

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISMINUCIÓN DEL PORCENTAJE DE  
PRODUCTO DEFECTUOSO EN LA  
BLOQUERA BELÉN PARA EL SEGUNDO  
SEMESTRE DEL 2018

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA  
OPTAR POR EL BACHILLERATO EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL

MARIO NÚÑEZ MORA

TUTOR: MANUEL MÉNDEZ FLORES

SAN JOSÉ, JULIO, 2018

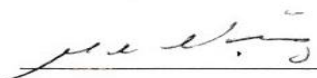
## DECLARACIÓN JURADA

### DECLARACIÓN JURADA

Yo Mario Nuñez Maua, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-998-142 egresado de la carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que sé castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: DISMINUCIÓN DEL PORCENTAJE DE PRODUCTO DEFECTUOSO EN LA BLOQUERA BELEN PARA EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2018

\_\_\_\_\_ es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 29 días del mes de DICIEMBRE del año dos mil 18.



Firma del estudiante

Cédula: 1-998-142

## CARTA DEL TUTOR

San José, 28 de diciembre de 2018

Miembros del comité de Trabajos Finales de Graduación.  
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante MARIO NÚÑEZ MORA, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "DISMINUCIÓN DEL PORCENTAJE DE PRODUCTO DEFECTUOSO EN LA BLOQUERA BELÉN PARA EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2018", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	17%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		95%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



Ing. Manuel Alejandro Méndez Flores, MSc.

1-1113-0022

IPI:18990

## CARTA DE LECTOR

Universidad Hispanoamericana  
Sede Llorente  
Escuela de Ingeniería Informática

Estimados señores

El estudiante Mario Núñez Mora, cédula de identidad 1-0998-0142, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "DISMINUCIÓN DEL PORCENTAJE DE PRODUCTO DEFECTUOSO EN LA BLOQUERA BELÉN PARA EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2018", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

He revisado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación y no se requiere corrección alguna.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

Firma:

  
Ing. Luis **Pablo Torres González**  
1310734 Cédula 1-11310734

## CARTA DE FILÓLOGO

15 de Febrero del 2019

Señores  
Universidad Hispanoamericana  
Presente

Estimados señores:

La suscrita María del Rocío Calvo Alfaro, con cédula de identidad número 1-1614-0447, profesional en Filología Española, con carné número 80867 asociado a Colypro, hace constar que revisó el documento denominado: "DISMINUCIÓN DEL PORCENTAJE DE PRODUCTO DEFECTUOSO EN LA BLOQUERA BELÉN PARA EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2018". Del estudiante Mario Núñez Mora, al cual se le aplicaron las revisiones y observaciones relacionada con aspectos de construcción gramatical, ortografía, redacción entre otros.

Dado lo anterior, certifico que el documento contiene las observaciones y correcciones solicitadas de conformidad con lo pactado.

Atentamente

**MARIA DEL  
ROCIO CALVO  
ALFARO  
(FIRMA)**

Firmado digitalmente  
por MARIA DEL ROCIO  
CALVO ALFARO  
(FIRMA)  
Fecha: 2019.02.15  
17:47:54 -06'00'

---

María del Rocío Calvo Alfaro

Carné 80867

## DEDICATORIA

Este proyecto de graduación, lo dedico a toda mi familia especialmente a mi esposa e hijo por su constante apoyo, dedicación y esmero durante los momentos difíciles que experimenté durante mi carrera. Nunca fue fácil, pero ellos estuvieron siempre para darme aliento y ganas de seguir adelante.

Muy especialmente, a Dios, por estar siempre de mi lado, darme sabiduría y fuerzas para llegar hasta este punto a pesar de mi edad y de mi trabajo.

También, a todos mis amigos y profesores de los cuales recibí siempre consejos y enseñanzas que me sirvieron a lo largo de estos años para construir mi sueño de tener una profesión.

## **AGRADECIMIENTOS**

Desde lo más profundo de mi corazón agradezco a Dios por darme la fuerza y la sabiduría de cumplir mis metas, sueños y guiarme hasta este punto.

