



Analysis of the crab waste spraying process ¹

Análisis del proceso de pulverización de residuos del cangrejo

Jimmy Hurtado Paspuel ²

Bernardo Hubert Ovalle Correa ³

Recibido en enero 2017, aceptado en febrero 2018

ABSTRACT

Introduction The companies dedicated to the spray of carbonate of calcium could realize in his substitute processes from the carapace spray of crab, generally in the process of milling, can identify several factors that contribute to the breach of the programmed work that are related with deficit in Supply volumes and unexpected failures in the operational phase of the micro spray of the crab carapace, which is why it is necessary to evaluate the impact that these factors can have and the causes that are causing deficiencies in the levels of programmed production. **Objective.** The present work focuses the analysis, diagnosis and proposals of solution of the problems that affects the "productivity" a spray line of the carapace of the crab. **Materials and methods.** The historical information regarding failures and deliveries of internal customer orders is reviewed. The analysis of the process is carried out identifying influential critical aspects in its poor performance. The cost of the losses associated with non-compliance is evaluated and investment plans for the implementation of the strategies related to supply policies and inventories of finished products and the systematization of remedial actions derived from the risk indicators of failures in the main subsystems are prepared. **Results** The financial analysis in this case allowed to determine an IRR of 20% and a positive NPV suggesting the feasibility of the proposals. **Conclusions** As a relevant finding, the cost of production per ton of crab powder was lower than the powder of the conventional product (calcium carbonate or limestone). **Discussion** both can be used as raw material in products used in the construction sector.

¹ Artículo original derivado del proyecto de investigación titulado PULVERIZACION DEL EXOESQUELETO DEL CANGREJO Y APLICACIÓN EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Entidad financiadora: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, fecha de realización entre MARZO-2017

² Ingeniero Industrial, Master en Administracion De Empresa, Docente Investigador, Universidad d Guayaquil, jimmy.hurtadop@ug.edu.ec, electrónico, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0322-75052> INGENIERO

³ Quimico – Analista de Sistemas, Magister en Administración de Empresas , Docente Investigador, bernardo.ovallec@ug.edu.ec, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2063-8824>





Key words: process, spray, crab

RESUMEN

Introducción Las empresas dedicadas a la pulverización de carbonato de calcio podrían realizar en sus procesos sustitutos a partir de la pulverización carapachos de cangrejo, generalmente en el proceso de molienda, se pueden identificar varios factores que contribuyen al incumplimiento del trabajo programado que están relacionadas con déficit en volúmenes de abastecimiento y fallas inesperadas en la fase operacional de la micro pulverización del carapacho del cangrejo por lo cual es necesario evaluar el impacto que pueden tener estos factores y las causas que están originando deficiencia en los niveles de producción programada. **Objetivo.** El presente trabajo focaliza el análisis, diagnóstico y propuestas de solución de los problemas que afecta la “productividad” una línea de pulverización del carapacho del cangrejo. **Materiales y métodos.** Se revisa la información histórica relativa a fallas y entregas de pedidos de clientes internos. Se efectúa el análisis del proceso identificando aspectos críticos influyentes en su deficiente desempeño. Se evalúa el costo de las pérdidas asociadas a incumplimientos y se elaboran planes de inversión de implantación de las estrategias relativas a las políticas de abastecimiento e inventarios de productos terminados y a la sistematización de acciones remediales derivadas de los indicadores de riesgos de fallas en los principales subsistemas. **Resultados.** El análisis financiero en este caso permitió determinar un TIR del 20% y un VAN positivo sugiriendo la factibilidad de las propuestas. **Conclusión.** Como hallazgo relevante se tiene que el costo de producción por tonelada de polvo de cangrejo resultó menor que el polvo del producto convencional (carbonato de calcio o piedra caliza), **Discusión** ambos pueden emplearse como materia prima en productos utilizado en sector de la construcción.

Palabras clave: Aprendizaje, sistema social, mínima disipación.

1. Introducción

La línea de pulverización del carapacho del cangrejo impacta seriamente los programas de producción y el cumplimiento de metas y compromisos con sus clientes internos. El estudio el aborda el análisis integral del proceso de pulverización con el objetivo de evaluar y diagnosticar los factores críticos que afectan su “productividad” y se evalúan el estado de los subsistemas que lo integran.

