
<i>No Densidad Uniforme</i>	9	9	1	1	9	9	38	38
<i>Perla con basura</i>	9	3	3	3	1	1	20	

Criterio utilizado: 9 = Alto Impacto, 3 = Medio Impacto 1 = Bajo Impacto

#### 4.1.6 Selección de variables críticas de calidad

Ahora mostrare en la tabla 4.2 las variables del producto para determinar y establecer su grado de prioridad en el proyecto, continuamos hablando de las VCC o variables críticas de calidad que determinamos en la tabla 4.1.

**Tabla 4.2 Tabla de definición de VCC (variables críticas de calidad)**

<b>Variable del Producto</b>	<b>Porque es importante para el cliente? Orientado desde el punto de vista de los clientes</b>	<b>Situación Actual</b>	<b>Prioridad en el Proyecto</b>
<b>Perla Quemada</b>	El cliente sufre problemas de control de densidades al no reaccionar lo suficiente en el proceso de fusión en el área de moldeo.	Regular	1
<b>Perla Grumos</b>	Los grumos impedirán cortes finos y algunas veces rompe los alambres en línea de corte, es inaceptable este defecto al traer como consecuencia inmediata material no conforme.	Regular	1
<b>Perla Tamaños distintos</b>	La superficie en los materiales es muy importante, un cliente que desconozca el Poliestireno puede mal interpretar los distintos tamaños de perla en el material.	Bueno	1
<b>No densidad uniforme</b>	Es una característica clave ya que los parámetros de corte (velocidad y temperatura) se establecen a una densidad esperada independientemente del costo económico que esta representa.	Malo (densidad en 32 kg muy arriba)	5
<b>Perla con basura</b>	La basura en los materiales provoca desconfianza en los clientes sobre los procesos internos de fabricación aparte del desperdicio por material no conforme que generara en el área de corte.	Regular	1

#### 4.1.7 Definición del problema (Etapa)

Ahora propondremos un título al proyecto de aplicación de la metodología como proyecto de mejoramiento continuo, vaciaremos la información en la tabla 4.3 donde aplicaremos la técnica de los “cuatro cuales” buscando desarrollar un texto donde no se

omitan las variables críticas de calidad o el desempeño del proceso. Como resultado obtenemos la siguiente definición: “Se tienen problemas con el control de la densidad en 32  $kg\ m^3$  al estar arriba del objetivo, en el ejercicio 2009 se obtuvo como producto terminado un 31.293 por cada  $kg\ m^3$ , impidiendo la programación de variables de corte y generando un desperdicio al no agregar valor al producto”.

**Tabla 4.3 Técnica de los 4 cuales para obtener definición del problema (etapa)**

Los cuales profundizan en la definición	Componentes de la frase problema
<b>Primera Frase Ambigua</b>	Cliente Interno se queja del desorden en la densidad recibida del área de pre-expansión y moldeo.
¿Cuál es el problema con las densidades?	Las mediciones de densidades de producto terminado demuestran que estamos por arriba de lo buscado como objetivo en 32 $kg\ m^3$ .
¿Cuál es la magnitud del problema?	En el ejercicio 2009 se tuvo un promedio de 31.293 $kg\ m^3$ el resultado de medición de producto terminado de este producto nos muestra que estamos fuera de cumplimiento.
¿Cuál es nuestro nivel de calidad de nuestra compañía comparado con otras?	Es bueno, el controlar esta variable no es sencillo, la tolerancia de densidad de $\pm 10\%$ en las densidades es un ejemplo de la complejidad, el cliente interno no estandariza su corte.
¿Cuál es el impacto en la satisfacción del cliente y el costo total para el negocio?	El aumento en la percepción de nuestros clientes sería grande, al permitir al cliente final planear su programación de corte con variables de corte definidas.
Definición del Problema: <b>Se tienen problemas con el control de la densidad en 32 <math>kg\ m^3</math> al estar arriba del objetivo, en el ejercicio 2009 se obtuvo como producto terminado un 31.293 por cada <math>kg\ m^3</math>, impidiendo la programación de variables de corte y generando un desperdicio al no agregar valor al producto.</b>	

## 4.2 Etapa 2 – Medición de la situación actual

### 4.2.1 Estudio de repetitividad y reproducibilidad

El análisis para asegurar confiabilidad en las mediciones que estaremos tomando, se muestra en Anexo 4 al final de este trabajo, no es mi intención el entrar a fondo en cuestiones de metrología puesto que no es el objeto de esta investigación, así que me dedicare a mostrar solo el resultado a modo de información general de la investigación y del proceso.

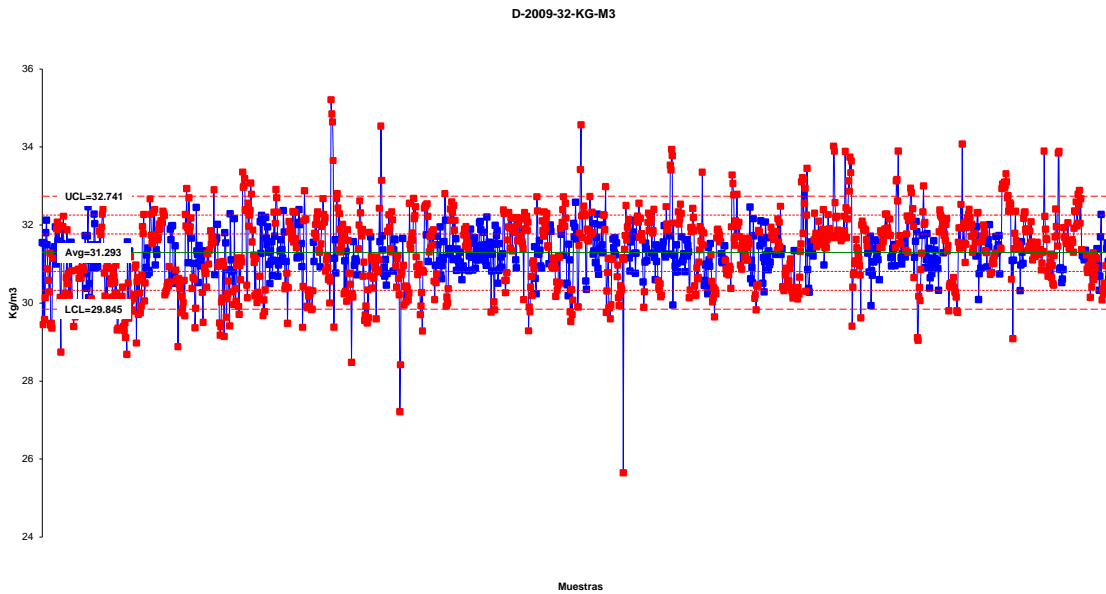
## 4.2.2 Estudio de capacidad y estabilidad para las variables críticas de calidad

En esta parte del proyecto empezaremos a medir el estado actual del proceso en cuanto al cumplimiento de la densidad en  $32 \text{ kg m}^3$ , la meta para esta densidad es de  $28.80 \text{ kg m}^3$ , estas muestras se llevan a cabo en la salida del proceso donde se mide la densidad del producto terminado y de esta forma se retroalimenta al área de pre expansión y moldeo sobre las características del producto resultante, esta medición se convierte en información estadística ya que de esta forma se alimentan los procesos de información y por otra parte funciona como proceso de inspección del departamento de aseguramiento de la calidad para liberar un producto como aceptable y ser considerado apto para enviarse al cliente de acuerdo a especificaciones del producto.

Citaremos las consideraciones o características de la información tomada, lo primero que haremos va a ser el tomar una muestra de los dos últimos meses del ejercicio 2009 en el buscaremos obtener cual es la estabilidad del proceso para de esa forma ampliar y entender más el proceso o procesos analizados por medio de esta investigación. La información que veremos en el grafico 4.2 nos muestra los resultados obtenidos en el mes de diciembre del 2009, como se observa en el grafico se encuentra una enorme área de oportunidad de aprovechamiento de la materia prima, esto es el área correspondiente entre los  $28.80 \text{ kg m}^3$  y  $32 \text{ kg m}^3$ , este comportamiento observado es muy parecido al que se presentó en todo el ejercicio 2009, a continuación mostrare las consideraciones en las cuales se recabo la información de las densidades en producto terminado en el mes de diciembre del 2009 en el grafico 4.2 próximo.

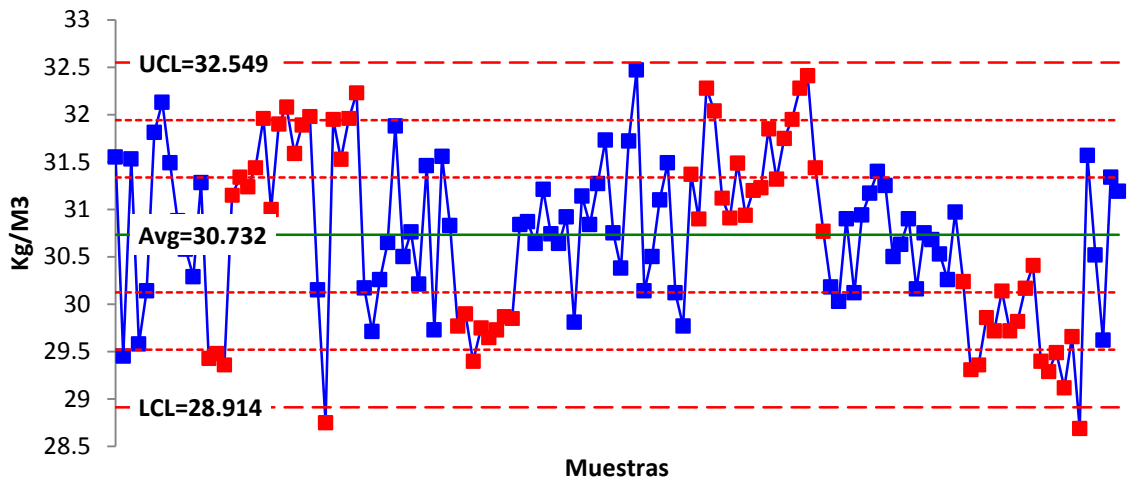
Consideraciones Básicas:

- Se analizaron un total de 1568 muestras en el periodo 01-01-2009 al 21-12-2009
- Se analizaron un total de 11 modelos distintos
- Se analizó el modelo IMA-A, IMA-B, IMA-C, IMA-D, IMA-E, IMA-F, IMA-G, IMA-H, IMA-I, IMA-O e IMA-P.

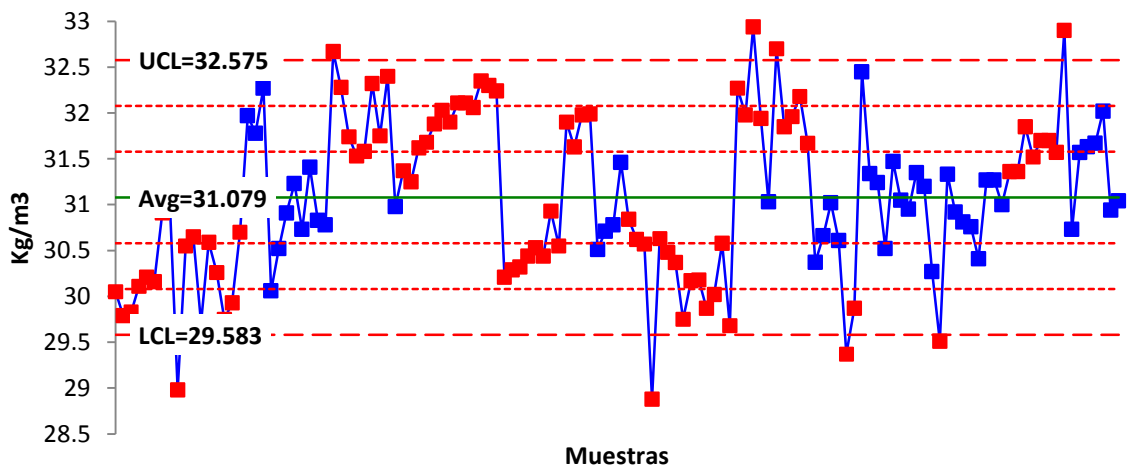


**Grafico 4.2 Densidad 32  $kg\ m^3$  Ejercicio 2009**

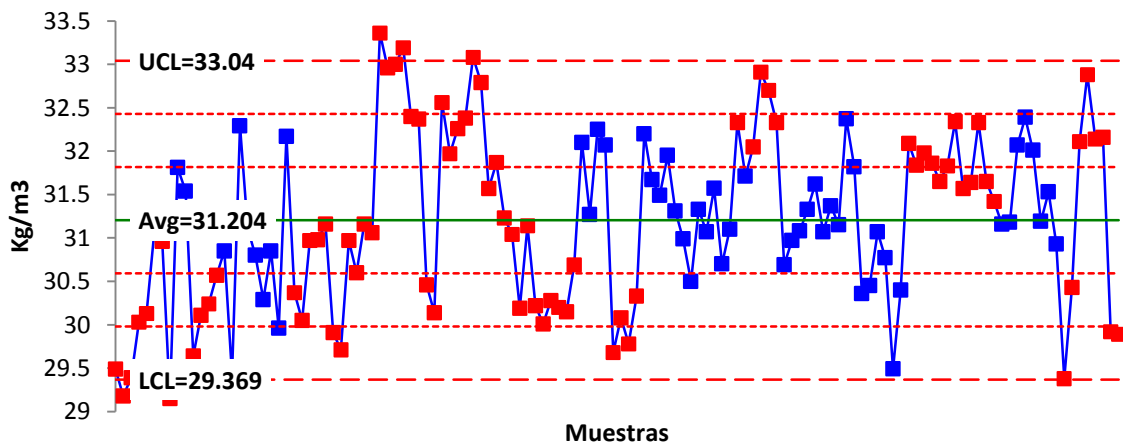
Como se muestra en el grafico 4.2 tenemos un proceso fuera de control al tener varios puntos fuera de los limites naturales del proceso, se podría decir que el proceso es inestable e impredecible, a continuación mostrare mes por mes el grafico de densidades en el 2009 para observar como se ha desarrollado el control de densidades en los ejercicios mensuales, estos gráficos estarán acompañados de sus respectiva tabla de base de datos que demuestran la densidad final obtenida en nuestros productos, procurando no atiborrar este desarrollo con números y más números las tablas con los datos los colocale al final de esta investigación a manera de anexo, por favor de ser necesario como consulta leer el anexo 1. Esta medición es parte de esta investigación ya que por medio de esta sabremos si las salidas de nuestro proceso están siendo como estamos esperando, recordemos que la intención es acercar la densidad final de los productos a un rango no menor de los  $28.8\ kg\ m^3$  pero sin acercarse lo suficiente como para permitir estar fuera de especificaciones en grandes volúmenes, la intención de mostrar estos gráficos, primero es observar que a lo largo del ejercicio 2009 no estuvimos por debajo de este rango de  $28.80\ kg\ m^3$ . A continuación veremos en los gráficos 4.3 al 4.15 este importante comportamiento.



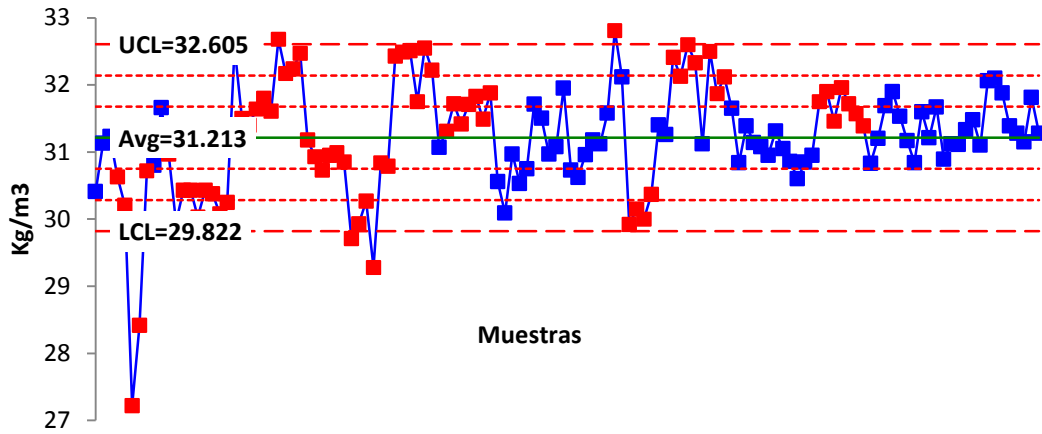
**Gráfico 4.3 Comportamiento de densidades en el mes de enero 2009 –32 kg m<sup>3</sup>**



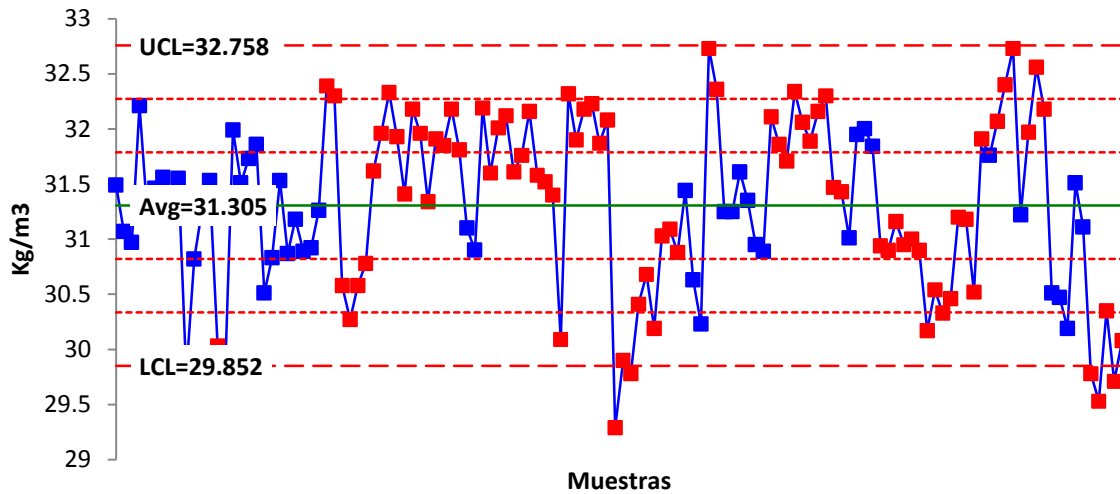
**Gráfico 4.4 Comportamiento de densidades en el mes de febrero 2009 –32 kg m<sup>3</sup>**