También, mi agradecimiento es para todos los profesionales involucrados en este proyecto como profesores colaboradores y líderes de la empresa Productos de Concreto por brindar apoyo e inspiración a este proyecto, ya que sin ellos hubiese sido imposible su realización.

Por último, el amor, la paciencia y la dedicación recibida por parte de toda mi familia es único y es el motor que me impulsa a seguir adelante día con día pese a las dificultades.

“El fracaso es mejor maestro que el éxito. Escucha, aprende y después sigue.”

**C. Pinkola**

## ÍNDICE

DECLARACIÓN JURADA .....	ii
CARTA DEL TUTOR.....	iii
CARTA DE LECTOR .....	iv
CARTA DE FILÓLOGO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS .....	vii
ACRÓNIMOS Y SIGLAS.....	xvi
RESUMEN .....	xvii
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	2
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	4
1.2.1 Diferentes Productos .....	7
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
1.5 JUSTIFICACIÓN .....	16
1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.6.1 Objetivo general.....	17
1.6.2 Objetivos específicos .....	17
1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	18
1.7.1 Alcances .....	18
1.7.2 Limitaciones.....	18
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEORICO .....</b>	<b>19</b>
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA .....	20
2.1.1 Estado de un proceso .....	20
2.1.2 Calidad.....	23
2.1.3 Control de calidad .....	24
2.1.4 Control estadístico del proceso.....	25
2.1.5 Análisis estadístico .....	28

2.1.6 Metodología DMAIC.....	29
2.1.7 Diagrama SIPOC .....	30
2.1.8 Análisis del retorno de la inversión .....	31
2.1.9 Parámetros técnicos del equipo.....	32
2.2 MARCO CONCEPTUAL ATENIENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO.....	35
2.2.1. Definir .....	36
2.2.2 Medir.....	36
2.2.3 Analizar.....	36
2.2.4 Mejorar.....	37
2.2.5 Controlar .....	37
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO .....	39
2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SIMILARES .....	41
CAPÍTULO III: MARCO METODOLOGÍCO.....	43
3.1 METODOLOGIA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	44
3.2 METODOLOGIA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO.....	46
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.	48
3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....	50
3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.....	51
CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS .....	53
4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS.....	54
4.1.2 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de adoquines.....	55
4.1.3 Diagrama de Movimientos .....	56
4.1.5 Herramienta SIPOC .....	58
4.2 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.....	62
4.2.1 Especificaciones del proceso productivo .....	62
4.2.2 Especificaciones técnicas de los adoquines 401 .....	64
4.2.3 Características de calidad del producto .....	65
4.2.4 Pruebas del laboratorio y control de calidad .....	65
4.3 DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO DE LA BLOQUERA BELÉN .....	67

4.4 CLASIFICAR LAS CAUSAS SEGÚN SU NIVEL DE SIGNIFICANCIA .....	71
4.4.1 Priorización de las causas .....	71
4.4.2 Diagrama de Pareto .....	72
4.5 SITUACION ACTUAL .....	74
4.5.1 Situación actual de la cantidad de segunda.....	74
4.5.2 Muestreos estadísticos y gráficos de control NP .....	75
4.5.3 Capacidad del proceso .....	79
4.5.4 Situación actual de la devolución del producto .....	80
4.5.3 Situación actual del producto defectuoso .....	80
4.6 CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO.....	82
CAPÍTULO V: DISEÑO Y DESARROLLO.....	83
5.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....	84
5.2 Sensores de rayo de luz .....	86
5.3 Formatos para control en el lado húmedo.....	87
5.4 Muestreos después de la implementación .....	89
5.4.1 Calculo de los nuevos límites y gráficos de control.....	90
5.5 Nueva capacidad del proceso .....	92
5.6 Evaluación del proyecto .....	93
5.7 Análisis del retorno de la inversión.....	94
5.8 Conclusiones de la implementación.....	97
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	98
6.1 CONCLUSIONES .....	99
6.2 RECOMENDACIONES .....	101
BIBLIOGRAFÍA .....	103
APÉNDICES.....	106
Apéndice 1: Tiempo de ciclo .....	107
Apéndice 2: Máquinas relacionadas al proceso .....	108
Apéndice 3: Agregados.....	109
Apéndice 4: Defectos en los adoquines. ....	110
Apéndice 5: Entrevistas .....	111
Apéndice 6: Reuniones.....	112