Se hace una revisión detallada de la información histórica relativas a las fallas y a las entregas de pedidos de los clientes internos, luego, se aplican técnicas de análisis de procesos a fin de identificar las causas raíces que afectan al proceso, se jerarquiza y se logra identificar y diagnosticar, con base al principio de los pocos vitales y muchos triviales, el conjuntos de aspectos críticos influyentes en el desempeño del proceso. Utilizando la técnica AMEF se efectúa un análisis de riesgos sobre la ocurrencia de fallas, el modo en que se expresan, la frecuencia y los medios de control disponibles; se calcula para cada subsistema, el Índice de Riesgo Probable integrando los impactos de la severidad, frecuencia y control de las fallas. Luego, se realiza la evaluación del costo de las pérdidas asociadas a incumplimientos de entregas de pedidos y a las distintas actividades para enfrentar las



fallas inesperadas. Con tal información se determina planes de inversión que implicaría llevar a cabo las acciones remediales determinadas.

Para la solución a las situaciones derivadas del diagnóstico y fundamentadas en conocimientos de políticas y gestión de abastecimiento de materia prima así como el manejo de existencias de producto terminado a fin de evitar las variaciones en la demanda o en el sistema productivo, se aplican métodos de pronósticos del tipo suavizamiento exponencial doble para estimar, mediante pronósticos la demanda.

Se debe destacar que el principal motivo de la organización para crear y sostener esta línea de producción de polvo de cangrejo, radica en su decidida política de producir en armonía al medio ambiente

La Materia Prima

Los exoesqueletos del cangrejo, también denominados, carapachos constituyen una excelente materia prima para la obtención de subproductos de gran interés; su aprovechamiento permite procesar una importante cantidad de residuos sólidos que cuando son expuestos en ambientes abiertos, puede ocasionar impactos ambientales negativos (Arce,2011) . La materia prima es obtenida de proveedores que tienen acceso a los residuales de cangrejo que resultan del desprendimiento de la carne la cual es procesada y embazadas para su comercialización.

En la recepción de la materia prima se efectúa inspecciones severas para garantizar la selección de exoesqueletos en condiciones de pasar a la fase de almacenamiento (Marcillo&Velez, 2011). Se eliminan elementos ajenos o extraños; también se descarta otros elementos orgánicos distintos al carapacho y solo se lleva a la bodega acondicionada de almacenamiento los sacos con exoesqueletos que no presenten signos de descomposición avanzados. Esto último, ocurre con muy baja frecuencia y la eliminación definitiva de esta pequeña masa orgánica residual, se tiene convenida con terceros.

El Producto

Del proceso productivo, que consiste en la pulverización del carapacho o exoesqueleto del cangrejo, se obtiene el polvo del residual del cangrejo, el cual presenta aspecto de harina y contienen componentes extraordinariamente valiosos de naturaleza orgánica y de composición química definida tales como proteínas, carbohidratos, grasas, pigmentos, y minerales.

Igualmente se puede afirmar que está cubierta externa del cangrejo, producida por la secreción de sus células epidérmica, está compuesto por el polisacárido quitina, un polímero formado por cadenas rectas y simples (no ramificadas) de N-acetil-2-D-glucosamina, un monosacárido que incluye nitrógeno en su composición. En algunos casos el exoesqueleto aparece calcificado, reforzado por la aposición de carbonato cálcico.

Dicho producto se alcanza mediante el proceso de molienda y es almacenado en sacos de 20 Kgs. En general, el producto terminado tiene una demanda continua y se utiliza como materia prima en



diversos procesos industriales, por lo que se minimiza esfuerzos de almacenamiento de producto terminado.

El caparazón de los crustáceos contiene entre 25% sales de calcio, y proteínas, convirtiéndolo en una fuente de productos valiosos de interés comercial y de investigación.

El calcio se encuentra en el exoesqueleto de crustáceos (carapachos del cangrejo, de langostas y el caparazón del camarón), y es un producto de mucho interés debido a sus múltiples usos. (Caprile, 2008)

De acuerdo a (Retos en supply chain, 2016), proceso de producción son las actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios. Aquí intervienen la información y la tecnología, que interactúan con personas con el propósito de satisfacer la demanda. Los factores de producción son trabajo, recurso y capital que aplicados a la fabricación se podrían resumir en una combinación de esfuerzo, materia prima e infraestructura.