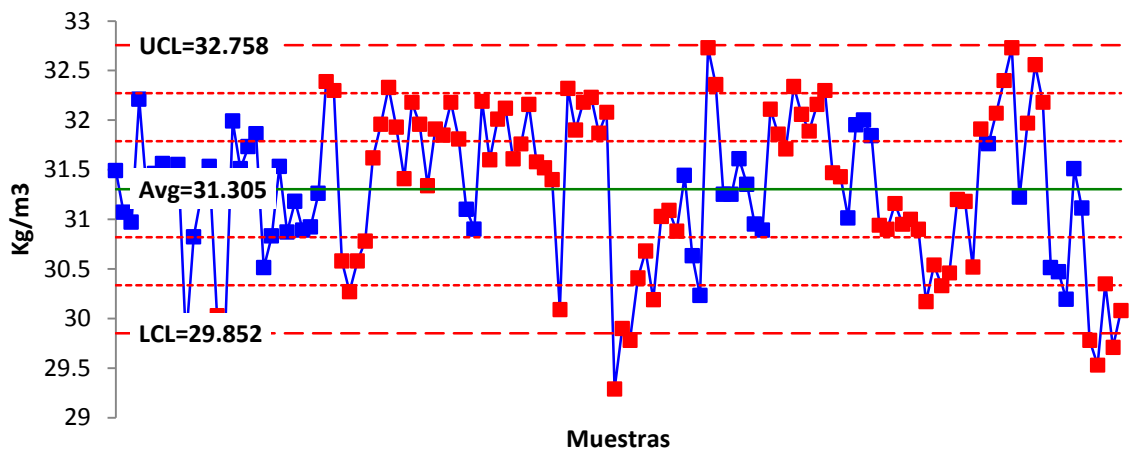
**Gráfico 4.5 Comportamiento de densidades en el mes de marzo 2009 –32 kg m<sup>3</sup>**



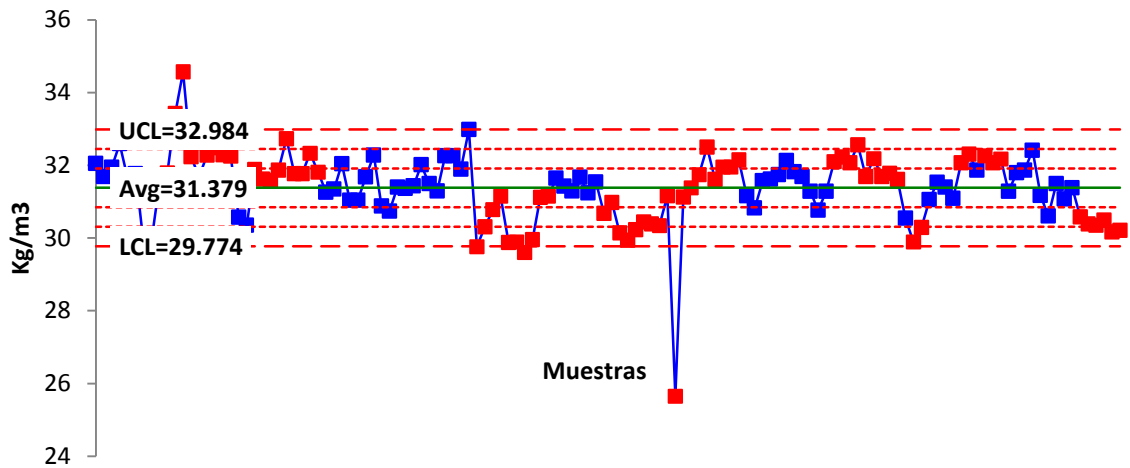
**Grafico 4.6 Comportamiento de densidades en el mes de abril 2009 –32 kg m<sup>3</sup>**



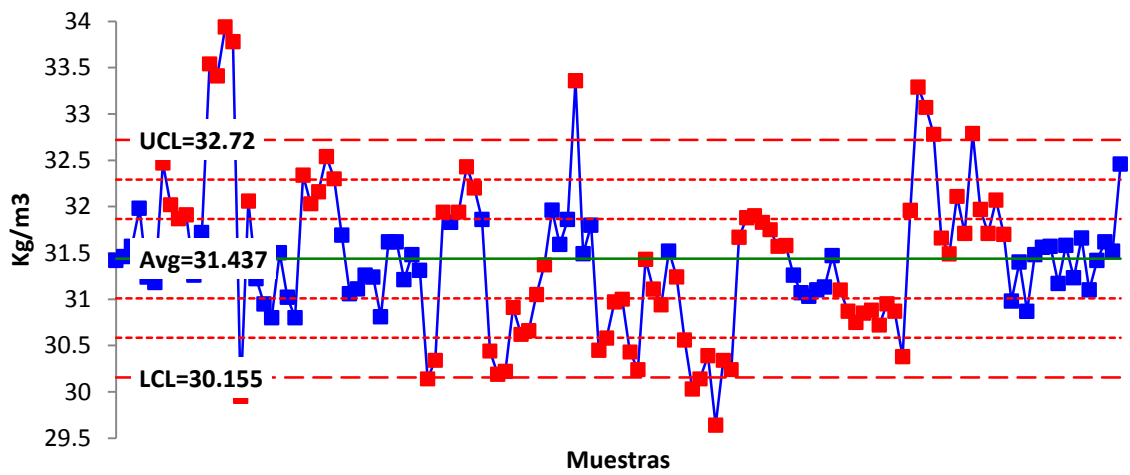
**Grafico 4.7 Comportamiento de densidades en el mes de mayo 2009 –32 kg m<sup>3</sup>**



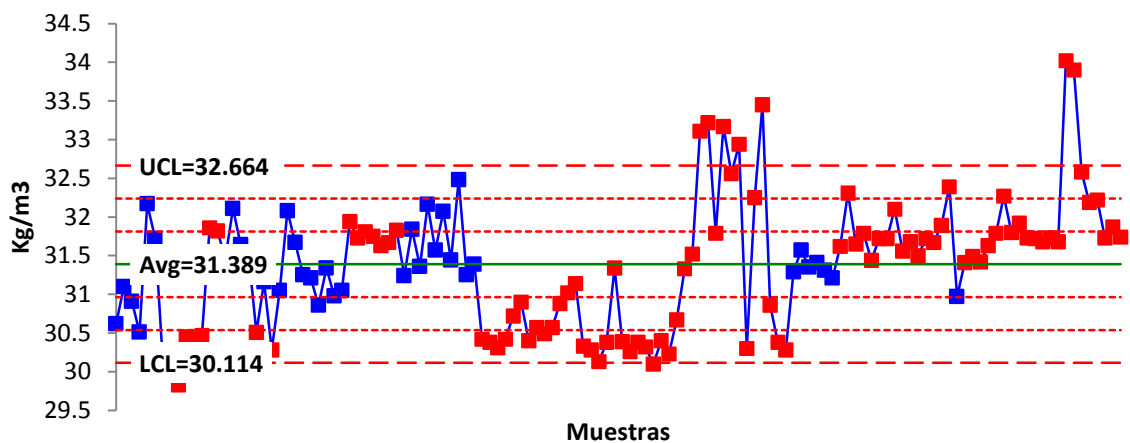
**Grafico 4.8 Comportamiento de densidades en el mes de junio 2009 –32 kg m<sup>3</sup>**



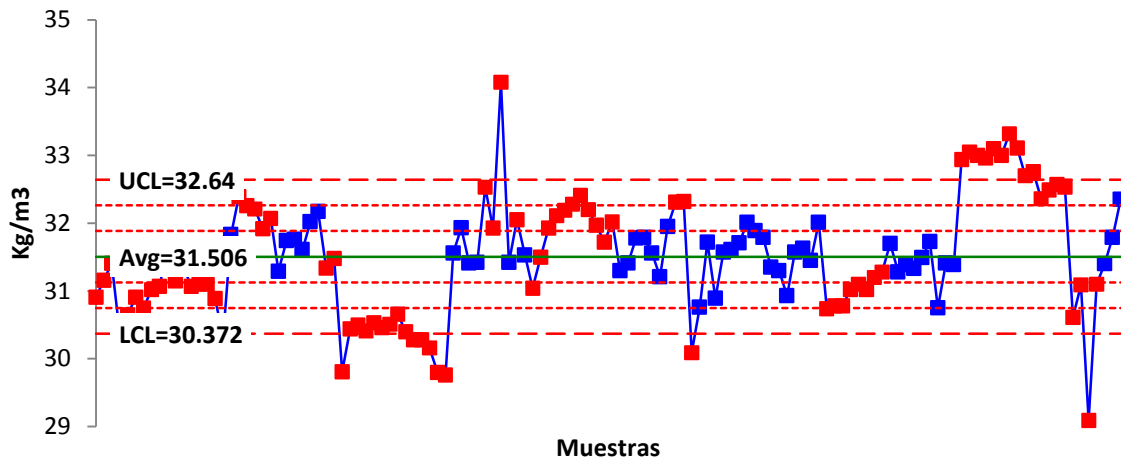
**Grafico 4.9 Comportamiento de densidades en el mes de julio 2009 –32 kg m<sup>3</sup>**



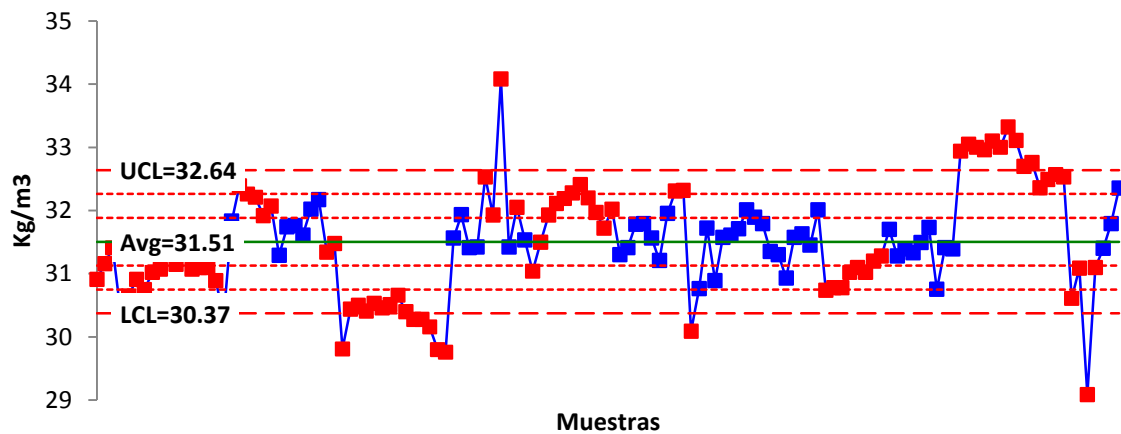
**Grafico 4.10 Comportamiento de densidades en el mes de agosto 2009 –32 kg m<sup>3</sup>**



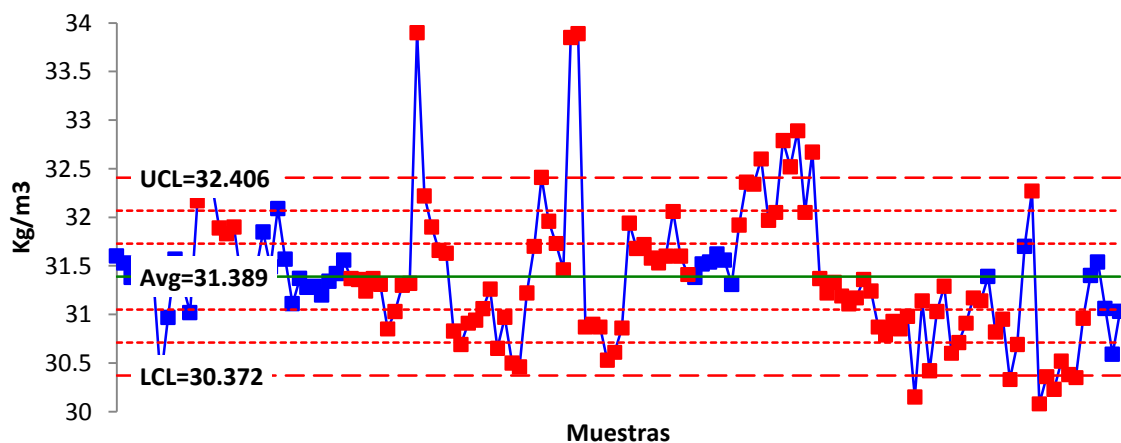
**Grafico 4.11 Comportamiento de densidades en el mes de septiembre 2009 –32 kg m<sup>3</sup>**



**Grafico 4.12 Comportamiento de densidades en el mes de octubre 2009 –32 kg m<sup>3</sup>**



**Grafico 4.13 Comportamiento de densidades en el mes de noviembre 2009 –32 kg m<sup>3</sup>**



**Grafico 4.14 Comportamiento de densidades en el mes de diciembre 2009 –32 kg m<sup>3</sup>**

### 4.2.3 Capacidad del Proceso

A continuación se mostrara el desempeño actual del proceso en términos estadísticos se medirá por medio del CP como se observa en el grafico 4.15. El proceso se encuentra cargado hacia el límite inferior máximo, esto se convierte en un desperdicio al estar fabricando productos con un valor superior al que los clientes están pagando por él, esto es un valor agregado al producto no reconocido ni necesario ante la perspectiva del cliente final, por consecuencia esto es un desperdicio.

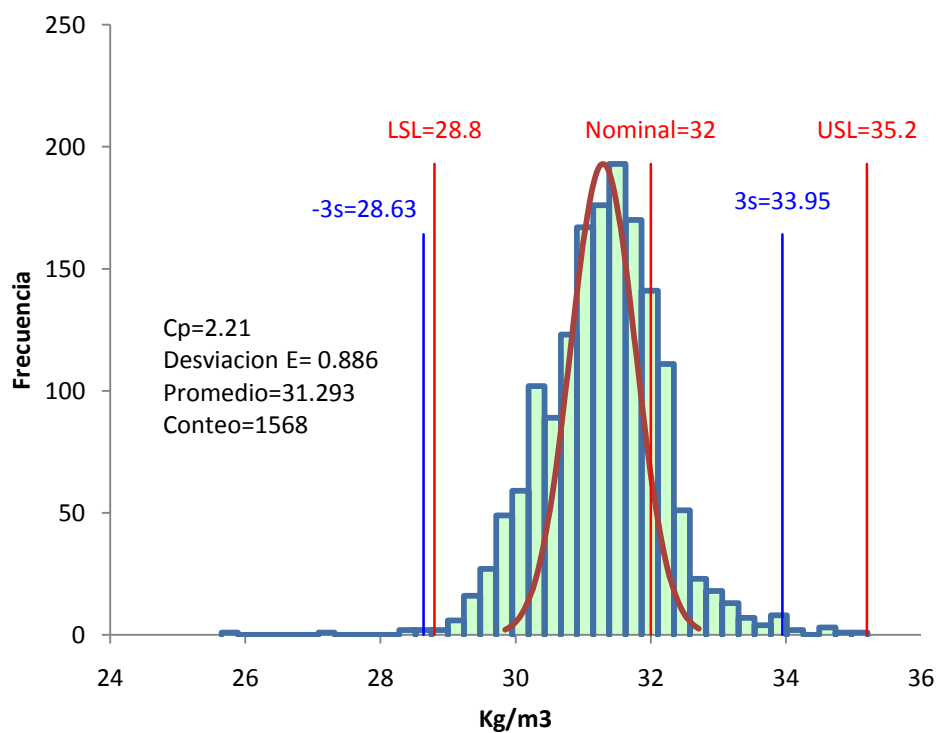


Grafico 4.15 Capacidad del Proceso o desempeño del proceso en el periodo 2009

### 4.3 Etapa 3 - Análisis de la situación

En esta etapa se identificarán las causas potenciales o reales que están influyendo de manera negativa en el desempeño de la densidad del producto en  $32 \text{ kg m}^3$ , esta etapa al igual que las demás es de suma importancia en el ejercicio de investigación, se realizará el ejercicio de análisis del problema, esto no es sencillo sobre todo cuando el equipo de trabajo o bien el grupo investigador que se encuentra trabajando en el proyecto es nuevo, desconoce el proceso y los detalles finos necesarios para poder opinar adecuadamente en un ejercicio de investigación.

En esta etapa el grupo de trabajo decidirá en base a una lluvia de ideas, a su experiencia en el proceso, a su objetividad, a su capacidad y al apoyo de las herramientas de manufactura que hemos venido aplicando a lo largo del proyecto cuales son las causas que están provocando el no poder mantener la densidad de  $32 \text{ kg m}^3$  entre los  $28.80 \text{ kg m}^3$  y el valor nominal de  $32 \text{ kg m}^3$  sin quedar fuera de especificaciones pero si por debajo del valor nominal. Esta etapa es a veces muy complicada de llevar a cabo por la disponibilidad del tiempo laboral en las organizaciones, se trata básicamente de las llamadas juntas de trabajo, la lluvia de ideas, el decidir qué es lo que está pasando, el decir es aquello, etc.

Esta etapa se debe de tomar con la seriedad necesaria, se deberá de ser muy objetivo y responsable en la generación de ideas a seguir, tengo que recordar que en cualquier ejercicio de investigación es importante que se llegue o no se llegue a la solución del problema analizado este se documente, ya que esta información siempre funcionara como base para futuros proyectos, por ejemplo si en esta etapa se decidiera como causa raíz del problema determinada variable, y el resto del proyecto en la etapa de mejorar y controlar el proyecto se trabajara al 100% enfocando los esfuerzos de la organización y del equipo de trabajo en minimizar esta variable, en conocerla, en reducir hasta donde sea posible su impacto negativo en la definición del problema mencionado anteriormente, pero que pasaría si al cierre del proyecto después de aplicar las mejoras resultantes se determinara que se eligieron erróneamente la causa raíz del problema, ¿esto habrá sido un desperdicio de tiempo?, la respuesta creo yo desde mi experiencia en búsquedas de causa raíz de proyectos de mejora organizacionales es que si lo habrá sido, desde luego que lo es y será pero siempre y cuando no se hayan recolectado los datos del ejercicio de la investigación adecuadamente, los resultados presentados y guardados adecuadamente para evitar que en el futuro se vuelva a incurrir en creer o pensar que la causa raíz del problema haya sido la misma que en este momento se demuestra que no lo es, entonces y volviendo a lo mencionado anteriormente de la posibilidad de elegir una causa raíz errónea, es importante desde luego hacerlo y hacerlo bien hablando del concepto de elección, pero en caso de que se falle en este proceso se tiene que documentar el ejercicio y volver a hacer todo el proceso de investigación ahora ya con una variable menos por considerar al ya haber demostrado que no afecta negativamente en la variable de salida.