Apéndice 7: Muestreos para determinar la cantidad de segunda .....	113
Apéndice 8: Bitácora para la lluvia de ideas .....	114
Apéndice 9: Monitoreo de la altura con los sensores de rayo de luz .....	115
Apéndice 10: Muestreos para determinar el impacto de la mejora .....	116
ANEXOS .....	117
Anexo 1: Programa de producción Mensual .....	118
Anexo 2: Formato para reporte de producción.....	119
Anexo 3: resistencia del Cemento.....	120
Anexo 4: Curva de cemento para adoquines .....	121
Anexo 5: Formato de consecutivos .....	122
Anexo 6: Sensores de rayo de luz .....	123

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Diagrama de flujo .....	55
Gráfico 2: Diagrama de tiempos y movimientos .....	57
Gráfico 3: Diagrama causa y efecto .....	67
Gráfico 4: Diagrama de Pareto.....	73
Gráfico 5: Gráfico cantidad de segunda .....	75
Gráfico 6: Gráfico NP .....	78
Gráfico 7: Informe de capacidad para rechazos adoquines 401 .....	79
Gráfico 8: Costo \$/tonelada adoquín 401 .....	81
Gráfico 9: Formatos de control para el peso y la altura.....	88
Gráfico 10: Nuevo Gráfico NP .....	91
Gráfico 11: Informe de capacidad para rechazos adoquines 401 .....	92
Gráfico 12: Tasa interna de retorno.....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de valores para el tipo de proceso.....	21
Tabla 2: Cuadro de mando integral .....	40
Tabla 3: Definición del problema .....	45
Tabla 4: Medición y respaldo cualitativo.....	47
Tabla 5: Propuesta de mejora .....	49
Tabla 6: Implementación del proyecto.....	50
Tabla 7: Verificación, aseguramiento, control y seguimiento de los resultados.....	52
Tabla 8: SIPOC .....	59
Tabla 9: Tabla de frecuencias .....	71
Tabla 10: Cantidad se segunda.....	74
Tabla 11: Muestreo estadístico en el área de control de calidad seco .....	76
Tabla 12: Calculo de los límites de control .....	77
Tabla 13: Muestreo estadístico en el área de control de calidad seco .....	89
Tabla 14: Calculo de los nuevos límites de control .....	90
Tabla 15: Proyección del flujo de efectivo por mes .....	93
Tabla 16: Análisis del VAN y la TIR.....	95

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Bloquera Belén (Productos de Concreto).....	5
Ilustración 2: Ubicación de plantas de PC.....	6
Ilustración 3: Organigrama Bloquera Belén.....	7
Ilustración 4: Calle adoquinada con adoquines 401.....	8
Ilustración 5: Bloques de pared clase A.....	9
Ilustración 6: Muro de retención Keystone.....	10
Ilustración 7: Proceso de bloques y adoquines.....	11
Ilustración 8: Diagrama de flujo.....	11
Ilustración 9: Diagrama de Ishikawa.....	14
Ilustración 10: Los cuatro estados de un proceso.....	20
Ilustración 11: Etapas de la metodología DMAIC.....	30
Ilustración 12: Vibro compactadora Masa.....	32
Ilustración 13: Molde de adoquines 401 RAMPF.....	34
Ilustración 14: Metodología DMAIC.....	35
Ilustración 15: Diagrama de Movimientos.....	56
Ilustración 16: Adoquín 401.....	64
Ilustración 17: Sensores de rayo de luz.....	86