Mediante este concepto se puede comprender que un proceso de producción no es más que las actividades destinadas a la fabricación en el caso de este proyecto, la pulverización de los residuos del cangrejo para obtener materia prima que representa un bien, con el propósito de satisfacer un nicho de mercado requerido en el mismo. (Retos de Operaciones Logísticas, 2016)

El proceso de producción que se implementará es del tipo industrial, lo que significa que se utilizarán maquinarias además del capital humano necesario para controlar los niveles de secado e impurezas del carapacho del cangrejo.

A pesar de que el proceso comienza básicamente cuando la materia prima llega a la planta, detrás de ese proceso hay una cadena de abastecimientos que se debe controlar y cambiar constantemente de acuerdo a las eventualidades que se puedan presentar.

La operación de molienda consiste esencialmente en producir unidades de masa inferiores, a partir de fragmentos más grandes del material que se desea moler; por imposición de la naturaleza de la propia materia y por los tratamientos físicos y químicos que puedan seguirse, la molienda o pulverización es a menudo una operación compleja, bajo su aparente simplicidad.

Dentro de la operación de molienda es importante el tamaño en que se presenta el material que se desee molturar; así cuando la materia a tratar es de importantes dimensiones, se hace necesaria una operación previa de trituración, la cual consiste en reducir, en uno o dos pasos, el tamaño del material de partida a fragmentos menores con dimensiones inferiores, para posteriormente efectuar la molienda propiamente dicha de los nuevos fragmentos, obteniendo un polvo fino que pueda pasar en casi su totalidad por aberturas muy pequeñas (mallas de un tamiz cuya sección de paso sea solo de algunas decenas de micras).

Por lo tanto, se denomina molienda al proceso de fraccionamiento al estado de polvo de los fragmentos menores de un producto que provienen de la trituración. (Quezada, 1997)

Criterios de reducción mecánica



Los principales factores que intervienen en la selección o diseño de un sistema que facilite la reducción de tamaños de un material son:

Los fundamentos de la naturaleza o el estado físico del producto a tratar.

El grado de finura resultante.


El número de etapas del proceso.

El volumen de producción que se desea obtener.

Tabla 1. Tabla comparativa de tamaños de partícula

MESH TO MICRON CONVERSIONS CHART			
MESH	MICRONS	INCHES	MILLIMETERS
3	6730	0.2650	6.730
4	4760	0.1870	4.760
5	4000	0.1570	4.000
6	3360	0.1320	3.360
7	2830	0.1110	2.830
8	2380	0.0937	2.380
10	2000	0.0787	2.000
12	1680	0.0661	1.680
14	1410	0.0555	1.140
16	1190	0.0469	1.190
18	1000	0.0394	1.000
20	841	0.0331	0.841
25	707	0.0280	0.707
30	595	0.0232	0.595
35	500	0.0197	0.500
40	400	0.0165	0.400
45	354	0.0138	0.354
50	297	0.0117	0.297
60	250	0.0098	0.250
70	210	0.0083	0.210
80	177	0.0070	0.177
100	149	0.0059	0.149
120	125	0.0049	0.125
140	105	0.0041	0.105
170	88	0.0035	0.088
200	74	0.0029	0.074
230	63	0.0024	0.063
270	53	0.0021	0.053
325	44	0.0017	0.044
400	37	0.0015	0.037
550	25	0.0009	0.025
800	15	0.0006	0.015
1250	10	0.0004	0.010

1 Micron = 1 / 1000 MM or 1 Micron (Micrometer) = 1 / 1,000,000 of a Meter
 1 Meters = 0.001 Kilometer = 1000 Millimeters = 1,000,000 Micron (Micrometers)
 A Micron is one Millionth of a Meter = 0.00003937 Inches

 Molinos Pulverizadores J.A.
 Ingeniería de Reducción de Partículas
 C/ La Florida 24, Sevilla - 41013 Sevilla (España)
www.molinospulverizadores.com / ingenieria@molinospulverizadores.com



Desde hace más de un siglo, la desintegración ha sido objeto de investigaciones teóricas, fundamentalmente, con el fin de determinar el trabajo necesario para desintegrar las partículas.