### 4.3.1 Diagrama de Ishikawa en búsqueda de causa raíz del problema

Cabe mencionar que en este ejercicio tiene que estar todo el equipo de trabajo declarado anteriormente, es muy importante ya que preguntas y respuestas se generan al analizar el problema y evita desviar esfuerzos y tiempos en el ejercicio, será necesario el contestar preguntas como ¿es necesario estudiar el problema para determinar la causa raíz?, ¿queremos estudiar todas las causas raíz? y si la respuesta es positiva preguntarse el ¿por qué es necesario hacer esto?, ¿será necesario identificar áreas para darles seguimiento o bien determinar que será necesario para recolectar datos?, ¿porque el proceso no está declarando por medio de sus salidas los resultado esperados?. Preguntas como estas se deben de tener muy firmes en las posturas de todos los integrantes de investigación para ejecutar correctamente un diagrama de Ishikawa en la búsqueda de causa raíz del problema en cuestión, esto se puede hacer en papel, o bien en un pintarron o un proyector, todos debemos de ir observando las variables que se vayan presentando y anotarlas en el diagrama tan pronto como el equipo decida que es importante o podría estar afectando negativamente las salidas del proceso. En la figura 4.80 se muestra el diagrama que el equipo de trabajo genero y llevo a cabo, esta información se generó en un lapso de unos 60 minutos, todo inicia con una presentación del proyecto y números estadísticos ya generados.

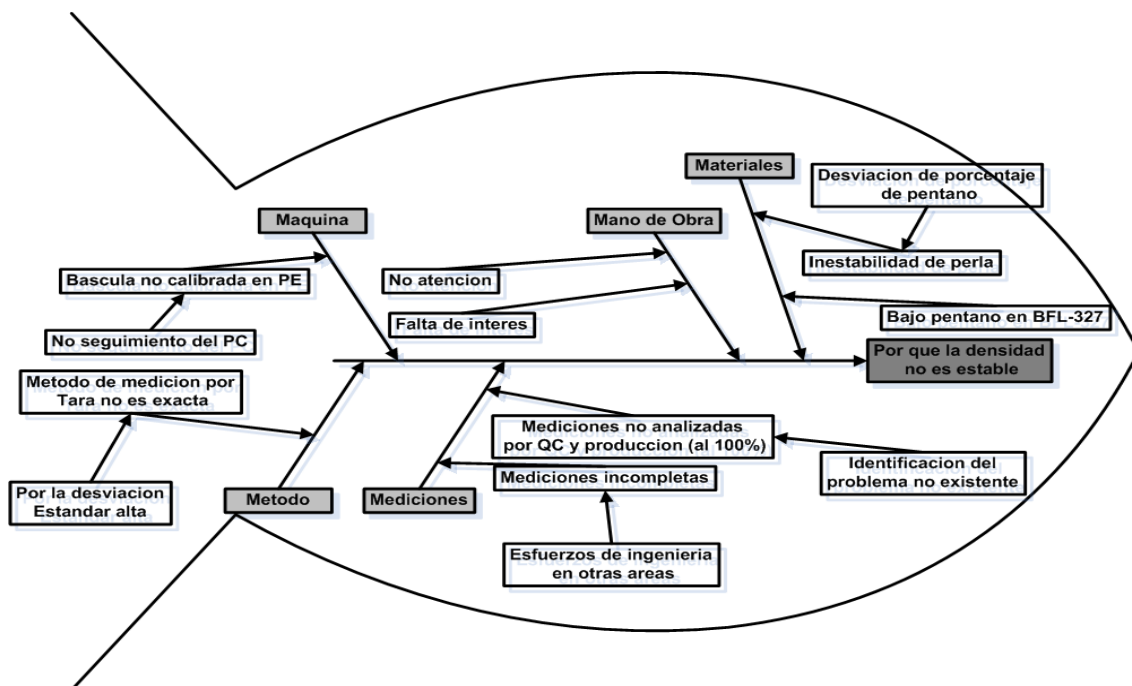


Figura 4.8 Diagrama de Ishikawa en busca de causa raíz

### 4.3.2 Tabulador para definir Vitales de Triviales en Ishikawa



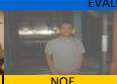



Lo que veremos en la Tabla 4.4 es una tabulador para determinar que causas serán consideradas como las “X” vitales y sobre ella enfocar nuestros esfuerzos en este ejercicio de investigación, de acá saldrán las acciones a tomar en la siguiente etapa, se vaciarán las causas raíz detectadas en el diagrama de Ishikawa, y sobre estas se trabajara en las siguientes etapas de mejora y control. Se concluyó que existen tres causas vitales que están ocasionando el descontrol en las densidades en el área, estas fueron las siguientes:

a) Es necesario dar un servicio a la báscula del área de pre-expansión, asegurarnos que las mediciones son más exactas.

b) La necesidad de aplicar un control estadístico en el área, a pesar de que la medición es capturada en el sistema por parte del equipo de trabajo estas no se miden adecuadamente por el equipo de trabajo, tanto administrativo como el operativo.

c) Será necesario el elegir adecuadamente las herramientas graficas adecuadas para no perdernos en la medición resultante del proceso, es importante que esta información se analice adecuadamente por todo el equipo del trabajo.

**Tabla 4.4 Tabulador de causas vitales y triviales**

9>>ALTO IMPACTO 3>>MEDIO IMPACTO 1>>BAJO IMPACTO	EVALUADOR						SUMA	VITAL FEW
								
Bascula no adecuada en Pre-expansión	3	1	1	1	9	3	18	x
Por que el método de medicion por tara no es exacta	3	3	1	1	1	3	12	
No SPC en el area	9	9	3	3	9	9	42	x
Falta de Atención de operadores	3	1	1	3	3	3	14	
Falta de Interés del area	3	1	1	3	1	1	10	
Toma de mediciones intermitentes	3	3	3	3	3	3	18	
Por que las mediciones no se analizan correctamente por calidad y producción	9	3	3	3	9	9	36	x
Por que la perla es muy inestable de fabricación	1	1	3	1	3	3	12	
Bajo pentano en perla BFL-327	1	1	3	1	1	1	8	

#### 4.4 Etapa 4 Mejoramiento de las VCC (variables críticas de calidad)

A partir de este momento el proyecto está listo para que se propongan acciones de solución en base a lo detectado en la etapa anterior, es importante hacer ver que lo que estamos buscando no es el ejecutar acciones para atacar las causas raíz, el objetivo es el demostrar con datos que las acciones propuestas dan solución al problema analizado y traen por consecuencia la mejora. La primera acción que se llevara a cabo es analizar las soluciones posibles para cada causa raíz, es necesario ser paciente y llevar a cabo esta etapa con la misma responsabilidad y análisis que las anteriores, a lo que me refiero es que regularmente en esta etapa al sentirse el equipo de trabajo cerca de la conclusión del proyecto se puede perder en la euforia y elegir una acción de solución que elimine solamente el efecto y no la causa raíz del problema, lo recomendable es que se genere un conjunto de acciones a tomar utilizando una lluvia de ideas como herramienta generadora de propuestas, y sobre estas se descarten y confirmen las adecuadas o mejores en base a una matriz de criterios en busca de la mejor solución que se verá más adelante. Ahora presentare las acciones de solución propuestas por el equipo de trabajo mediante una lluvia de ideas, esto se muestra en la tabla 4.5 con cuatro opciones de solución para cada causa detectada.

**Tabla 4.5 Tabla de Acciones de solución propuestas**

<b>OPCION</b>	<b>Recolección de información - bascula - medición en el área</b>	<b>No SPC en el área</b>	<b>Las mediciones no se analizan correctamente por calidad y producción</b>
<b>A=Solución</b>	Revisar hasta qué punto contamos con la báscula adecuada en relación al peso trabajado (brincos de medición).	Ingreso inmediato de gráficos de control para maximizar la medición en el área de pre-expansión.	Retroalimentación constante al área involucrada del resultado de las mediciones y áreas de oportunidad.
<b>B=Solución</b>	Trabajar en capacitación y generación de ayudas visuales para estandarizar la medición en el área.	Capacitación al equipo del área en conocimientos básicos de control estadístico.	Se contratara a practicantes para que analicen esta información.
<b>C=Solución</b>	Verificación y calibración de equipo se reducirá de 4 meses como frecuencia de calibración a 3 meses.	Calidad revisara constantemente que la información se capture en tiempo y forma.	Gráficos serán pegados en el área de trabajo y actualizados mensualmente.
<b>D=Solución</b>	Compra de Equipo de medición de densidad integrado al equipo de pre-expansión.	Gráficos serán mostrados de manera inmediata cuando se detecten puntos fuera de control.	Juntas mensuales de operación para analizar estos avances.

**Tabla 4.6 Matriz de Acciones de solución propuestas**

	Recolección de Información bascula - Medición en el área		No SPC en el área		Las mediciones no se analizan correctamente por calidad y producción
A	Revisar hasta qué punto contamos con el equipo adecuado (resolución de báscula).	E	Ingreso inmediato de gráficos de control para maximizar la medición oportuna en el área.	I	Retroalimentación constante al área involucrada del resultado de las mediciones y áreas de oportunidad.
B	Trabajar en capacitación y generación de ayudas visuales para estandarizar la medición en el área.	F	Capacitación al equipo del área en conocimientos básicos de control estadístico.	J	Contratación a practicantes o estudiantes para que analicen esta información y apoyen el proyecto.
C	Verificación y calibración de equipo se reducirá de 4 meses como frecuencia de calibración a 3 meses.	G	Calidad como departamento revisara de manera continua que la información del proceso se capture en tiempo y forma.	K	Gráficos de control pegados en el área de pre expansión y actualización constante.
D	Compra de equipo de medición de densidad integrada para el equipo de pre expansión.	H	Gráficos de control serán mostrados de manera inmediata cuando se detecten puntos fuera d control.	L	Juntas mensuales de operación para analizar estos avances.

#### 4.4.1 Matriz de prioridades para elegir mejor acción de solución

La utilización de esta matriz se utiliza en tabuladores anteriores para no dejar al aire la decisión de la mejor solución, es muy importante que en equipo se tomen las mejores alternativas y hacer que esta se lleva a cabo con una aprobación en general y con la seguridad de que fue lo mejor para todos como equipo de trabajo, en la matriz se reflejaran los distintos criterios o prioridades para la elección de la solución, a cada criterio se le asigna un peso que deseamos se considere en la decisión, estos pesos se mostraran en la tabla 4.7 y tienen su fundamento en la política de la empresa, esto quiere decir que cada empresa y cada equipo de trabajo en base a estos apoyos ya conocidos por el equipo decidirán la factibilidad real de las decisiones propuestas y dejar fuera del juego aquellas soluciones irreales de llevarse a cabo desde un punto de vista lógico y económico.

**Tabla 4.7 Matriz de criterios para opciones de solución**

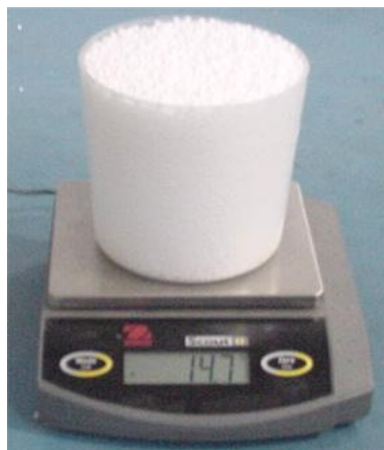
<i>PESO</i>	<i>Fácil de Implementar</i> = .50	<i>Menor costo de implementación</i> = 1.50	<i>Opinión del Cliente</i> = 1.0	<i>Compra de Mejor Tecnología</i> = .80	<i>Alto Impacto en la Solución</i> = 2.0	<i>Rapidez de la implementación</i> = 1.0	<i>Suma de Peso x Rango</i>	<i>Mejor Opción</i>
A	4	2	1	1	1	1	10.8	
B	2	4	2	1	3	1	17.8	x
C	4	3	1	1	2	4	17.3	x
D	1	1	2	1	2	1	10.8	
E	4	3	3	1	3	4	21.3	x
F	4	3	4	1	2	1	17.3	x
G	2	1	1	1	1	1	8.3	
H	1	1	1	1	4	1	13.8	
I	4	1	2	1	3	1	14.3	
J	1	1	1	1	1	1	7.8	
K	4	1	1	1	1	2	10.3	
L	2	1	2	1	1	2	10.3	

Es muy importante lo que acabamos de definir en la tabla 4.7, en esta se muestra en resumen todo lo trabajado hasta esta parte de la metodología, definimos el proyecto, localizamos el problema, lo describimos, mostramos el estado actual del proceso y posteriormente del análisis el equipo de trabajo concluye como acciones de solución al problema los cuatro puntos mostrados, se apuesta a que trabajando estos se lograra controlar la densidad del producto en los  $32 \text{ kg m}^3$ .

A continuación se hablara un poco de lo que consideramos desarrollar como acciones de solución:

1.- Trabajar en capacitación y generación de ayudas visuales para estandarizar la medición en el área. Una labor importante en cualquier proceso de producción es lograr la estandarización en el desarrollo de los mismos, una forma de buscar lograr esto es por medio de la capacitación continua al equipo de trabajo, esto se debería de llevar a cabo de una manera planificada y constante entre los miembros de cualquier equipo organizacional, esta creo y debe ser en todos los niveles de la organización, una forma de capacitar es por medio de instrucciones de trabajo y ayudas visuales revisando los documentos de apoyo con que los que cuenta el área declarados en el sistema de calidad de la empresa. Considero que existe una muy buena área de oportunidad en actualización, generación y modificación de documentos en general, eso solamente hablando exclusivamente del área de pre expansión.

2.-Verificación y calibración de equipo se reducirá de 4 meses como frecuencia de calibración a 3 meses, como ya he hablado en puntos anteriores la importancia de las mediciones es amplia y muy importante, consideramos como crítico el hecho de asegurarnos que las básculas como instrumentos de medición se encuentren arrojando en todo momento mediciones acertadas de las muestras que se toman de manera diaria en el equipo de pre expansión y su densidad consecuente, esta acción que tomaremos la podríamos considerar como preventiva y correctiva, preventiva por qué minimizamos la probabilidad de que el equipo de medición se encuentre trabajando sin tener que estarlo y correctivo ya que las condiciones de operación al ser un poco sucias y con mucho movimiento provoca algunas veces encontrar la báscula de medición con polvo en exceso en la superficie. En la figura 4.9 se muestra la báscula que se utiliza para recolectar este peso diario. Es una báscula marca OHAUS, modelo Scout-Pro con capacidad de 400gramos.



**Figura 4.9 Báscula de Pre expansión**

3.-Ingreso inmediato de gráficos de control para maximizar la medición en el área de pre expansión, la generación de estos gráficos no es con la intención de que sean medidos por el equipo de ingeniería del área, el objetivo es colocar gráficos para que la parte operativa los tenga a la mano y se pueda tomar acciones o correcciones en la densidad de manera inmediata y no hasta que el equipo de calidad detecte las desviaciones en el proceso.

4.-Trabajaremos en la capacitación del equipo de pre expansión en conocimientos generales de lo que es el control estadístico, hablar de control estadístico es hablar de conocimientos de estadística, matemáticas, probabilidad e interpretación de gráficos, estos son conocimientos

no son fáciles de digerir o absorber para personal operativo con educación básica, se tendrá que trabajar con paciencia y entusiasmo en la capacitación de este personal, empezar en conocimientos básicos de matemáticas, continuar con unidades de medidas, mediciones actuales del proceso, términos estadísticos básicos como ¿qué es fuera de control?, y así seguir hasta que logremos tener un equipo competente y responsable de sus mediciones en busca de la mejora continua de su proceso de trabajo.

#### **4.4.2 Aplicación de acciones de solución**

A partir de este punto me dedicare a explicar los detalles de la etapa de implementación de las cuatros acciones de solución descritas anteriormente y que utilizaremos como herramientas de ejecución para asegurar la densidad adecuada en el proceso de pre expansión de acuerdo a la descripción de la acción de solución decidida por el equipo de trabajo.

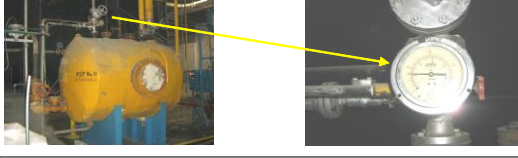
##### **4.4.2.1 Aplicación de acciones de solución – Acción 1**

En las siguientes figuras, se muestra la ayuda visual con clave de documento interno en la empresa de JP-7.5.1-001-VE, este documento se convierte en la primera acción de solución en ejecución para el problema, se declararon y actualizaron un total de 10 pasos a seguir por el operador de pre expansión en el seguimiento de densidades dentro del proceso, la figura 4.10 muestra a manera de ejemplo la hoja uno de este documento, al final de este trabajo a manera de anexo se muestra completo (Anexo 2), este documento se ingresó al sistema de calidad siendo obligación de esta forma el que sea revisado y controlado mediante el procedimiento interno de control de documentos de la empresa, cumpliendo de esta manera la cláusula 4.2.3 de la norma ISO 9001-2008 sobre el control de documentos que puedan afectar la calidad del producto. En la figura 4.11 se muestra la instrucción de trabajo JP-7.5.1-001-IT-H que nos describe de manera escrita la operación a seguir por el operador de pre expansión para su operación diaria, dejando como pasos únicos a seguir la medición constante de la densidad en el proceso y la captura de esta información para analizar de inmediato la densidad del proceso y por consecuencia el cumplimiento de sus objetivos de calidad del área.

Producción - Corte				
Ayuda visual				
Departamento:	Operación:	Ejecutada por:	Número de documento:	Valido a partir:
Producción	Preexpansión	Operador Preexpansor	JP 7.5.1-001-V1e	12/06/2011
Número de parte:	Descripción:	Elaboro:	Autorizo:	Página:
NA	Preexpansión EPS 32 Kg/m3	Supervisor de producción	Jefe de Producción	1 de 5


  

### PASO 1



Al iniciar la pre- expansión revisar que el manometro del acumulador de vapor marque 2 kilos.

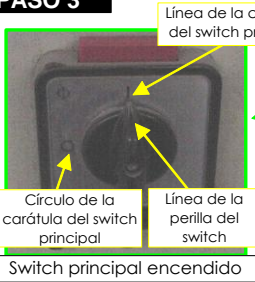
### PASO 2



Asegurarse que el termómetro del acumulador marque 125 Grados

### PASO 3

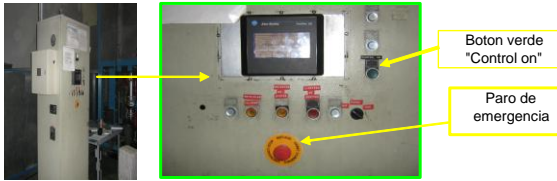


Nota: cuando la línea de la peilla del switch principal esta alineada con la línea de la carátula del switch significa que esta encendido, si esta alineada con el círculo de la carátula del switch significa que esta apagado.

Switch principal encendido

Encender el switch principal del preexpansor.

### PASO 4



Desactivar el boton de paro de emergencia (girar hacia la izquierda). Despues presionar boton verde control on

**Figura 4.10 1ra Acción de Solución - Ayuda visual JP-7.5.1-001-VE**

Producción Corte				
Instrucción de Trabajo				
Departamento:	Operación:	Ejecutada por:	Número de documento:	Valido a partir de:
Producción	Preexpansión de EPS	Operador Preexpansor	JP 7.5.1-IT001h	20-06-2011
Número de parte:	Descripción:	Elaboro:	Autorizo:	Página:
NA	Preexpansor Wieser	Supervisor de Moldeo	Jefe de Produccion	1 de 1

No.	Descripción de actividad	Herramientas especiales	Puntos de control	Frecuencia
1	Checar la cantidad de silos vacíos	Pizarron de control de silos	Silos vacíos	Inicio de operaciones
2	Verificar la presión de vapor del acumulador	JP 7.5.1-001-V1	2 kg/cm <sup>2</sup> - 2.5 kg/cm <sup>2</sup>	Inicio y durante la operación
3	Verificar la presión de aire	JP 7.5.1-001-V1	4 kg/cm <sup>2</sup> - 7 kg/cm <sup>2</sup>	Inicio y durante la operación
4	Revisar programa de trabajo que indica cantidad a preexpandir	JP 7.5.1-F1	Programa de trabajo	Inicio de la operación
5	Fijar valores y parámetros de preexpansión según la densidad deseada	JP 7.5.1-001-V3	NA	Inicio de operaciones
6	Cargar materia prima adecuada a la densidad a preexpandir.	JP 7.5.1-001-V3	AC 8.2.4-001-F2	Inicio de operaciones
7	Precalear Preexpansor	JP 7.5.1-001-V1	200 grados F	Inicio de operaciones
8	Seleccionar los silos vacíos	JP 7.5.1-001-V1	Pizarron de control de silos	Inicio y durante la operación
9	Iniciar la preexpansión	JP 7.5.1-001-V1	NA	Durante el turno
10	Verificar que la densidad este dentro de los objetivos establecidos para el area de pre-expansión	JP 7.5.1-002-V4	NA	Inicio y durante la operación
10	Registrar en los graficos de pre-control la densidad y ajustar valores de ser necesario	JP 7.5.1-001-F19, JP 7.5.1-001-F16, JP 7.5.1-001-F17, JP-7.5.1-001-F18, JP-7.5.1-001-F15, JP-7.5.1-001-F20, JP 7.5.1-001-F21	Densidad Muestreada	Durante la operación
11	Registrar los silos que se van llenando	JP 7.5.1-001-F3	Pizarron de control de silos	Durante la operación
13	Limpieza del área	NA	NA	Final de operaciones

**Figura 4.11 Instrucción de Trabajo JP-7.5.1-IT-001H**

#### 4.4.2.2 Aplicación de acciones de solución – Acción 2

Empezare antes que nada con el desarrollo de la calibración de la báscula de pre expansión, esta bascula tiene el código interno de identificación AC-001-006 que se muestra en la figura 4.12, a continuación mostrare el equipo patrón con el cual nos aseguramos que las mediciones que arroja la báscula son reales y fiables para la toma de decisiones en este proyecto, esta calibración se llevó a cabo con las pesas patrón con código de identificación interno AC-007-001 y que se muestra en la figura 4.13.

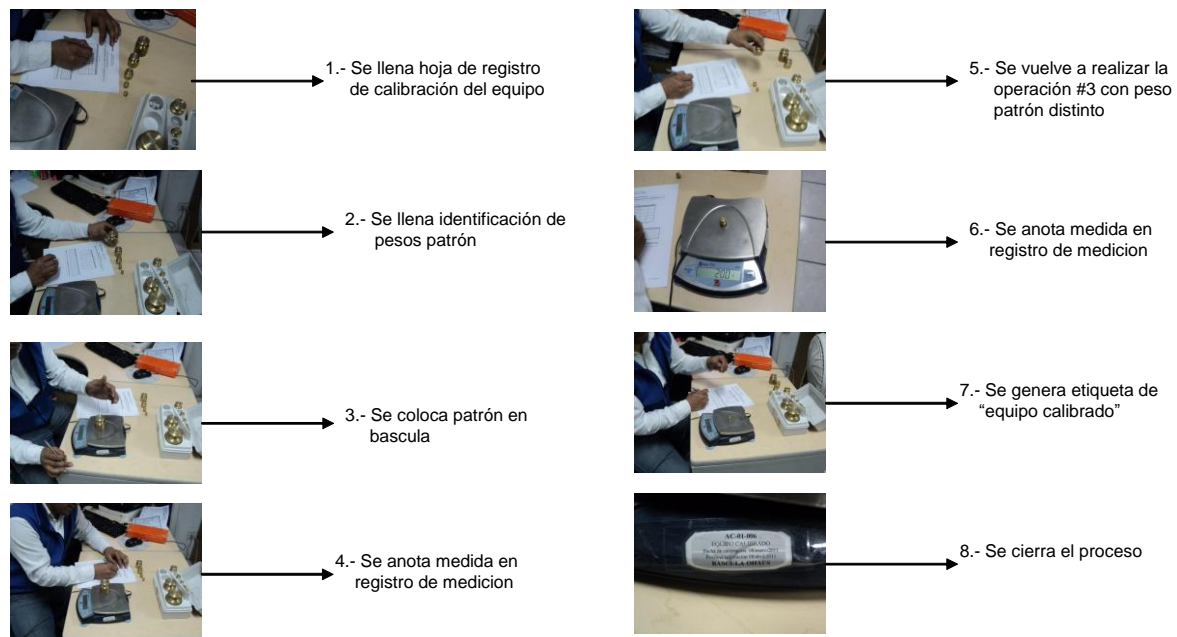


**Figura 4.12 Báscula de Pre expansión**



**Figura 4.13 Pesas patrón**

A continuación describo en manera de pasos las actividades que se llevaron a cabo para asegurar las correctas mediciones, son ocho pasos y se muestran en la figura 4.14



**Figura 4.14 Proceso de calibración de Bascula de Pre expansión**

Seguido de la calibración anterior se procederá a mostrar instrucciones de trabajo que se generaron en lo particular para asegurar la estandarización de esta operación, estos documentos quedaran dados de alta en el sistema de calidad del área de trabajo y serán auditados dentro del sistema en auditorías internas de calidad de manera trimestral, esto buscando que no nos equivoquemos en el accionar de lo puesto en “papeles” por medio de los documentos del sistema de calidad que al final de cuentas son lo que nos dicen que hacer y cómo hacerlo en nuestro trabajo diario, la figura 4.15 nos muestra un ejemplo de instrucción elaborada.

Producción Corte				
Instrucción de Trabajo				
Departamento:	Operación:	Ejecutada por:	Número de documento:	Valido a partir de:
Aseguramiento de Calidad	Calibración de equipo	Inspector de calidad	AC 7.6-IT002a	Enero-22-2011
Número de parte:	Descripción:	Elaboró:	Autorizó:	Página:
NA	Basculas	Supervisor Calidad	Ingeniera de Calidad	1 de 1

No.	Descripción de actividad	Herramientas especiales	Puntos de control	Frecuencia
1	Las básculas serán verificadas de acuerdo al programa de verificación ó cuando se detecte alguna lectura dudosa.	Programa de calibración AC 7.6-001-F1	Que la etiqueta de verificación no se encuentre vencida y que todos los datos estén legibles.	Al inicio de la verificación
2	Colocar la báscula en una mesa libre de vibraciones y corrientes de aire, fuera de el alcanza de ventiladores y calefactores.	Mesa libre de Movimientos	Mesa Firme alejada de vibraciones	Al inicio de la calibración
3	Encender la báscula, presione y sostenga el botón "Zero On" hasta que CAL aparezca en la pantalla, luego suéltelo y aparecerá -C- seguido de el valor de la masa que se debe colocar sobre el plato.	NA	Cerciorarse de oprimir adecuadamente las teclas	Durante la calibración
4	La pantalla no se debe colocar mientras -C- esta en el plato.	NA	NA	Durante la calibración
5	Colocar la masa que requerida sobre el plato (ej. 200g) y momentáneamente presione " Zero On"	Pesas patrón código AC-07-001	Verificar que la pesa cumpla con el peso solicitado	Durante la calibración
6	Cuando el peso sobre el plato aparezca en la pantalla con el indicador de estabilidad, la báscula está calibrada.	NA	NA	Durante la calibración
7	Retire la masa (ej. 200g) de el plato. Apague y encienda la báscula y verificar los pesos respecto a otros rangos.	Pesas patrón Formato de calibración AC 7.6-002-F1	Verificar la calibración con otras mediciones.	Durante la calibración
8	En el caso de que la báscula no se pueda calibrar internamente por fallas internas de la báscula se procederá a calibrarla externamente en empresas de servicio de este giro.	Servicios de calibración (Externos)	Verificar la báscula a través de las pesas patrón	Después de la calibración
9	Al comprobar la correcta calibración de el equipo colocar la etiqueta de calibración con el código correspondiente.	Etiqueta de Calibración AC 7.6-001-V2	Verificar que los datos de la etiqueta sean claros.	Al final de la calibración cada 3 meses
10	Registrar en el expediente y en el programa de calibración la verificación realizada al equipo.	Registro de calibración AC 7.6-002-F1 Programa de calibración AC 7.6-001-F1	NA	Después de la verificación

**Figura 4.15 Instrucción de Trabajo de Calibración de Basculas**

### 4.4.2.3 Aplicación de acciones de solución – Acción 3

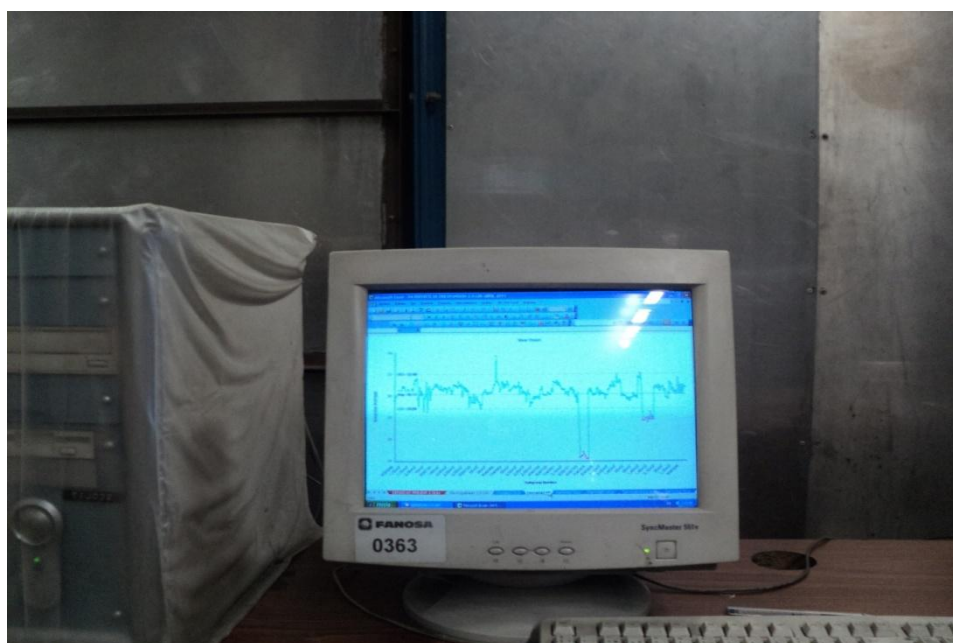
Lo que mostrare en la Figura 4.16, es una imagen de un pizarrón que se instaló físicamente en el área de pre expansión, en este pizarrón se colocan de manera mensual los gráficos de control de la operación del área, es responsabilidad del departamento de calidad darle seguimiento a la actualización de esta información visual en apoyo con el supervisor del área de producción, estos gráficos solo son una parte de la implementación del análisis estadístico en el área, la parte más importante es el análisis de la información día a día, se instaló una computadora en el área de pre expansión donde ahora el operador captura por su cuenta las mediciones de pre expansión, esta información se gráfica y se presenta inmediatamente, de tal forma que el operador al instante tiene la opción de corregir densidades de acuerdo a parámetros u objetivos de calidad previamente establecidos de la densidad buscada, esto se observa en la figura 4.17 y 4.18 mostradas más adelante.



**Figura 4.16 Pizarrón Estadístico**

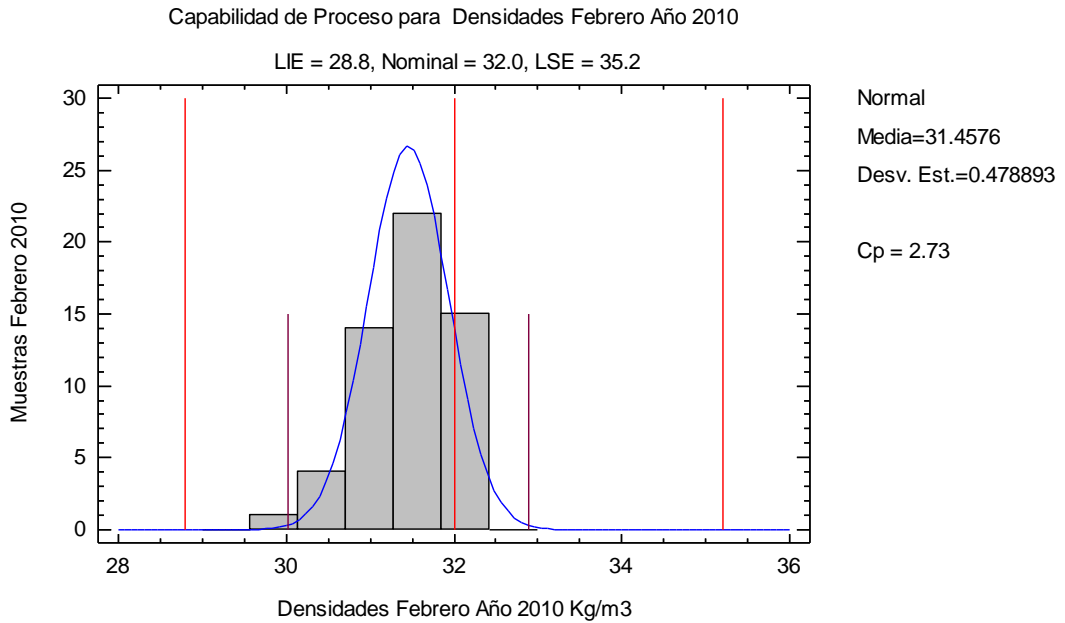


**Figura 4.17 Estación de captura estadística en el área**



**Figura 4.18 Información en análisis estadístico en el área de pre expansión**

En los gráficos siguientes veremos los resultados de los meses analizados en el 2010, no mostrare todos los meses, el objetivo de esta investigación a final de cuentas es demostrar que a través de la aplicación de una herramienta de manufactura en forma adecuada se puede asegurar la optimización de densidades en un proceso de pre expansión. Esto lo muestro en los gráficos 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 y 4.21, la conclusión de los mismos se mostrara a manera de análisis en las tablas 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 y 4.13.



**Grafico 4.16 Densidades en análisis estadístico Febrero 2010**

**Tabla 4.8 Conclusión Densidades en análisis estadístico Febrero 2010**

	<i>Observados</i>		<i>Estimados</i>	<i>Defectos</i>
<i>Especificaciones</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Valor-Z</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Por Millón</i>
LSE = 35.2	0.000000%	7.81	0.000000%	0.00
Nominal = 32.0		1.13		
LIE = 28.8	0.000000%	-5.55	0.000001%	0.01
Total	0.000000%		<b>0.000001%</b>	<b>0.01</b>

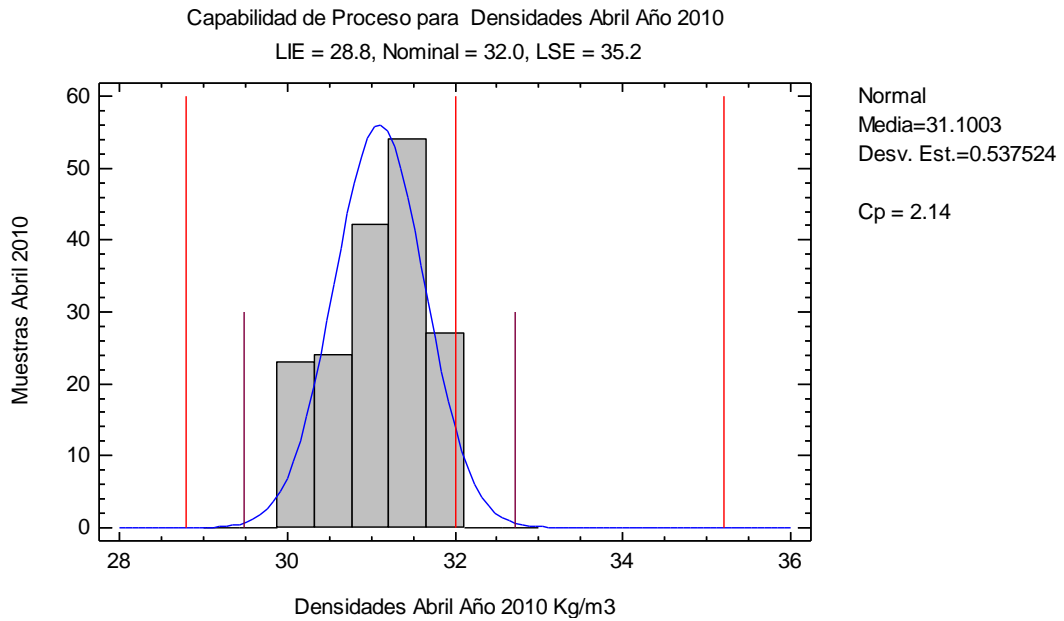
Datos/Variable: Densidades Febrero Año 2010

Distribución: Normal  
 tamaño de muestra = 56  
 media = 31.4576 kg m<sup>3</sup>  
 desv. est. = 0.478893 kg m<sup>3</sup>

6.0 Límites Sigma  
 +3.0 sigma = 32.8942 kg m<sup>3</sup>  
 Media = 31.4576 kg m<sup>3</sup>  
 -3.0 sigma = 30.0209 kg m<sup>3</sup>

Este procedimiento se ha diseñado para comparar un conjunto de datos contra un conjunto de especificaciones. El objetivo del análisis es estimar la proporción de la población que queda fuera de los límites de especificación. En este caso, se ha ajustado una distribución Normal a un conjunto de 56 observaciones en la variable Densidades Febrero Año 2010. 0.00000143721% de la distribución ajustada queda fuera de los límites de especificación.