En términos generales, se puede decir que las leyes y teorías existentes están superadas, dado que las mismas consideraban que el proceso era puramente mecánico, cuando en realidad se ha determinado que se trata, también de un proceso cinético, donde influye, en forma importante, el estado físico-químico de los sólidos.

En la actualidad se puede decir que todavía no existe una teoría general satisfactoria. No obstante, como algunas leyes dan una aproximación, al menos parcial, de los fenómenos reales. Las leyes de la desintegración se pueden clasificar de la siguiente manera:

- ✓ **Leyes de distribución granulométrica.**
- ✓ **Leyes energéticas.**
- ✓ **Leyes de Distribución Granulométrica.**

Se ha comprobado que resulta imposible obtener, por medio de la trituración, partículas que, en su totalidad, sean del tamaño igual y uniforme. El material producido es de distintas dimensiones, repartiéndose de acuerdo a curvas bien definidas denominadas curvas granulométricas.

Después de muchos estudios acerca del comportamiento de los materiales en la desintegración se llegó a las siguientes conclusiones:

El porcentaje de material fino aumenta a medida que aumenta el grado de desintegración. Varias etapas de trituración producen menor cantidad de materiales muy finos (ultra finos) con relación a efectuar esta operación en una sola etapa.

La desintegración de fragmentos planos produce más material fino que la de fragmentos en forma regular.

La forma media de los granos desintegrados varía con la ubicación en la escala de tamizado. Los granos gruesos y finos (los extremos) son alargados, mientras que los medios tienen forma más cúbica.

Dentro de las leyes energéticas más relevantes se derivan las siguientes: Ley de Rittinger, enunciada en el año 1867 y la cual se basa en la hipótesis de las superficies de las partículas; la Ley de Kick, expresada en el año 1885 basada en una hipótesis volumétrica y la teoría de Bond, del año 1951.

Esta ley, cuya explicación responde bastante bien a la desintegración de productos finos expresa: "El trabajo necesario para una desintegración es proporcional al aumento de superficie producida".

$$w = z * \Delta S$$

Dónde:

W: Trabajo de desintegración

z: Energía superficial específica



ΔS : Aumento de superficie producido en la desintegración

Otra forma de expresar esta ley es la siguiente: “Los trabajos producidos en la desintegración son inversamente proporcionales a los tamaños de los granos producidos”

$$\frac{w_m}{w_n} = \frac{D_m}{D_n}$$

Esta ley responde, con bastante aproximación, a la desintegración de productos gruesos y expresa lo siguiente: “El trabajo absorbido para producir cambios análogos en la configuración de cuerpos geoméricamente semejantes y de la misma materia varía con el volumen o la masa”.

$$\frac{w_m}{w_n} = \frac{V_m}{V_n} = \frac{m_m}{m_n}$$

Otra forma de expresión es la siguiente:

$$W = B \cdot \log \left(\frac{D_i}{D_f} \right)$$

Donde:

W: Trabajo de desintegración

V: Volumen

m: Masa

B: Constante

D: Tamaño (i: inicial; f: final)

Esta teoría se ajusta con bastante aproximación a la desintegración de minerales por vía húmeda; se expresa de la siguiente forma: “El trabajo de romper un carapacho de cangrejo es el necesario para sobrepasar su deformación crítica y que aparezcan grietas de fractura; luego la fractura se reduce sin aportes apreciables de energía”.

La expresión es la siguiente:

$$w = w_i * \sqrt{\frac{100}{D_f}} * \left(\sqrt{D_i} - \frac{\sqrt{D_f}}{\sqrt{D_i}} \right)$$

Donde:

WI: índice energético del material (kW/T.M. necesarios para reducir un material desde un tamaño infinito hasta que el 80% pase por el tamiz de 100x10-6m) (Ortiz, 2003)



El sistema productivo de molienda de carapacho está diseñado para producir 3,75 toneladas/hora, y en una jornada de 8 horas se estarían obteniendo 30 toneladas del polvo del residual del cangrejo, siempre que estén dadas las condiciones normales de operación en términos: disponibilidad de materia prima para satisfacer producción programada, disponibilidad de equipos, personal operativo capacitado y los insumos que requiere la operatividad del sistema productivo.