**[38]**



**Grafico 4.17 Densidades en análisis estadístico Abril 2010**

**Tabla 4.9 Conclusión Densidades en análisis estadístico Abril 2010**

	<i>Observados</i>		<i>Estimados</i>	<i>Defectos</i>
<i>Especificaciones</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Valor-Z</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Por Millón</i>
LSE = 35.2	0.000000%	7.63	0.000000%	0.00
Nominal = 32.0		1.67		
LIE = 28.8	0.000000%	-4.28	0.000938%	9.38
Total	0.000000%		<b>0.000938%</b>	<b>9.38</b>

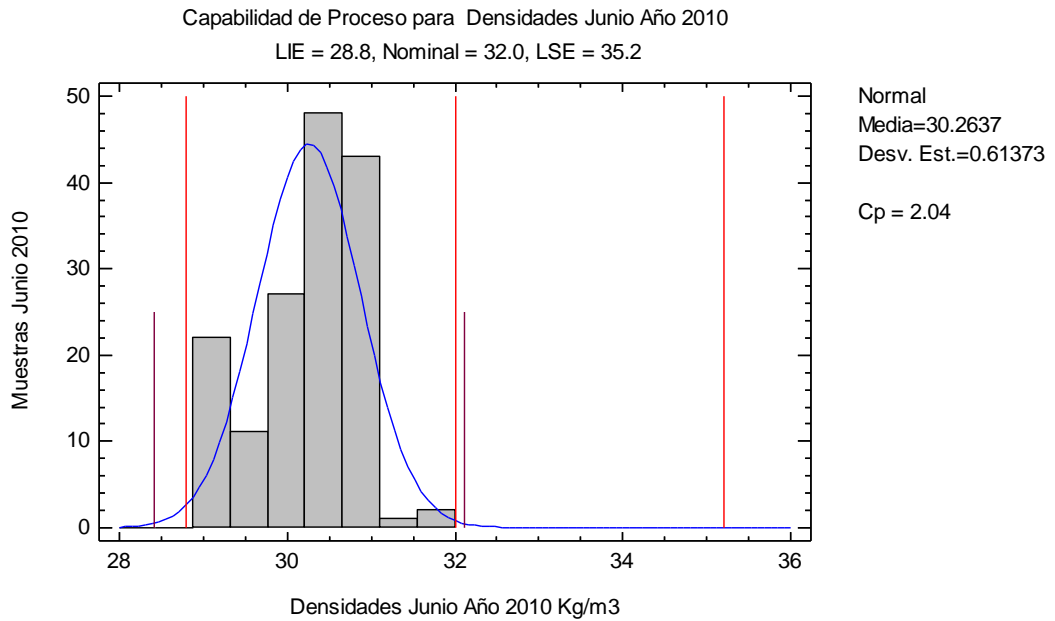
Datos/Variable: Densidades Abril Año 2010

Distribución: Normal  
tamaño de muestra = 170  
media = 31.1003  $kg\ m^3$   
desv. est. = 0.537524  $kg\ m^3$

6.0 Límites Sigma  
+3.0 sigma = 32.7128  $kg\ m^3$   
media = 31.1003  $kg\ m^3$   
-3.0 sigma = 29.4877  $kg\ m^3$

Este procedimiento se ha diseñado para comparar un conjunto de datos contra un conjunto de especificaciones. El objetivo del análisis es estimar la proporción de la población, que queda fuera de los límites de especificación. En este caso, se ha ajustado una distribución Normal a un conjunto de 170 observaciones en la variable Densidades Abril Año 2010. 0.000937711% de la distribución ajustada queda fuera de los límites de especificación.

**[38]**



**Grafico 4.18 Densidades en análisis estadístico Junio 2010**

**Tabla 4.10 Conclusión Densidades en análisis estadístico Junio 2010**

	<i>Observados</i>		<i>Estimados</i>	<i>Defectos</i>
<i>Especificaciones</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Valor-Z</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Por Millón</i>
LSE = 35.2	0.000000%	8.04	0.000000%	0.00
Nominal = 32.0		2.83		
LIE = 28.8	0.000000%	-2.38	0.854217%	8542.17
Total	0.000000%		<b>0.854217%</b>	<b>8542.17</b>

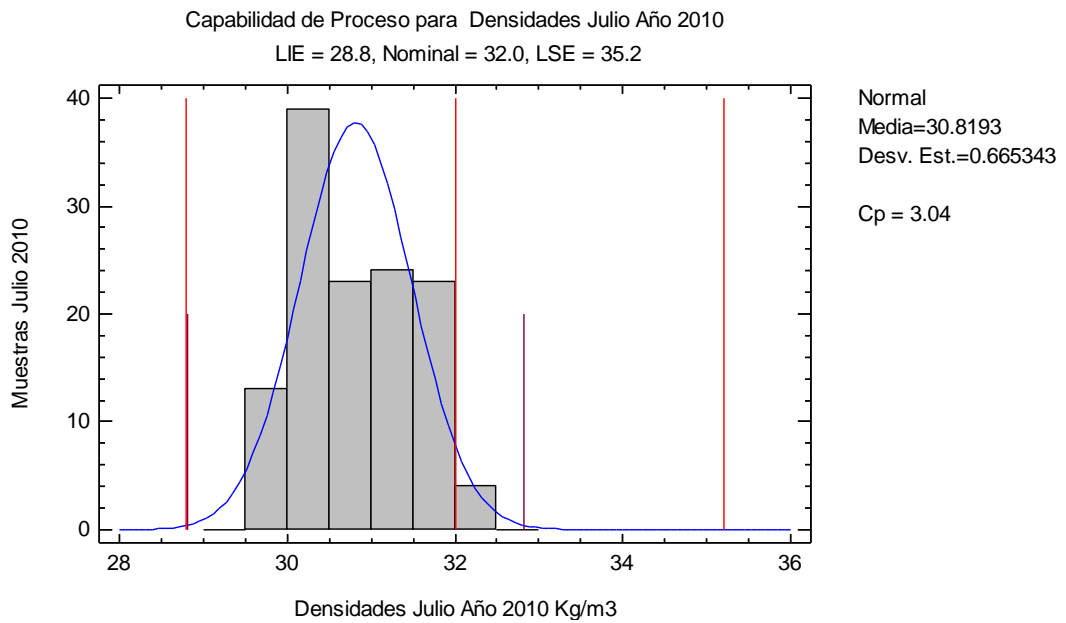
Datos/Variable: Densidades Junio Año 2010

Distribución: Normal  
 tamaño de muestra = 154  
 media = 30.2637 kg m<sup>3</sup>  
 desv. est. = 0.61373 kg m<sup>3</sup>

6.0 Límites Sigma  
 +3.0 sigma = 32.1049 kg m<sup>3</sup>  
 media = 30.2637 kg m<sup>3</sup>  
 -3.0 sigma = 28.4225 kg m<sup>3</sup>

Este procedimiento se ha diseñado para comparar un conjunto de datos contra un conjunto de especificaciones. El objetivo del análisis es estimar la proporción de la población, que queda fuera de los límites de especificación. En este caso, se ha ajustado una distribución Normal a un conjunto de 154 observaciones en la variable Densidades Junio Año 2009. 0.854217% de la distribución ajustada queda fuera de los límites de especificación.

**[38]**



**Grafico 4.19 Densidades en análisis estadístico Julio 2010**

**Tabla 4.11 Conclusión Densidades en análisis estadístico Julio 2010**

	<i>Observados</i>		<i>Estimados</i>	<i>Defectos</i>
<i>Especificaciones</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Valor-Z</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Por Millón</i>
LSE = 35.2	0.000000%	6.58	0.000000%	0.00
Nominal = 32.0		1.77		
LIE = 28.8	0.000000%	-3.04	0.120255%	1202.55
<b>Total</b>	<b>0.000000%</b>		<b>0.120255%</b>	<b>1202.55</b>

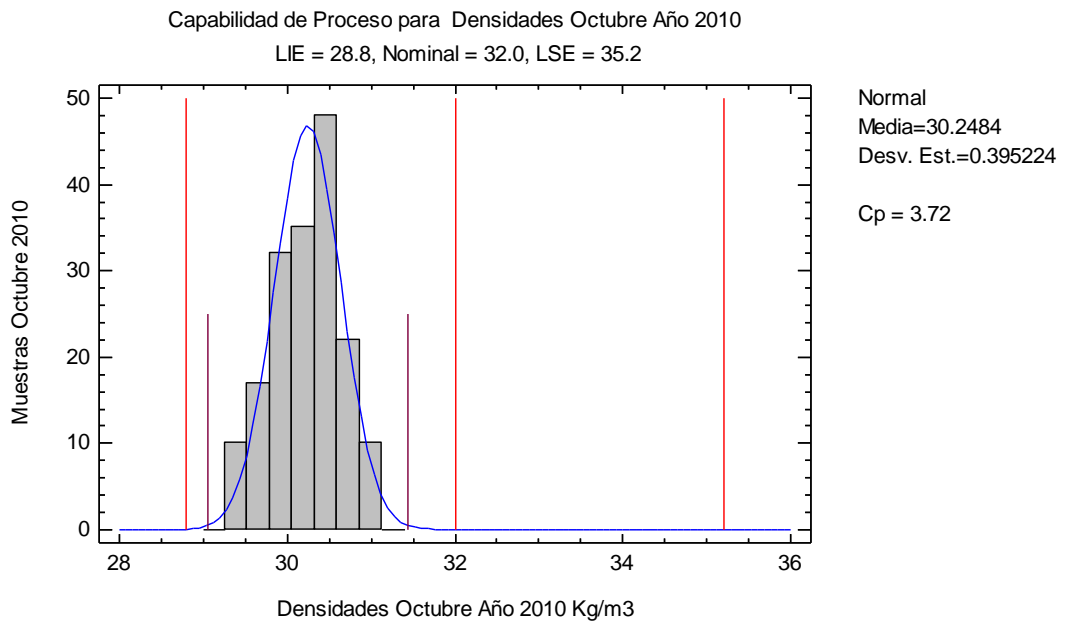
Datos/Variable: Densidades Julio Año 2010

Distribución: Normal  
tamaño de muestra = 126  
media = 30.8193  $kg\ m^3$   
desv. est. = 0.665343  $kg\ m^3$

6.0 Límites Sigma  
+3.0 sigma = 32.8154  $kg\ m^3$   
media = 30.8193  $kg\ m^3$   
-3.0 sigma = 28.8233  $kg\ m^3$

Este procedimiento se ha diseñado para comparar un conjunto de datos contra un conjunto de especificaciones. El objetivo del análisis es estimar la proporción de la población, que queda fuera de los límites de especificación. En este caso, se ha ajustado una distribución Normal a un conjunto de 126 observaciones en la variable Densidades Julio Año 2010. 0.120255% de la distribución ajustada queda fuera de los límites de especificación

**[38]**



**Grafico 4.20 Densidades en análisis estadístico Octubre 2010**

**Tabla 4.12 Conclusión Densidades en análisis estadístico Octubre 2010**

	<i>Observados</i>		<i>Estimados</i>	<i>Defectos</i>
<i>Especificaciones</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Valor-Z</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Por Millón</i>
LSE = 35.2	0.000000%	12.53	0.000000%	0.00
Nominal = 32.0		4.43		
LIE = 28.8	0.000000%	-3.66	0.012377%	123.77
<b>Total</b>	<b>0.000000%</b>		<b>0.012377%</b>	<b>123.77</b>

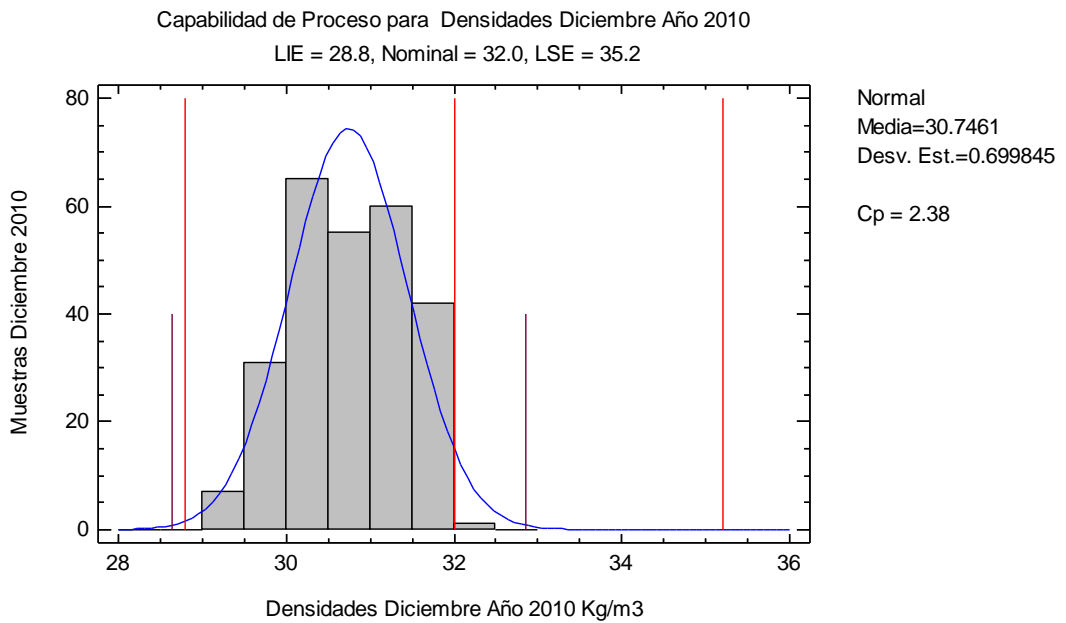
Datos/Variable: Densidades Octubre Año 2010

Distribución: Normal  
tamaño de muestra = 174  
media = 30.2484 kg m<sup>3</sup>  
desv. est. = 0.395224 kg m<sup>3</sup>

6.0 Límites Sigma  
+3.0 sigma = 31.4341 kg m<sup>3</sup>  
media = 30.2484 kg m<sup>3</sup>  
-3.0 sigma = 29.0628 kg m<sup>3</sup>

Este procedimiento se ha diseñado para comparar un conjunto de datos contra un conjunto de especificaciones. El objetivo del análisis es estimar la proporción de la población, que queda fuera de los límites de especificación. En este caso, se ha ajustado una distribución Normal a un conjunto de 174 observaciones en la variable Densidades Octubre Año 2010. 0.0123773% de la distribución ajustada queda fuera de los límites de especificación.

**[38]**



**Grafico 4.21 Densidades en análisis estadístico Diciembre 2010**

**Tabla 4.13 Conclusión Densidades en análisis estadístico Diciembre 2010**

	<i>Observados</i>		<i>Estimados</i>	<i>Defectos</i>
<i>Especificaciones</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Valor-Z</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Por Millón</i>
LSE = 35.2	0.000000%	6.36	0.000000%	0.00
Nominal = 32.0		1.79		
LIE = 28.8	0.000000%	-2.78	0.271157%	2711.57
Total	0.000000%		<b>0.271157%</b>	<b>2711.57</b>

Datos/Variable: Densidades Diciembre Año 2010

Distribución: Normal  
 tamaño de muestra = 261  
 media = 30.7461 kg m<sup>3</sup>  
 desv. est. = 0.699845 kg m<sup>3</sup>

6.0 Límites Sigma  
 +3.0 sigma = 32.8456 kg m<sup>3</sup>  
 media = 30.7461 kg m<sup>3</sup>  
 -3.0 sigma = 28.6466 kg m<sup>3</sup>

Este procedimiento se ha diseñado para comparar un conjunto de datos contra un conjunto de especificaciones. El objetivo del análisis es estimar la proporción de la población, que queda fuera de los límites de especificación. En este caso, se ha ajustado una distribución Normal a un conjunto de 261 observaciones en la variable Densidades Diciembre Año 2010. 0.271157% de la distribución ajustada queda fuera de los límites de especificación

**[38]**

#### **4.4.2.4 Aplicación de acciones de solución – Acción 4**

Se realizaron capacitaciones dentro del horario de trabajo en lapsos de 30 y 60 minutos en conocimientos básicos de control estadístico, matemáticas elementales y desarrollo de ejercicios prácticos para comprobar el aprendizaje en el equipo de trabajo.