Al tomar en cuenta el tiempo de “no efectividad”, condición inherente a los sistemas de producción con moderada participación de personal operario, también conocido como la Eficiencia de la Mano de Obra el cual, por estudios de mediciones de tiempos y movimientos, se considera normalmente del 85%, se llega que la capacidad esperada de producción sea, en promedio, de 25.500 kilogramos.

A continuación se presenta la capacidad de operación de los equipos críticos del sistema de producción

Tabla 2 Especificaciones de capacidad por sistema

Maquinaria o equipo	Capacidad nominal
Bobcat	500 kgs. Por viaje
Triturador	Desde 42000 kgs. Hasta 138000 kgs. Por día
Banda transportadora	30.000 kgs por hora
Pulverizador	20800 kgs por hora
Exhaustores	20800 kgs por hora
Silo Master	200.000 kgs .

Para la capacidad teórica se considerara la disponibilidad de la maquinaria instalada en la empresa según los manuales de los fabricantes.

La Tabla No. 3. siguiente se detalla la capacidad de producción de los molinos de martillo tomadas en el manual MANFREDINI & SCHIANCHI en concordancia a las dimensiones y diseño de construcción del mismo por ser de fabricación local.

Tabla 3 Capacidad de producción de los molinos de martillo

TIPO DE MOLINO	CANT. MARTILLOS	Díámetro boca de carga	Tam. Max. Alim (mm)	Produc. (mc/h)	Potencia (kW)	RPM
PIG/A/6	6	400 x 760	200-250	16-45	75-160	600-1600
PIG/A/8	8					



PIG/A/10	10					
----------	----	--	--	--	--	--

La tabla No: 4, se muestra la capacidad de los pulverizadores, cabe recalcar que estos equipos son de fabricación local ensamblados por mecánicos de la propia empresa.

Tabla 4 : Especificación Técnica pulverizador

MODELO	MT W 110
POTENCIA	150HP
DIÁMETRO INTERIOR DE LA CÁMARA	0960
VELOCIDAD DE MOTOR	1755 rpm
MÁXIMO TAMAÑO DE ALIMENTACIÓN	>0120 mm
CAPACIDAD (T/H)	2,45 ~ 5,0
DIMENSIÓN TOTAL	2500 X 100 X 200
CANTIDAD DE MUELAS	8

El programa de producción del polvo del residual del cangrejo prevé jornadas de trabajo de 8 horas por semana tiempo en el cual se tiene previsto producir 21.520 Kg. Este programa restringido obedece a que la línea de producción comparte equipos y sistemas que realizan moliendas a otras materias primas, pero con una demanda muy superior a la línea de pulverización del carapacho dl cangrejo. También es necesario destacar que el abastecimiento impone restricciones al ritmo de producción, ya que por una parte, tener elevados inventarios de materia prima requiere de una bodega de mayores dimensiones que la actual y consideraciones de ambiente, higiene y seguridad que elevan sustancialmente los costos; por otra parte, depender de un aprovisionamiento acorde a los programas de producción es necesario confiar en un suministro semanal con alta regularidad tanto en la frecuencia como en la cantidad.

Se destaca que la idea original de la iniciativa de molienda de los residuales del cangrejo, guarda correspondencia con el interés de contribuir en la preservación del medio ambiente al eliminar residuos que tienen ciclos elevados de descomposición y afectan agresivamente al entorno donde son depositados sin ningún control sanitario.

2. Materiales y métodos

Se empleo la modalidad de investigación de campo y búsqueda bibliográficas en conjunto con la metodología que se muestra a continuación: se empleará una lista de verificación para la recolección de datos y la encuesta a los colaboradores del área de pulverización para obtener información primaria y realizar el análisis estadístico utilizando la herramienta Excel, en las cuales emplearemos



los siguientes elementos, Tablas dinámicas y gráficos. El Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF) es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un SISTEMA para priorizarlos y poder concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta. Con esta Técnica se podrá identificar los componentes críticos de cada subsistema, la manera en que estos han fallado y el impacto que ocasiona al sistema productivo en estudio. El valor del índice "Índice de riesgo Probable", (NRP), orienta a la jerarquización de las acciones que se han de recomendar frente al estado crítico determinado. Tal información es clave para la optimización de los programas de mantenimiento preventivo en razón de que las acciones a emprender en mantenimiento, se basan en lo acontecido en la estructura del sistema en cuanto a fallas e impacto de las mismas. Lo más frecuentemente usado es que los programas de mantenimiento preventivo se hagan con base a la experticia y experiencia sin tomar en cuenta los ciclos de vida de los sistemas. Se realizará el análisis de las horas trabajadas en un periodo de 12 meses con 4 horas semanales en el área de pulverización levantando información por medio de documentación (órdenes de trabajo) las mismas que se tomará en cuenta para localizar la variable a controlar en el área de pulverizado(desviaciones de proceso, tiempos improductivos).