#### **4.5 Etapa 5 – Control de mejora efectuada**

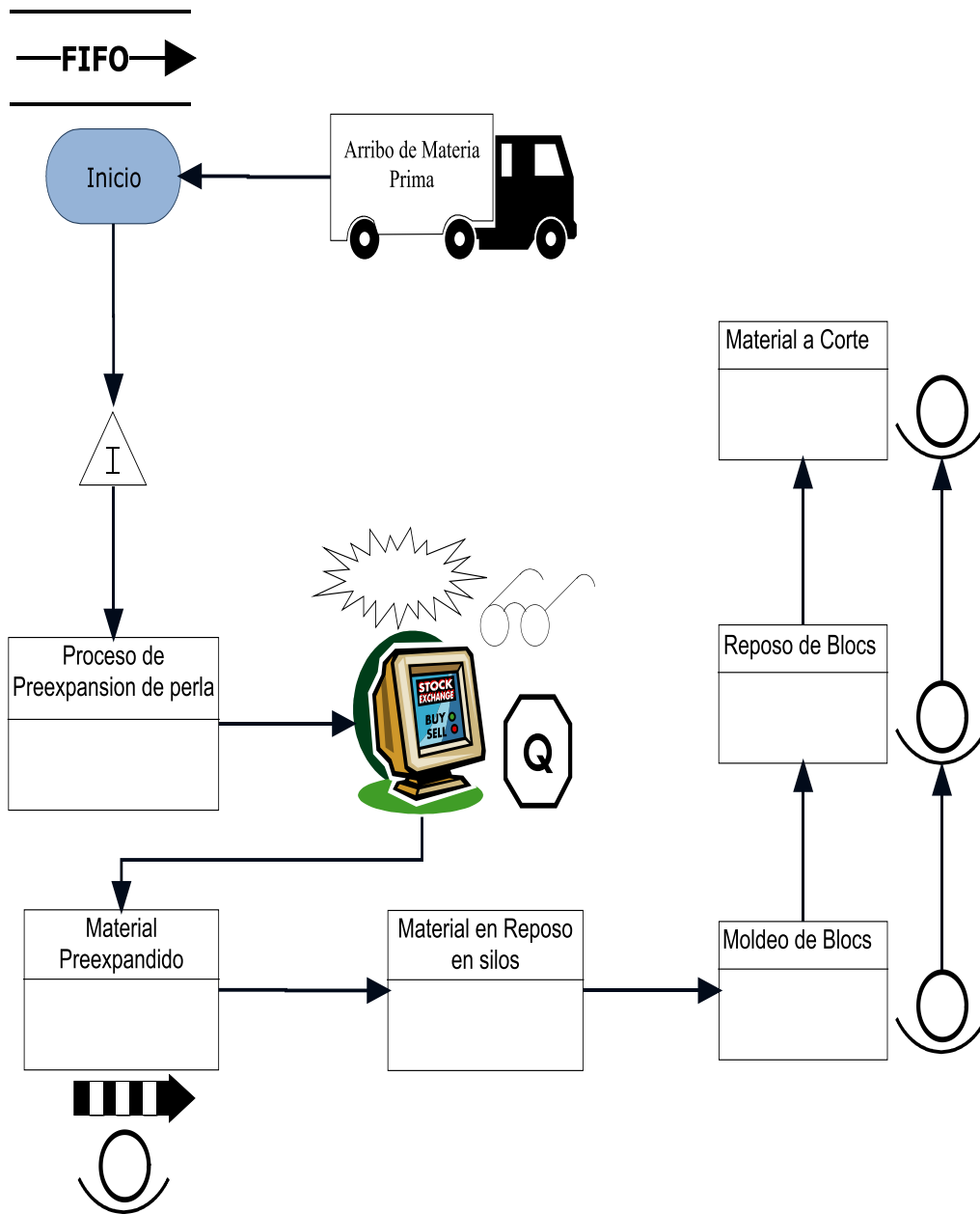
Aseguraremos que los logros obtenidos en la etapa cuatro o de mejora se mantengan después de que el proyecto es cerrado o se considere como finalizado.

1.- Se generara un diagrama de flujo del nuevo proceso de producción que se muestra en la figura 4.20, este diagrama sirve de base para la generación de información visual e instrucciones de trabajo, añadiendo en este caso la captura por sistema de los datos de las mediciones diarias en el proceso de pre expansión.

2.- Se incrementará la cantidad de muestras para aumentar la información y de esta forma tener un panorama más grande de los datos analizados en el proceso, no se considera en este momento conveniente trabajar con un plan de muestreo definido al estar aún en proceso de revisión la densidad resultante del proceso, esto a pesar del resultado ya favorable que se ha encontrado en el ejercicio 2010.

3.- Se ingresara al sistema de calidad de la planta, los documentos, ayudas visuales, e instrucciones de trabajo que se considere conveniente para oficializarlos internamente.

4.- Por último la difusión de este proyecto a lo largo y ancho de la planta para asegurar que todos los involucrados estén enterados de todos los cambios que se hicieron en el proceso y de la importancia del seguimiento de todas las actividades desarrolladas.

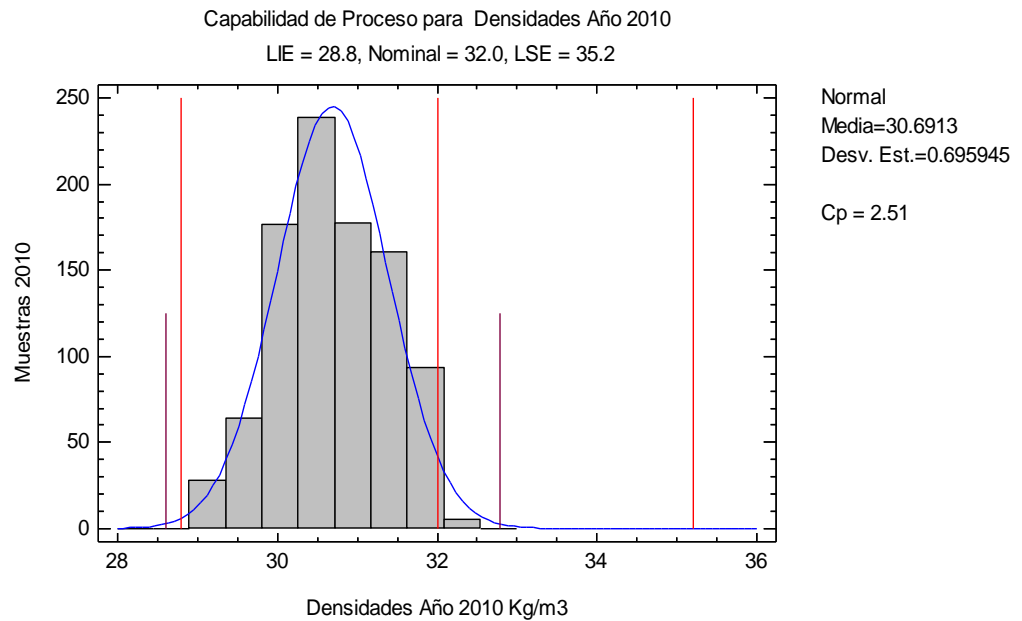


**Figura 4.19** Nuevo diagrama de flujo del área de pre expansión

## CAPITULO V CONCLUSIONES GENERALES

Tras haber concluido esta investigación, podemos resumir lo siguiente:

- Se redujo la densidad obtenida en promedio del 2009 de  $31.293 \text{ kg m}^3$  a  $30.691 \text{ kg m}^3$ , tal como lo muestra el gráfico 5.1 y tabla 4.14.
- Se redujo la desviación estándar en promedio del 2009 de  $.8857 \text{ kg m}^3$  a  $.6959 \text{ kg m}^3$  en el ejercicio 2010.
- Se analizaron un total de 1568 muestras en el ejercicio 2009 y 941 muestras en el ejercicio 2010 siendo estos el universo analizado.
- Se ejecutaron cuatro acciones de soluciones para lograr los resultados anteriores mismos que siguen en proceso de revisión para asegurar que no se dejen de hacer las cosas.
- Se aumentó el Cp del proceso, de 2.21 a 2.51 en el periodo 2009 y periodo 2010 después de acciones tomadas.
- Se acepta la hipótesis de investigación.
- Se consideran como concluidos los objetivos específicos.
- El éxito de este estudio dependerá de la continuidad en el monitoreo de las mediciones, este seguimiento será el principal responsable de que el área continúe controlado estadísticamente hablando.
- Recomendaciones de control y seguimiento las describo en la etapa 5 de aplicación de la metodología.



**Gráfico 5.1 Densidades todos los meses Año 2010**

**Tabla 5.1 Conclusión Densidades en análisis estadístico - 2010**

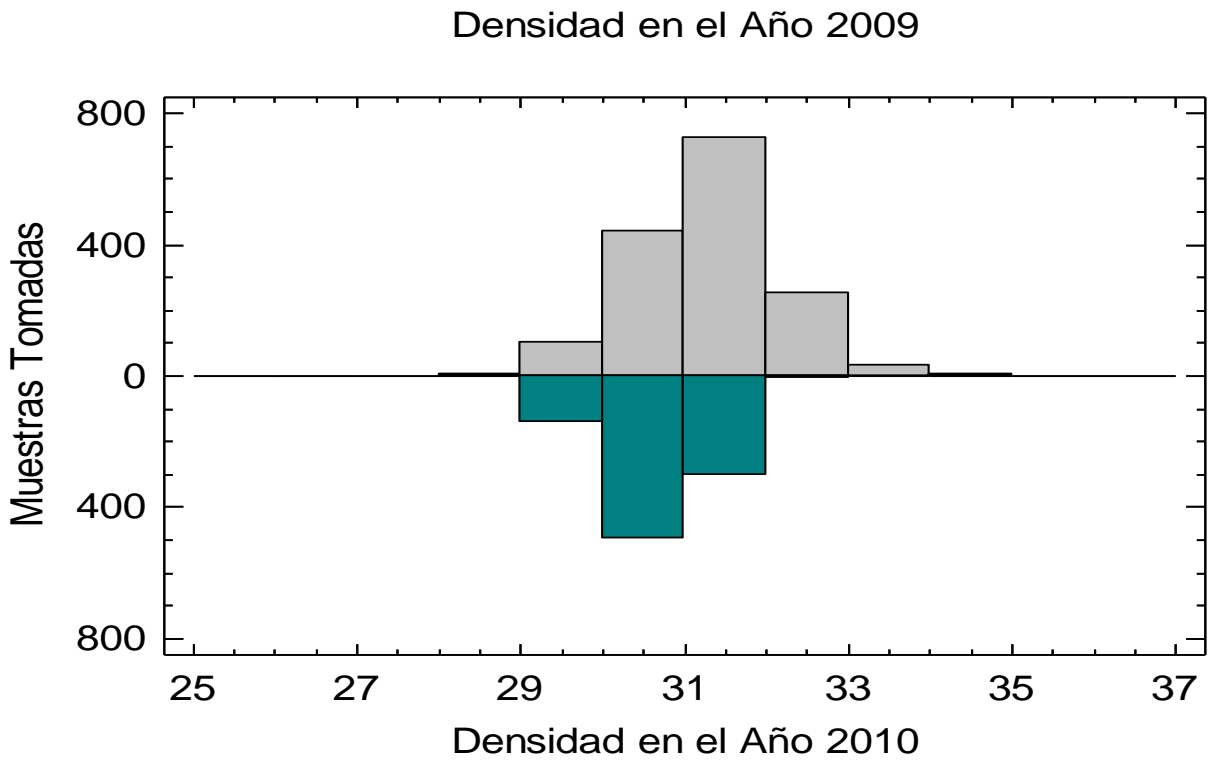
	<i>Observados</i>		<i>Estimados</i>	<i>Defectos</i>
<i>Especificaciones</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Valor-Z</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Por Millón</i>
LSE = 35.2	0.000000%	6.48	0.000000%	0.00
Nominal = 32.0		1.88		
LIE = 28.8	0.000000%	-2.72	0.328859%	3288.59
Total	0.000000%		<b>0.328859%</b>	<b>3288.59</b>

Datos/Variable: Densidades Año 2010

Distribución: Normal  
tamaño de muestra = 941  
media = 30.6913  $kg\ m^3$   
desv. est. = 0.695945  $kg\ m^3$

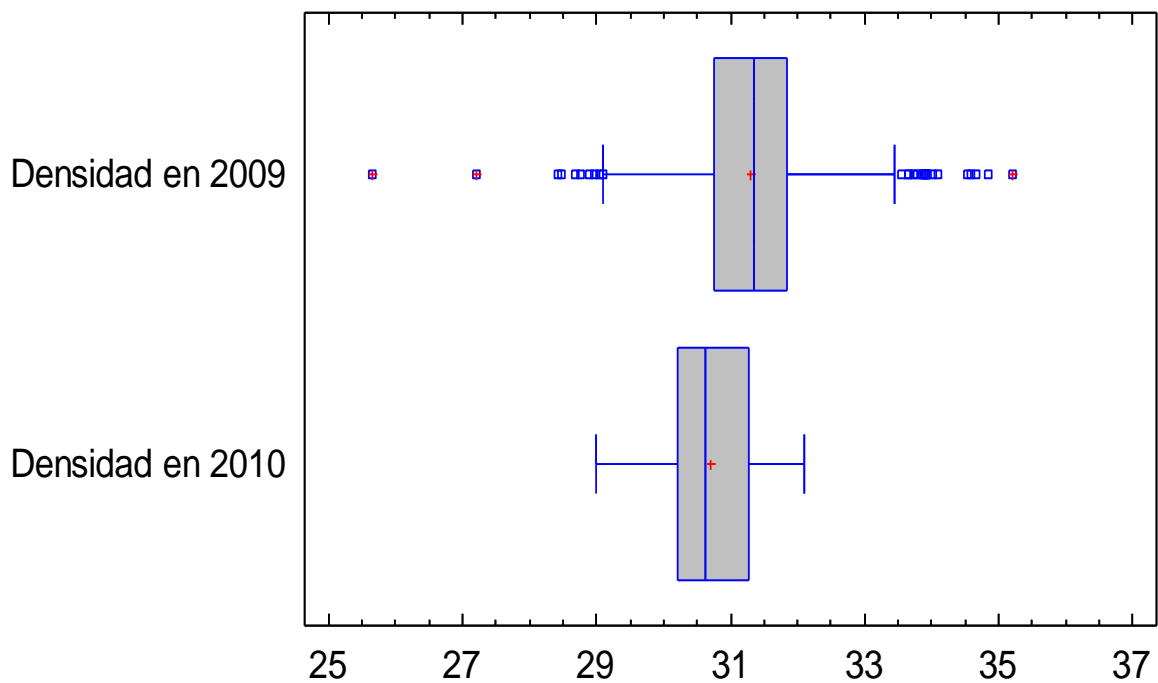
6.0 Límites Sigma  
+3.0 sigma = 32.7791  $kg\ m^3$   
media = 30.6913  $kg\ m^3$   
-3.0 sigma = 28.6034  $kg\ m^3$

Este procedimiento se ha diseñado para comparar un conjunto de datos contra un conjunto de especificaciones. El objetivo del análisis es estimar la proporción de la población, que queda fuera de los límites de especificación. En este caso, se ha ajustado una distribución Normal a un conjunto de 941 observaciones en la variable Densidades Año 2010. 0.328859% de la distribución ajustada queda fuera de los límites de especificación. **[38]**



**Grafico 5.2 Densidad obtenida Ejercicio 2009 vs Ejercicio 2010**

**Gráfico Caja y Bigotes**



**Grafico 5.3 Grafico de caja y bigotes Año 2009 vs Año 2010**

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Auditorías Internas:** Examen metódico e independiente, que se realiza para determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad cumplen las disposiciones previamente establecidas, y si estas disposiciones están implantadas de forma efectiva y son adecuadas para alcanzar los objetivos. [43]

**DMAIC:** Herramienta de metodología de Seis Sigma, enfocada en la mejora incremental de procesos existentes. [8]

**Densidad:** Es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de cuerpo, su unidad en el sistema internacional es el kilogramo por metro cubico. [26]

**ISO 9001-2008:** La versión actual de las normas ISO 9000 data de 2008, y fue publicada el 13 de noviembre de 2008. Esta nueva actualización es fruto, con cierto retraso, de la revisión periódica (en teoría cada 5 años) que requieren los estándares definidos por ISO, con el fin de adecuarlos y mantenerlos de acuerdo con las tendencias vigentes en cada momento acerca de los distintos aspectos de la gestión. [42]

**Moldeo:** Cavidad formada por dos semi moldes que suelen utilizarse en este proceso, se llena de material pre expandido por medio de un alimentador neumático. Las paredes del molde están provistas de toberas (orificios o rendijas) que comunican la cavidad con una cámara de vapor. La energía necesaria para la expansión final se aporta en forma de vapor de agua. Un choque de vapor vuelve a reblandecer las perlas, que se expanden. La presión de expansión las comprime y las aprieta también contra las paredes de molde de manera que quedan soldadas entre sí. Seguidamente, al rociar con agua y enfriar por vacío, se anula la presión de expansión y se desmolda la pieza acabada. Concluido este proceso se pueden fabricar grandes bloques, planchas y piezas moldeadas de cualquier forma y tamaño. [4]

**Pokayoke:** Es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 1960's, que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar. La finalidad del Poka-yoke es eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible. [41]

**Poliestireno:** El EPS (Expandable Polystyrene o Poliestireno Expandible) es un polímero en forma de perlas esféricas, que se obtiene a partir del estireno y un agente de expansión llamado pentano (gas). [18]

**Productividad:** En el ambiente de aplicación profesional se le conoce como la relación de producción con los recursos empleados o utilizados para producir dicha producción, se expresa de la siguiente forma:

$$P = \frac{\textit{produccion}}{\textit{recursos}}. [28]$$

**Seis Sigma:** Es una filosofía que busca obtener mejores productos y servicios a través de procesos que permitan reducir los defectos y los errores. Se podría considerar como una metodología (lógica y/o disciplinada) de pasos y herramientas probadas para la solución de problemas. [8]

**SPC:** Aplicación de modelos estadísticos al monitoreo y control de un proceso para asegurar que opera de manera completa a fabricar productos dentro de especificaciones. [44]

**Toberas:** Apertura tubular por donde entra el aire en un horno o en algunas estufas para alimentar la combustión.

## **BIBLIOGRAFÍA**

[1] Manufactura, Soluciones Integrales para el Profesional de Planta, Año 15, Número 158, Edición Agosto 2008, Página 28.

[2] Blog-emprendedor, año 2011, Web Site <http://www.blog-emprendedor.info/como-aumentar-la-productividad-en-la-empresa>, fecha de recuperación noviembre de 2011.

[3] Ing. Michelle Lugo De Lille. Asistente de Medio Ambiente ANIQ (Asociación Nacional de la Industria Química – México) Ingeniería Plastico.com, Año 2011, Web Site: [www.aniq.org.mx/cipres](http://www.aniq.org.mx/cipres), fecha de recuperación noviembre de 2011.

[4] ANAPE asociación nacional de España de productores de poliestireno, Año 2011, Web Site: <http://www.anape.es/>, fecha de recuperación noviembre de 2011.

[5] Enciclopedia de contenido WIKIPEDIA, Año 2011, Web Site: [Http://es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org), fecha de recuperación noviembre de 2011.

[6] Diccionario Real Academia Española, Julio 2010, 22 edición.

[7] Six Sigma Control Estadístico del Proceso y Administración Total de la Calidad. Geoff Tennant, Editorial Panorama, Panorama editorial, Año 2001.

[8] Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Humberto Gutiérrez Pulido – Román de la Vara Salazar, Editorial Mc Graw Hill, Año 2004.

[9] Ambiente Plástico, la revista del plástico de visión global, número 34, Año 2009, Pagina 3.