3. Resultados

En la Tabla No. 6, presenta las desviaciones entre la demanda del producto y la producción alcanzada con la política antes señalada. Adicionalmente se muestra la Tabla 6, de la tendencia de las desviaciones registradas entre la demanda y la producción programada.

Tabla 5 Desviaciones en la insatisfacción de la demanda Kg/semana

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Desviación	-475	-225	-825	-175	-725	475	-725	-225	-475	175	-225	-285
Semana	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Desviación	-825	-175	-725	475	-725	475	-875	410	-880	-505	-955	41
Semana	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Desviación	-825	-175	-725	-25	-725	-225	125	410	120	495	1045	41
Semana	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Desviación	-825	-175	-725	45	-725	-525	-875	-590	-880	-505	-955	-959
Semana	49	50	51	52								



Desviación	-825	-700	-650	-375															
------------	------	------	------	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Esta Tabla evidencia que el mayor porcentaje de veces (75%), el programa de producción no ha logrado alcanzar las cuotas requeridos por el cliente.

En la Figura No.3, muestra la tendencia de los déficits de cumplir las metas de requerimientos de los clientes. Se aprecia una leve pero persistente tendencia al incremento de la insatisfacción. El ajuste lineal, se ve afectado por los valores atípicos correspondientes a la semanas 3 y 35, lo cual se evidencia en el bajo valor del coeficiente de determinación, sin embargo la recta con pendiente negativa refuerza la conclusión del que el sistema de producción ha venido incumpliendo con el logro de las metas o requerimientos del cliente.

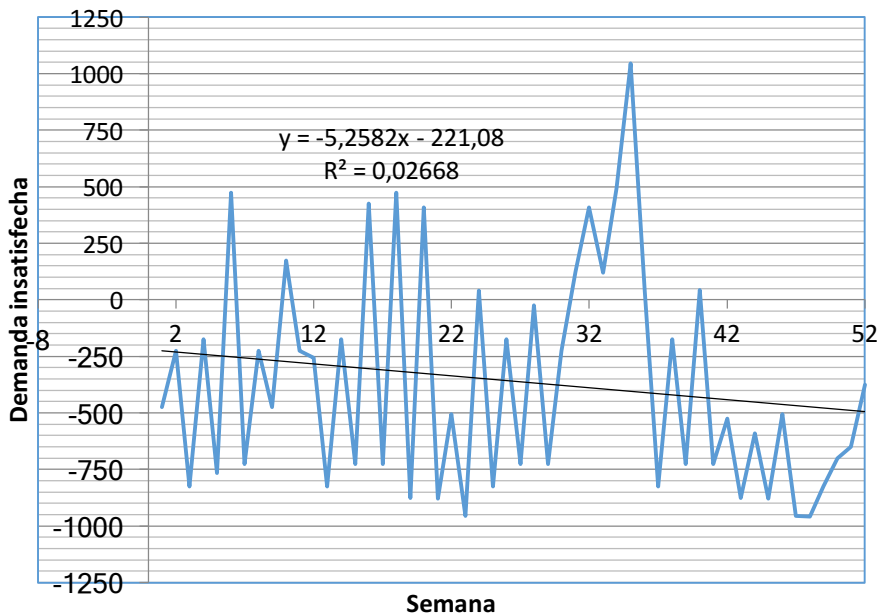


Figura 1 Tendencia de la insatisfacción de la demanda

Con el objeto de identificar el 20% de las causas críticas o vitales que puedan explicar el 80% de las desviaciones o incumplimientos en las entregas acordadas se procedió a realizar el diagrama de Pareto, pero orientado al tratamiento de los registros históricos sobre eventos cuya ocurrencia potencialmente afectan la producción.

En la Tabla No. 7, presenta la distribución de los eventos asociados con las ocurrencias de las 39 desviaciones de incumplimiento de las metas de producción.



Tabla 6 Distribución de eventos causales de incumplimiento de metas de producción

EVENTO	SUBSISTEMA	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	% ACUMULADO
MATERIA PRIMA	ABASTECIMIENTO	15	15	38,46%
FALLAS	BOBCAT	8	23	58,97%
FALLAS	PULVERIZADOR	5	28	71,80%
FALLAS	TRITURADOR	5	33	84,62%
FALLAS	BANDA TRANSPORTADORA	2	35	89,74%
FALLAS	TOLVA	2	37	94,87%
FALLAS	MARTILLOS	1	38	97,44%
FALLAS	EXHAUSTOR	1	39	100%
TOTAL		39		

4. Discusión

La demanda del polvo del residual del cangrejo es interna (cliente interno), es decir, es requerida en la fabricación de productos cerámicos o de revestimiento de pisos y paredes, donde se integra como un complemento de la materia prima para mejorar las propiedades de impermeabilidad y dureza. Hasta ahora, las variaciones mensuales de esta demanda no han cambiado de manera significativa, pero si manifiesta una tendencia al crecimiento hecho que se destaca al observar y analizar la Figura No. 2 Se aclara que el cliente interno suministra los requerimientos estimados por semana del producto con una semana de antelación. En la Tabla No. 4, expuesta a continuación, se muestra el comportamiento histórico de la demanda global por semana.

De aquí se desprende que la demanda en promedio durante las 52 semanas de evaluación es, aproximadamente, 18.500 kilogramos. Sin embargo, se observa una fluctuación aleatoria alrededor de este promedio, a partir del cual se estima que semanalmente se viene experimentando crecimientos de aproximadamente 6,5061 Kgs. El ajuste de los datos al modelo de regresión lineal se realizó porque así lo sugiere el gráfico de dispersión, pero no se observa una clara relación lineal como en efecto lo corrobora el valor bajo del coeficiente de determinación ($R^2 = 0,30$), indicando que solo el 30% de la variación de la demanda es explicada por la variable tiempo, por esta razón, conviene utilizar técnicas propias del análisis de series temporales, tales como métodos de suavizamiento, para realizar pronósticos de demandas para las próximas semanas. Este método se presentará como una herramienta a implantar en la propuesta de solución a las causas explicativas de los problemas detectados.

Como se pudo apreciar, hay una persistente tendencia al incumplimiento de los requerimientos del cliente en términos de los volúmenes del producto entregados. Se procede a continuación a



profundizar el estudio de tal situación y a la determinación de las causas que originan el incumplimiento.

Con base al histórico de producción se concluye que solo el 25% de las semanas se alcanzó a cumplir con los clientes, lo que indica que se debe determinar las causas principales que están generando los déficits.

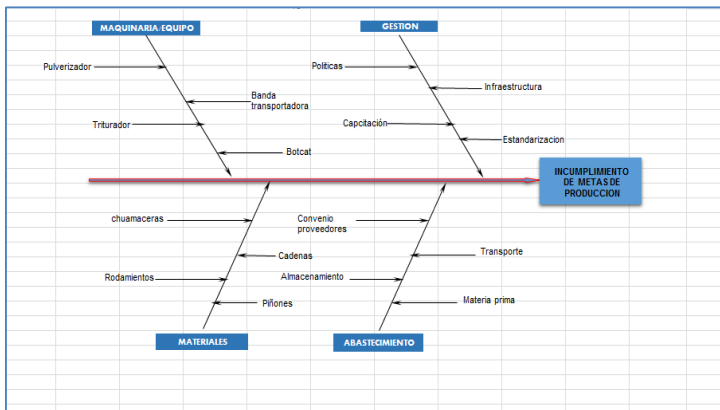


Figura 2 Diagrama Causa y Efectos

Entre las causas identificadas con el aporte del diagrama de Ishikawa y con el conocimiento del personal operario, como los factores explicativos de los incumplimientos de las cuotas de producto demandado se encuentran: problemas relativos al proceso de abastecimiento, problemas originados por fallas en la maquinaria y equipos, problemas derivados de definiciones de políticas de gestión. El correspondiente diagrama de Pareto se presenta a continuación la ubicación del 80% de las causas , del problema principal del proceso,