[10] Ambiente Plástico, La revista del Plástico de Visión Global, Numero 34 Año 2009, Pagina 98-99.

[11] Contacto, Calidad, competitividad e innovación organizacional, Noviembre 2008, Ejemplar #206, suplemento, paginas 4-8.

[12] Bright Hub, Web Site:<http://www.brighthub.com/office/project-management/articles/27134.aspx>, fecha de recuperación noviembre 2011.

[13] Calidad, productividad y competitividad, la salida de la crisis, W. Edward Deming, Ediciones Díaz de Santos, S.A 1989, página 1-2.

[14] Capacinet, Web Site: [http://www.capacinet.gob.mx/Cursos/Cursos\\_libres/Emprendedores % 20 y % 20 negocios / habilidades básicas deadministracion / artra / produc / recursos / factores . htm](http://www.capacinet.gob.mx/Cursos/Cursos_libres/Emprendedores%20y%20negocios/habilidades_basicas_deadministracion/artra/produccion/recursos/factores.htm), fecha de recuperación noviembre 2011.

[15] Global Active, Web Site: <http://www.globalactivecon.com/asesoria/articulos/estrategia-cuadros-mando/factores-afectan-productividad.php>, fecha de recuperación noviembre 2011.

[16] Control Estadístico de los Procesos, José Francisco Vilar Barrio – Teresa Delgado Tejada. Editorial FC, pagina 15, Edición 2005.

[17] La Cadena de la Calidad, John M. Groocock, Ediciones Díaz de Santos, pagina 272-273.

[18] Nueva Enciclopedia del encargado de obras, Materiales de construcción, Ediciones CEAC, Página 128 – 129.

[19] Ciencia de los Polímeros, Fred W, Billmeyer, Jr. Editorial Reverte, pagina 409-412.

[20] El ABC de los plásticos, Universidad Iberoamericana, María Laura Cornish Álvarez, página 30-31.

[21] El ABC de los plásticos, Universidad Iberoamericana, María Laura Cornish Álvarez, página 32.

[22] Física, Segunda Edición, J.W. Kane, M.M Sternheim, Editorial Reverte, pagina 46.

[23] Manufactura, Ingeniería y Tecnología, Cuarta Edición, Kalpakjian, Schmil, Editorial Prentice Hall, Pagina 274 – 276.

[24] Aislamiento acústico y térmico en la construcción, C. Rougeron, Editores Técnicos asociados, Pagina 74-75.

[25] Metodología de la Investigación, Hernández, Fernández y Baptista, Editorial Mc Graw Hill, Pagina 60-63.

[26] Química y Reactividad Química, Kotz Treichel Weaver, Editorial Thomson, Pagina 15-16.

[27] Costos Industriales, Francisco Jiménez Boulanger, Carlos Luis Espinoza Gutiérrez, Editorial tecnológica de Costa Rica, Pagina 529 – 530.

[27] Costos Industriales, Francisco Jiménez Boulanger, Carlos Luis Espinoza Gutiérrez, Editorial tecnológica de Costa Rica, Pagina 48 – 51.

- [28] Diagnósticos de productividad por multimomentos, Fernando Alfaro Beltrán, Mónica Alfaro Escolar, Editorial Productica, pagina 25 – 26.
- [29] Diagnósticos de productividad por multimomentos, Fernando Alfaro Beltrán, Mónica Alfaro Escolar, Editorial Productica, pagina 27-28.
- [30] Diagnósticos de productividad por multimomentos, Fernando Alfaro Beltrán, Mónica Alfaro Escolar, Editorial Productica, pagina 34-35.
- [31] Diagnósticos de productividad por multimomentos, Fernando Alfaro Beltrán, Mónica Alfaro Escolar, Editorial Productica, pagina 36-37.
- [32] Control Estadístico de los Procesos, José Francisco Vilar Barrio – Teresa Delgado Tejada. Editorial FC, pagina 14-17, Edición 2005.
- [33] Control Estadístico de los Procesos, José Francisco Vilar Barrio – Teresa Delgado Tejada. Editorial FC, pagina 68-70, Edición 2005.
- [34] Metrología, Aseguramiento Metrológico Industrial, Instituto Tecnológico Metropolitano, Textos Académicos, 1ra Edición Septiembre 2007, Pagina 105 – 106.
- [35] Como Mejorar los procesos en su empresa, Jose F, Vilar Barrio, Fundacion Cofemetal, Pagina 249 – 253.
- [36] Manual de control de calidad, Volumen 1, segunda edición, J.M. Juran, Editorial, Mc Graw Hill, Pagina 213 – 214.
- [37] Mejoramiento a la calidad, un enfoque a los servicios, Jorge Acuña Acuña, Editorial Tecnológica de Costa Rica, 1ra edición 2005, Pagina 75 – 76 -77.
- [38] Statgraphics – Software estadístico XVI – Versión 2010.
- [39] Asociacion nacional de la industria química, Web Site: [www.aniq.org.mx](http://www.aniq.org.mx), recuperado Noviembre 2011.
- [40] Hoja de datos de seguridad de Styropor BFL-327 (MSDS) pagina 3-4, Año 2007.
- [41] PokaYoke, Improving product quality by peventing defects, Edited by Nikkan Kogyo Shimbun,, Productivity Press, 1998, Pag 6-9.

[42] Gestión integral de la calidad, implantación, control y certificación, Lluís Cuatrecasas, Editorial Profit, 2010, Página 374.

[43] Auditorías Internas de Calidad, M.A. Vila Espeso, E. Escuder Vallés, R. Romero Rodríguez, Editorial Díaz de Santos, Pag 7.

[44] Control Estadístico de los Procesos, José Francisco Vilar Barrio – Teresa Delgado Tejada. Editorial FC, Edición 2005.

# ANEXOS

## Anexo 1, Datos de densidades 2009 por mes

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	D
31.55	30.05	29.49	30.33	30.41	31.49	32.05	31.42	30.62	31.69	30.91	31.60	30.38
29.45	29.79	29.18	30.18	31.13	31.07	31.69	31.46	31.10	31.67	31.16	31.53	30.35
31.53	29.83	29.39	29.92	31.23	30.97	31.94	31.57	30.91	31.74	31.41	31.38	30.96
29.58	30.11	30.03	30.23	30.63	32.21	32.59	31.98	30.51	31.60	30.38	31.46	31.40
30.14	30.21	30.13	30.32	30.21	31.25	31.64	31.24	32.17	31.65	30.65	31.51	31.54
31.81	30.16	31.06	29.84	27.22	31.46	31.77	31.18	31.72	31.67	30.91	31.39	31.06
32.13	30.91	30.96	29.85	28.42	31.56	29.91	32.47	30.12	31.74	30.75	30.32	30.59
31.49	30.98	29.15	30.32	30.72	31.37	29.90	32.02	30.22	32.23	31.02	30.97	31.03
30.88	28.98	31.81	31.56	30.80	31.55	31.48	31.87	29.83	31.85	31.07	31.57	
30.58	30.55	31.54	31.06	31.66	29.77	31.79	31.91	30.45	33.89	31.60	31.30	
30.29	30.65	29.64	31.79	30.97	30.82	33.43	31.26	30.43	32.44	31.15	31.02	
31.28	29.71	30.11	32.01	29.95	31.26	34.57	31.72	30.47	31.68	31.36	32.17	
29.43	30.59	30.24	31.69	30.43	31.53	32.24	33.54	31.86	32.16	31.07	32.32	
29.48	30.26	30.57	32.17	30.43	30.03	31.68	33.41	31.82	32.38	31.10	32.34	
29.36	29.75	30.85	32.34	30.03	29.83	32.28	33.94	31.47	33.13	31.10	31.89	
31.15	29.93	29.42	32.01	30.43	31.99	32.48	33.78	32.11	32.87	30.89	31.83	
31.34	30.70	32.29	31.36	30.38	31.51	32.29	29.95	31.64	33.74	30.32	31.90	
31.24	31.97	31.11	31.31	30.08	31.73	32.25	32.06	31.54	33.34	31.83	31.35	
31.44	31.78	30.80	30.93	30.25	31.86	30.57	31.22	30.51	33.64	32.39	31.37	
31.96	32.27	30.29	31.52	32.56	30.51	30.35	30.95	31.16	29.41	32.26	31.46	
31.00	30.06	30.85	31.97	31.50	30.83	31.89	30.80	30.28	30.41	32.21	31.85	
31.90	30.52	29.96	32.01	31.40	31.53	31.62	31.50	31.05	30.73	31.92	31.49	
32.08	30.91	32.17	32.68	31.64	30.87	31.59	31.02	32.08	30.78	32.07	32.09	
31.59	31.23	30.37	32.28	31.80	31.18	31.87	30.80	31.67	31.01	31.29	31.57	
31.89	30.73	30.05	32.08	31.61	30.89	32.73	32.34	31.25	31.09	31.74	31.11	
31.98	31.41	30.97	32.18	32.68	30.92	31.77	32.03	31.21	31.63	31.76	31.37	
30.15	30.83	30.98	30.82	32.17	31.26	31.77	32.16	30.86	31.42	31.61	31.28	
28.75	30.78	31.16	31.11	32.24	32.39	32.33	32.54	31.34	31.35	32.02	31.29	
31.95	32.67	29.91	31.22	32.47	32.30	31.81	32.30	30.98	31.19	32.17	31.20	
31.53	32.28	29.71	30.91	31.18	30.58	31.26	31.69	31.05	31.14	31.34	31.34	
31.96	31.74	30.97	30.61	30.93	30.27	31.34	31.06	31.94	30.96	31.48	31.42	
32.23	31.53	30.60	30.67	30.73	30.58	32.04	31.11	31.73	30.72	29.81	31.56	
30.17	31.58	31.16	30.00	30.95	30.78	31.04	31.26	31.81	29.62	30.44	31.37	
29.71	32.32	31.06	30.57	30.99	31.62	31.04	31.24	31.75	32.00	30.50	31.36	
30.26	31.75	33.36	35.21	30.85	31.96	31.68	30.81	31.63	32.10	30.41	31.24	
30.65	32.40	32.96	34.85	29.71	32.33	32.28	31.62	31.67	32.00	30.53	31.37	
31.88	30.98	33.00	34.65	29.93	31.93	30.88	31.62	31.83	31.89	30.46	31.31	
30.50	31.37	33.19	33.66	30.27	31.41	30.74	31.21	31.24	31.87	30.51	30.85	
30.76	31.25	32.40	29.38	29.28	32.18	31.40	31.48	31.84	31.90	30.66	31.03	
30.21	31.62	32.37	31.15	30.84	31.96	31.36	31.31	31.36	31.87	30.40	31.30	
31.46	31.68	30.46	31.62	30.79	31.34	31.43	30.14	32.16	31.62	30.28	31.32	
29.73	31.88	30.14	30.77	32.43	31.91	32.01	30.34	31.57	31.46	30.28	33.90	
31.56	32.03	32.56	32.69	32.49	31.85	31.49	31.94	32.07	31.28	30.16	32.22	
30.83	31.90	31.97	32.81	32.51	32.18	31.29	31.83	31.44	31.33	29.80	31.90	
29.77	32.11	32.26	32.44	31.75	31.81	32.26	31.94	32.48	30.80	29.76	31.66	

29.90	32.11	32.38	31.36	32.55	31.10	32.26	32.43	31.25	31.48	31.56	31.63
29.40	32.06	33.08	32.29	32.22	30.90	31.89	32.20	31.39	31.71	31.93	30.83
29.75	32.35	32.79	31.90	31.07	32.19	32.98	31.86	30.42	29.93	31.41	30.69
29.65	32.30	31.57	31.31	31.31	31.60	29.76	30.44	30.38	30.83	31.42	30.91
29.73	32.24	31.87	31.47	31.72	32.01	30.31	30.19	30.31	30.71	32.53	30.94
29.87	30.21	31.23	31.61	31.42	32.12	30.78	30.22	30.42	31.06	31.93	31.06
29.85	30.29	31.04	32.02	31.71	31.61	31.15	30.91	30.72	31.06	34.08	31.26
30.84	30.32	30.19	31.76	31.83	31.76	29.88	30.62	30.90	31.62	31.42	30.65
30.87	30.44	31.14	30.24	31.49	32.16	29.89	30.66	30.40	31.61	32.05	30.97
30.64	30.53	30.22	31.08	31.88	31.58	29.60	31.05	30.57	31.40	31.53	30.50
31.21	30.44	30.01	30.31	30.56	31.52	29.96	31.37	30.49	31.14	31.04	30.46
30.74	30.93	30.28	31.33	30.09	31.40	31.12	31.96	30.57	31.31	31.50	31.22
30.64	30.55	30.20	30.04	30.97	30.09	31.15	31.59	30.88	31.11	31.93	31.70
30.92	31.90	30.15	31.88	30.53	32.32	31.64	31.86	31.02	31.54	32.11	32.41
29.81	31.63	30.69	31.61	30.75	31.90	31.42	33.36	31.14	30.60	32.19	31.96
31.14	31.98	32.10	30.76	31.71	32.18	31.29	31.49	30.33	31.43	32.28	31.73
30.84	31.99	31.27	30.76	31.50	32.23	31.67	31.80	30.28	31.85	32.41	31.46
31.27	30.51	32.25	30.49	30.97	31.87	31.24	30.45	30.13	31.79	32.20	33.85
31.73	30.71	32.07	30.21	31.08	32.08	31.54	30.58	30.38	31.43	31.97	33.89
30.75	30.78	29.68	28.48	31.95	29.29	30.68	30.97	31.34	31.63	31.72	30.87
30.38	31.46	30.08	30.25	30.73	29.90	30.98	31.00	30.39	31.57	32.02	30.90
31.72	30.84	29.78	30.16	30.62	29.78	30.14	30.43	30.26	31.81	31.30	30.87
32.47	30.62	30.33	31.57	30.96	30.41	29.94	30.24	30.38	31.89	31.41	30.53
30.14	30.57	32.20	30.97	31.18	30.68	30.23	31.43	30.32	32.28	31.78	30.61
30.50	28.88	31.67	31.11	31.12	30.19	30.44	31.11	30.10	31.90	31.79	30.86
31.10	30.63	31.49	31.13	31.58	31.03	30.39	30.94	30.40	32.28	31.56	31.94
31.49	30.48	31.95	31.08	32.81	31.09	30.34	31.52	30.23	31.93	31.21	31.68
30.12	30.37	31.31	30.73	32.12	30.88	31.16	31.24	30.67	31.82	31.95	31.72
29.77	29.75	30.99	30.73	29.92	31.44	25.65	30.56	31.33	31.73	32.31	31.58
31.37	30.17	30.50	31.40	30.15	30.63	31.13	30.03	31.52	32.15	32.32	31.53
30.90	30.18	31.33	32.00	30.00	30.23	31.38	30.14	33.11	31.74	30.09	31.60
32.28	29.87	31.07	32.62	30.37	32.73	31.74	30.39	33.22	31.16	30.76	32.06
32.04	30.02	31.57	32.32	31.40	32.36	32.50	29.64	31.79	30.95	31.72	31.60
31.12	30.58	30.70	31.88	31.26	31.25	31.61	30.34	33.17	31.22	30.89	31.41
30.91	29.68	31.10	31.72	32.41	31.25	31.95	30.24	32.56	31.40	31.57	31.38
31.49	32.27	32.33	31.89	32.13	31.61	31.95	31.67	32.94	31.36	31.61	31.52
30.94	31.98	31.71	30.69	32.60	31.35	32.15	31.88	30.30	31.50	31.71	31.54
31.20	32.94	32.05	31.05	32.33	30.95	31.16	31.90	32.25	30.96	32.01	31.62
31.23	31.94	32.91	29.56	31.12	30.89	30.82	31.83	33.45	31.42	31.89	31.56
31.85	31.03	32.70	29.70	32.50	32.11	31.57	31.75	30.86	33.14	31.79	31.31
31.32	32.70	32.33	29.93	31.87	31.86	31.62	31.57	30.38	33.17	31.35	31.92
31.75	31.85	30.69	29.61	32.12	31.71	31.74	31.58	30.28	32.62	31.30	32.36
31.95	31.96	30.97	29.49	31.65	32.34	32.13	31.26	31.29	33.90	30.93	32.34
32.28	32.18	31.08	30.34	30.84	32.06	31.82	31.07	31.57	31.53	31.57	32.60
32.41	31.67	31.33	29.62	31.39	31.89	31.69	31.03	31.35	31.73	31.63	31.97
31.44	30.37	31.62	31.82	31.14	32.16	31.28	31.10	31.41	31.52	31.45	32.05
30.77	30.66	31.07	30.70	31.08	32.30	30.76	31.13	31.31	31.17	32.01	32.79
30.18	31.02	31.37	31.69	30.95	31.47	31.28	31.47	31.21	31.00	30.74	32.52