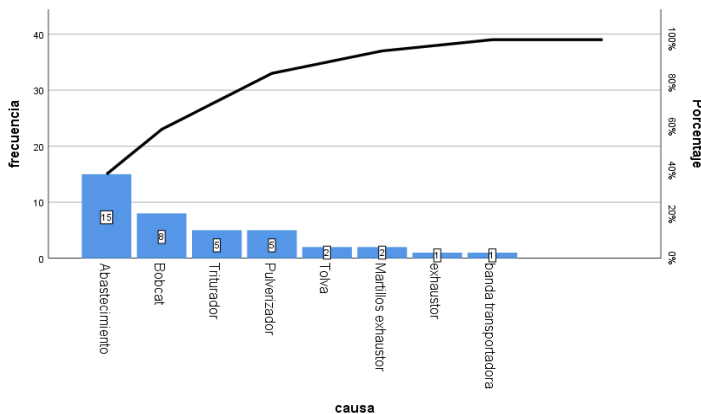


Figura 3 Diagrama de Pareto - Causas



Se observa en el diagrama de Pareto las causas que han estado generando los incumplimientos de entregas de las cantidades de productos solicitados son fundamentalmente atribuibles a tres categorías: la primero tiene que ver con el proceso de abastecimiento y la política de inventario, el segundo con el equipo de carga y transporte interno de materia prima la tercera categoría la conforman las fallas de subsistemas del procesos productivo y en específico: las fallas en el pulverizador, triturador y la anda transportadora.

5. Conclusiones

Una vez realizado el análisis AMEF para los componentes o subsistemas críticos, se tiene una visión de donde debemos focalizar los recursos y esfuerzos para incrementar la eficacia del sistema objeto. Se aclara que por las limitaciones de tiempo y recursos la aplicación de la técnica no fue exhaustiva en cada subsistema, pero con la información obtenida se está en condiciones de presentar soluciones a los potenciales problemas, para los cuales se hacen las recomendaciones y acciones que se deben realizar y con ello minimizar las probabilidades de fallas o equivalentemente incrementar la confiabilidad del sistema.

Referencias bibliográficas

BALLOU, R.H. Ballou. Logística. Administración de la cadena de suministro. (5.a ed.), Año 2004, Pearson Educación, México D.F (2004)

CAPRILE, D. Obtención y Utilización de Quitina y quitosano a partir del desecho de crustaceos. En C. M. D, *Obtención y Utilización de Quitina y quitosano a partir del desecho de crustaceos*, Año 2008, Págs. 1-25. España.

CONTRERAS, Arturo, ZUÑIGA, Cataya, MARTINEZ. Jose Luis, SANCHEZ. Diana . Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos. *Revista*. Vol ##, Año #####, Número ##, Pág. ##. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.11.002>.

CORRES, A., Esteban, A., García, J. Zarate, C. Análisis de series temporales. *Ingeniería Industrial*. 8 (1) (2009), pp. 21-33

GUTIÉRREZ, V. , Vidal, C. Modelos de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento: revisión de la literatura.

IŠIKAWA, Kaoru. What Is Total Quality Control? The Japanese Way. 1. vyd. *Englewood Cliffs*, New Jersey : Prentice-Hall, 1985. Dále jen Išikawa (1985). ISBN 9780139524332. S. 198.

MONTGOMERY, Douglas. Introduction to Statistical Quality Control. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.. ISBN 9780471656319. S. 148.



MARCILLO, M. S., VÉLEZ, M. K. (2011-04). Tesis "Planta procesadora de desechos de camarón y cangrejo para la obtención de quitina y extracto colorante". Recuperado a partir de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4673>

ORTIZ, Jaime. Las maquinas agricolas y su aplicación, Año 2003. Págs. 1-100. España: ISBN.

QUEZADA, A. Diseño de un triturados pulverizador de estopa. Año 1997. Págs. 8-25. España.

Retos de Operaciones Logísticas, Año 2016, : Recuperado de: <http://retos-operacioneslogistica.eae.es/2014/07/proceso-de-produccion-en-que-consiste-y-como-sedesarrolla.htm>