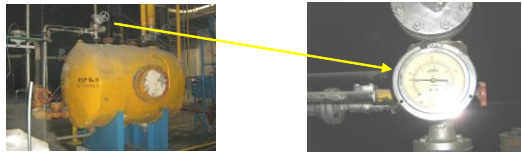
30.03	30.61	31.15	31.18	31.31	31.43	32.10	31.10	31.62	31.27	30.78	32.89
30.90	29.37	32.37	31.11	31.05	31.01	32.23	30.87	32.31	31.63	30.78	32.05
30.12	29.87	31.82	30.38	30.86	31.95	32.07	30.75	31.65	31.27	31.02	32.67
30.94	32.45	30.36	30.64	30.60	32.00	32.56	30.85	31.79	31.44	31.10	31.37
31.17	31.34	30.45	30.67	30.85	31.84	31.69	30.88	31.44	31.18	31.02	31.22
31.40	31.24	31.07	30.93	30.95	30.94	32.18	30.72	31.72	31.35	31.20	31.33
31.25	30.52	30.77	30.90	31.75	30.90	31.69	30.95	31.72	31.78	31.28	31.19
30.50	31.47	29.49	29.60	31.90	31.16	31.78	30.87	32.10	32.23	31.70	31.11
30.63	31.05	30.40	31.18	31.46	30.95	31.61	30.38	31.56	31.30	31.28	31.17
30.90	30.95	32.09	30.80	31.96	31.00	30.54	31.96	31.68	32.12	31.39	31.36
30.16	31.35	31.84	30.86	31.72	30.90	29.89	33.29	31.50	32.18	31.33	31.24
30.75	31.20	31.98	31.11	31.57	30.17	30.29	33.07	31.72	32.23	31.49	30.87
30.68	30.27	31.86	32.43	31.39	30.54	31.05	32.78	31.67	32.94	31.73	30.79
30.53	29.51	31.65	31.58	30.83	30.33	31.53	31.66	31.89	32.83	30.75	30.93
30.26	31.33	31.83	34.54	31.20	30.46	31.40	31.49	32.39	32.19	31.41	30.85
30.97	30.92	32.34	33.15	31.69	31.20	31.09	32.11	30.97	32.42	31.39	30.98
30.24	30.81	31.57	31.72	31.90	31.18	32.07	31.71	31.41	31.97	32.94	30.15
29.31	30.76	31.64	31.36	31.53	30.52	32.31	32.79	31.49	30.65	33.05	31.14
29.36	30.41	32.33	30.76	31.17	31.91	31.86	31.97	31.42	31.17	33.00	30.42
29.86	31.27	31.65	30.92	30.84	31.76	32.26	31.71	31.63	31.58	32.96	31.03
29.72	31.27	31.42	30.69	31.60	32.07	32.07	32.07	31.79	32.09	33.10	31.29
30.14	31.00	31.16	31.12	31.21	32.40	32.17	31.70	32.27	31.83	33.00	30.60
29.72	31.36	31.18	30.46	31.67	32.73	31.28	30.98	31.80	29.11	33.32	30.71
29.82	31.36	32.07	30.76	30.89	31.22	31.79	31.40	31.92	29.04	33.11	30.91
30.17	31.85	32.39	31.84	31.12	31.97	31.86	30.87	31.73	30.18	32.70	31.17
30.41	31.52	32.01	31.84	31.11	32.56	32.41	31.48	31.72	30.40	32.76	31.14
29.40	31.70	31.19	32.27	31.33	32.18	31.17	31.56	31.68	30.06	32.36	31.39
29.29	31.70	31.53	31.95	31.48	30.51	30.60	31.57	31.73	30.86	32.49	30.82
29.49	31.57	30.93	31.40	31.10	30.47	31.49	31.17	31.68	31.28	32.57	30.95
29.12	32.90	29.38	31.31	32.06	30.19	31.07	31.58	34.02	31.74	32.53	30.33
29.66	30.73	30.43	32.34	32.10	31.51	31.38	31.23	33.90	32.34	30.61	30.69
28.69	31.57	32.11	32.14	31.88	31.11	30.58	31.66	32.58	33.00	31.09	31.70
31.57	31.63	32.88	30.82	31.39	29.78	30.39	31.10	32.19	32.01	29.09	32.27
30.52	31.67	32.14	31.37	31.28	29.53	30.35	31.42	32.22	32.07	31.10	30.08
29.62	32.02	32.16	31.64	31.15	30.35	30.50	31.62	31.73	30.91	31.40	30.36
31.34	30.94	29.92	31.62	31.81	29.71	30.17	31.52	31.87	31.11	31.79	30.23
31.19	31.04	29.89	30.94	31.28	30.08	30.21	32.46	31.74	31.78	32.35	30.52

## Anexo 2, Ayuda visual 1ra acción de solución

Producción - Corte				
Ayuda visual				
Departamento:	Operación:	Ejecutada por:	Número de documento:	Válido a partir:
Produccion	Preexpansión	Operador Preexpansor	JP 7.5.1-001-V1e	12/06/2011
Número de parte:	Descripción:	Elaboro:	Autorizo:	Página:
NA	Preexpansión EPS 32 Kg/m3	Supervisor de producción	Jefe de Producción	1 de 5


  

### PASO 1



Al iniciar la pre- expansión revisar que el manometro del acumulador de vapor marque 2 kilos.

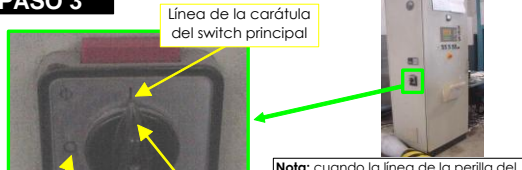
### PASO 2



Asegurarse que el termómetro del acumulador marque 125 Grados

### PASO 3




**Nota:** cuando la línea de la perilla del switch principal esta alineada con la línea de la carátula del switch significa que esta encendido, si esta alineada con el círculo de la carátula del switch significa que esta apagado.

Switch principal encendido

Encender el switch principal del preexpansor.

### PASO 4

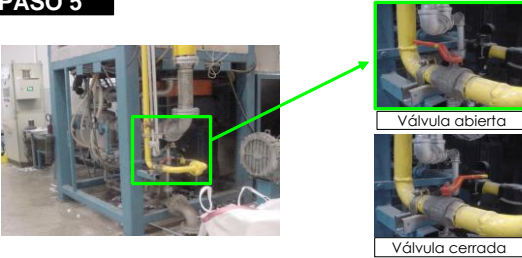


Desactivar el boton de paro de emergencia (gitar hacia la izquierda). Despues presionar boton verde control on

Producción - Corte				
Ayuda visual				
Departamento:	Operación:	Ejecutada por:	Número de documento:	Válido a partir:
Produccion	Preexpansión	Operador Preexpansor	JP 7.5.1-001-V1e	12/06/2011
Número de parte:	Descripción:	Elaboro:	Autorizo:	Página:
NA	Preexpansión EPS 32 Kg/m3	Supervisor de producción	Jefe de Producción	2 de 5

### PASO 5

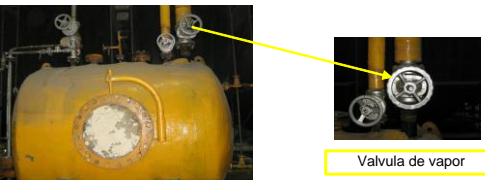


Válvula abierta

Válvula cerrada

Abrir la válvula del aire

### PASO 6




Válvula de vapor

Abrir la válvula del acumulador de vapor que se muestra en la figura hasta que esta tope.

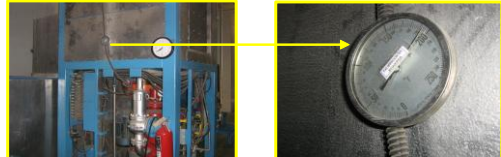
  

### PASO 7



Ultimo ciclo

Para empezar a precalentar, asegurarse que el selector junto a la pantalla este en modo automatico, despues presionar el recuadro que dice ultimo ciclo . Al hacer esto, la leyenda cambia a ciclo continuo.

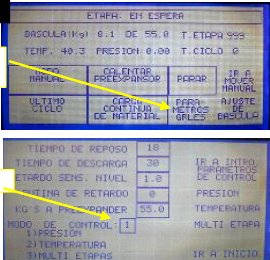


Una vez que el pre-expansor este precalentando, esperar a que el termometro marque 200 grados.

**Producción - Corte**  
*Ayuda visual*


Departamento: <b>Producción</b>	Operación: <b>Preexpansión</b>	Ejecutada por: <b>Operador Preexpansor</b>	Número de documento: <b>JP 7.5.1-001-V1e</b>	Valido a partir: <b>12/06/2011</b>
Número de parte: <b>NA</b>	Descripción: <b>Preexpansión EPS 32 Kg/m3</b>	Elabora: <b>Supervisor de producción</b>	Autorizo: <b>Jefe de Producción</b>	Página: <b>3 de 5</b>

**PASO 8**




Parametros generales

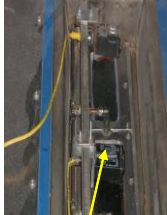
Modo de control




Parametros presión



Parametros Temperatura



Sensor inferior



Parametros Por Etapas

Quando se tiene una temperatura de 200 grados, se introducen los parametros al pre-expansor según la densidad y perla a utilizar. Estos parametros se encuentran en la AV. JP 7.5.1'001/V3 y se ingresan de la siguiente manera: En la pantalla principal presionar parametros generales, despues presionar modo de control, este puede ser por presión, temperatura o multietapas, segun la receta, despues cambiar parametros en base al recetario. Tambien en el recetario viene la altura a justar del sensor inferior de la perla. Ver figuras.

**PASO 9**

Tolva azul




Figura A

Centro del súper saco

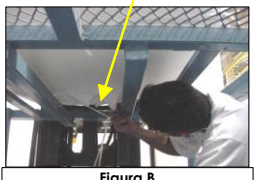


Figura B




Figura C

Súper saco





Figura D

Coloque un súper saco de perla en el centro de la base de la tolva azul, despues desamarre el súper saco (figura B), y abra el súper saco (figura C).

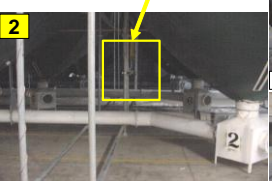
**Ayuda visual**

Departamento: <b>Producción</b>	Operación: <b>Preexpansión</b>	Ejecutada por: <b>Operador Preexpansor</b>	Número de documento: <b>JP 7.5.1-001-V1e</b>	Valido a partir: <b>12/06/2011</b>
Número de parte: <b>NA</b>	Descripción: <b>Preexpansión EPS 32 Kg/m3</b>	Elabora: <b>Supervisor de producción</b>	Autorizo: <b>Jefe de Producción</b>	Página: <b>4 de 5</b>

**PASO 10**




1




2

Válvula




Válvula cerrada




Válvula abierta

3



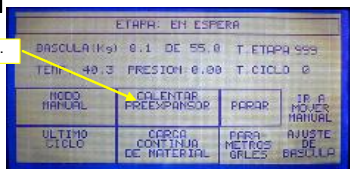
Nota: Los datos que tiene que escribir son:  
Fecha, densidad, tipo de perla,  
# de lote y hora.

4



Seleccionar el silo donde vaciará la perla, vea el pizarrón de los silos para ver cual esta vacío (figura 1). Una vez seleccionado el silo abra la válvula de dicho silo (figura 2). Despues escriba en el pizarrón los datos que se indican en la figura 3, y luego anoteles en el registro "seguimiento de perla en silos" (figura 4).

**PASO 11**




Calentar preexp.

Para empezar la pre-expansion, presionar el recuadro que dice calentar preexp., al hacer esto, la leyenda cambia a pre-expander, la maquina empieza a cargar perla automaticamente para despues empezar la pre-expansion tambien automaticamente

**PASO 12**

**MUESTREO DE DENSIDADES**

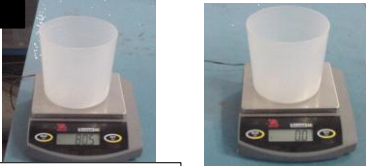



Mode off

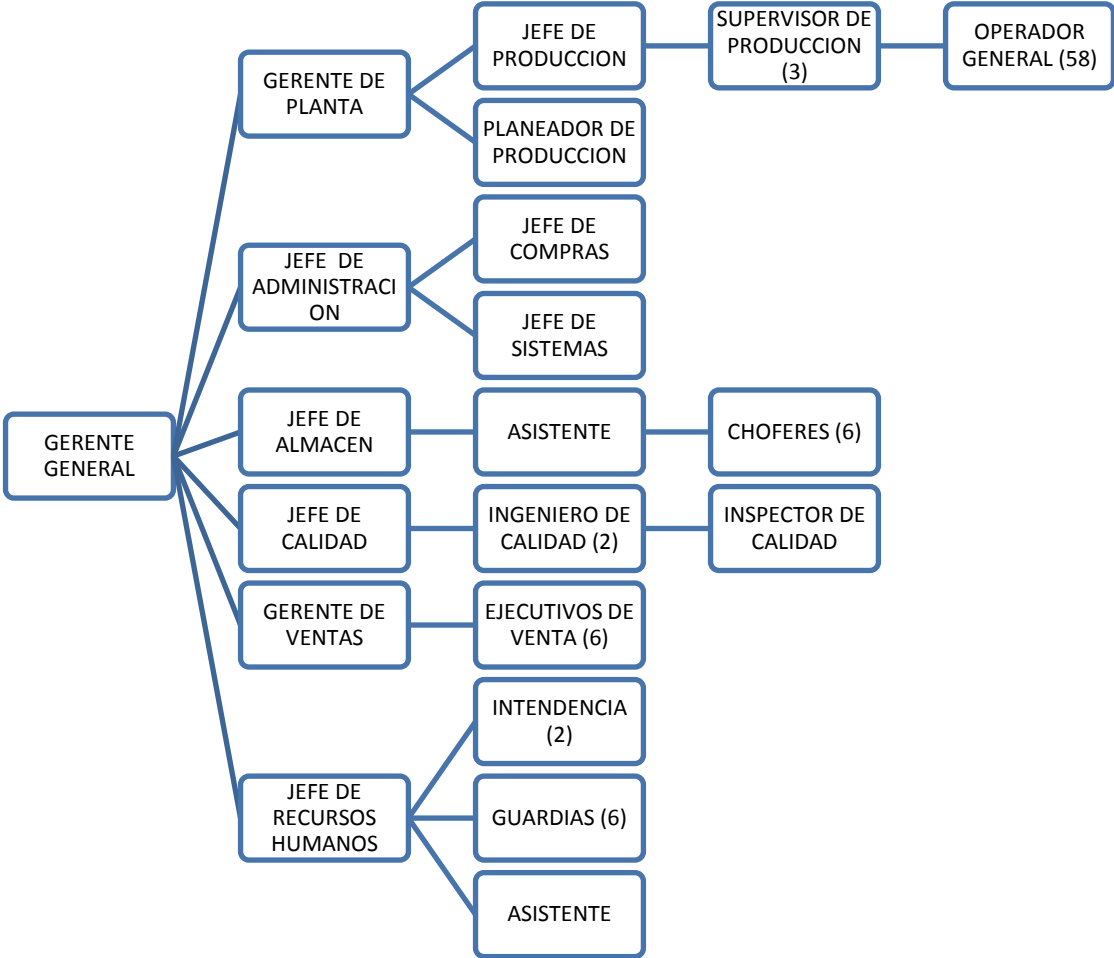
g

Zero on

Presionar el botón **Zero on** para prender la báscula, despues presione varias veces **Mode off** hasta que la báscula se ponga en gramos (del lado derecho de los ceros debe aparecer una **g**)

Producción - Corte				
Ayuda visual				
Departamento:	Operación:	Ejecutada por:	Numero de documento:	Valido a partir:
Produccion	Preexpansión	Operador Preexpansor	JP 7.5.1-001-V1e	12/06/2011
Numero de parte:	Descripción:	Elabora:	Autorizo:	Página:
NA	Preexpansión EPS 32 Kg/m3	Supervisor de producción	Jefe de Producción	5 de 5
<b>PASO 13</b>  <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pantalla de báscula mostrando el peso del bote</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Botón <b>Zero on</b></div> </div> <p>Pese el vaso de precipitado y después presione el botón <b>zero on</b> (al hacer esto la báscula se pondrá en cero y guardará automáticamente el peso del vaso de precipitado).</p>		<b>PASO 14</b> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> <p><b>Nota:</b> Cuando comience a preexpandir tome muestras cada vez que ajuste algún parámetro, después que haya ajustado los parámetros óptimos (y haya obtenido la densidad deseada) tome muestras cada 5-7 minutos.</p> </div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 10px;">Llene el vaso con la perla preexpandida.</div>		
<b>PASO 15</b>  <b>Gráfica de pre-control</b> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; margin-top: 5px;"> <p><b>Nota:</b> Registrar lo mas exacto posible</p> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Registre los datos de la muestra que tomo de perla preexpandida en la gráfica de pre-control (En forma electronico) de cada densidad.</p> </div>		

**Anexo 3.- Organigrama organizacional**



## Anexo 4.-Estudio de repetitividad y reproducibilidad

### ESTUDIO R&R

FECHA: 26-01-2010

Estudio:	24	Nombre	Proceso de Pre expansion
Nivel Estudio	No aplica	# Parte	BFL-327
Instrumento	Bascula PE	Revision	A

Operador:	A ALFREDO	B WILDER	C MARCO
-----------	-----------	----------	---------

No Operadores:	3	Tolerancia:	
# Intentos:	3	# de partes:	1

Operador	Intento Numero	Parte											Promedio
		LARGO	ANCHO	E-DELGADO	E-GRUESO	PESO	LARGO	ANCHO	E-DELGADO	E-GRUESO	PESO		
A	1	81.00	81.00	81.01	81.03	81.01	81.00	80.99	81.00	81.00	81.00		81.00
	2	81.03	81.01	81.01	81.03	81.01	81.00	81.01	81.03	81.01	81.03		81.02
	3	81.03	81.01	81.00	81.03	81.00	81.03	81.00	81.03	81.01	81.03		81.02
	Promedio	81.02	81.01	81.01	81.03	81.01	81.01	81.00	81.02	81.01	81.02	X-bar	81.01
	Rango	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	0.03	0.01	0.03	R-bar	0.02

Operador	Intento Numero	Parte											Promedio
		LARGO	ANCHO	E-DELGADO	E-GRUESO	PESO	LARGO	ANCHO	E-DELGADO	E-GRUESO	PESO		
B	1	81.00	81.00	81.00	81.00	81.01	80.99	80.99	81.00	81.00	81.01		81.00
	2	81.03	81.03	81.03	81.01	81.01	80.98	81.01	81.03	81.01	80.99		81.01
	3	81.03	81.03	81.03	81.01	81.00	80.99	81.00	81.03	81.01	80.99		81.01
	Promedio	81.02	81.02	81.02	81.01	81.01	80.99	81.00	81.02	81.01	81.00	X-bar	81.01
	Rango	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	R-bar	0.02

Operador	Intento Numero	Parte											Promedio
		LARGO	ANCHO	E-DELGADO	E-GRUESO	PESO	LARGO	ANCHO	E-DELGADO	E-GRUESO	PESO		
C	1	81.00	81.00	81.00	81.00	81.01	81.03	80.99	81.00	81.00	81.00		81.00
	2	81.01	81.03	81.03	81.01	81.01	81.03	81.01	81.03	81.01	81.03		81.02
	3	81.01	81.03	81.03	81.01	81.00	81.00	81.00	81.03	81.01	81.03		81.02
	Promedio	81.01	81.02	81.02	81.01	81.01	81.02	81.00	81.02	81.01	81.02	X-bar	81.01
	Rango	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.01	0.03	R-bar	0.02

	<b>Promedio</b>	<b>81.02</b>	<b>81.02</b>	<b>81.02</b>	<b>81.02</b>	<b>81.01</b>	<b>81.01</b>	<b>81.00</b>	<b>81.02</b>	<b>81.01</b>	<b>81.01</b>	<b>Rp</b>	<b>0.02</b>
--	-----------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-----------	-------------