## ACRÓNIMOS Y SIGLAS

**Cp:** Capacidad del Proceso

**DMAIC:** Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar

**Ed:** Editorial

**ed:** edición

**LANAME:** Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

**LCC:** Límite central de control

**LIC:** Límite inferior de control

**LSC:** Límite superior de control

**MEIC:** Ministerio de Economía Industria y Comercio

**Mpa:** mega pascales

**PC:** Productos de Concreto

**PLC:** Controlador lógico programable

**RTCR:** Reglamento técnico de Cementos de Costa Rica

**TIR:** Tasa interna de retorno

**VAN:** Valor Actual Neto

**SIPOC:** Proveedor, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes

**UCR:** Universidad de Costa Rica

**Uds.:** unidades

## RESUMEN

Núñez, Mario, Universidad Hispanoamericana, diciembre de 2018, Disminución del porcentaje de producto defectuoso en la Bloquera Belén para el segundo semestre del 2018, Manuel Méndez Flores.

El presente proyecto trata sobre la disminución de la cantidad de producto defectuoso generado durante la fabricación de los adoquines 401 en la Bloquera Belén de Productos de Concreto, mediante la implementación de gráficos de control.

Durante la fase de análisis de las causas más significativas que generaban la segunda, se determinó que existía una falta de control documentado en el área de control de calidad húmedo y que los operadores del proceso carecían de un respaldo e información necesaria para tomar acciones preventivas o correctivas en caso de que los parámetros de calidad de los adoquines se salieran de los límites que la norma indica.

Por esta razón, el proyecto se enfocó en controlar dos variables muy importantes como son el peso y la altura con el fin de determinar los parámetros correctos o límites de control del proceso, por dotar de herramientas adecuadas para que los operadores se pudieran apoyar y controlar de una mejor manera el proceso de mano factura del producto estrella (adoquines 401).

Durante la etapa de implementación, se instalaron sensores de rayo de luz, se implementaron formatos para generar graficas de control en el lado de control de

calidad húmedo y de esta forma, fortalecer el proceso de fabricación. De la misma manera, se establecieron límites de control para la cantidad de unidades defectuosas producidas, así como el cálculo de la capacidad del proceso para las especificaciones de calidad requeridas para el adoquín 401.

En conclusión, el proyecto brindo un excelente aporte logrando una disminución del 0.02% en la cantidad de segunda, trabajando de la mano con las políticas de la empresa y el cumplimiento de las metas que Productos de Concreto requiere para mantener y mejorar sus estándares de calidad.

# **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## 1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La calidad de los productos depende de los componentes de este; las empresas normalmente tienen los procesos estandarizados, y cuando estos procesos son alterados por diversas circunstancias es importante que los dirigentes tomen y analicen la situación para buscar alternativas de mejora.

Las mejoras que buscamos en este proyecto son para la Planta Industrial PC, es fundamental para ofrecer al mercado un producto con una calidad específica de manera continua, y no que haya altibajos en las presentaciones del producto. De esta manera, definimos que nuestra línea de investigación está situada dentro de calidad.

El presente proyecto inicia con una etapa de observación del proceso con el fin de recopilar datos que sean relevante para nuestra investigación y de esta forma determinar las variables que están impactando en el proceso, con la ayuda de herramientas como diagramas de proceso, diagramas de flujo, e histogramas. Seguidamente, continúa la etapa de muestreo estadístico, el cual será sometido a un análisis para desarrollar de la etapa más importante del proyecto, que conlleva a la mejora que se implementará durante el transcurso del trabajo.

Para resolver algunos de sus problemas de calidad, se hacen análisis con base en herramientas como diagramas de Ishikawa, diagramas de Pareto, graficas de control, que logren dar soluciones de manera que se pueda delimitar al menos una alternativa a los problemas enfocados. Así se pretende dar una mejora a nivel económico para la empresa dando un esfuerzo para mejorar las fallas detectadas y proponer mejoras óptimas para el proceso, tomando en cuenta el minimizar lo más

posible los costos para la empresa dando soluciones optimas, prácticas y sencillas que permitan dar una adecuada solución al problema.

Como última etapa del proyecto, tenemos un seguimiento del cual pretendemos recopilar datos por medio de la documentación generada por parte de las gráficas, que nos sirvan para desarrollar nuestras conclusiones y así dar respuesta a problema planteado. De la mano con esta etapa de seguimiento, se realizarán auditorias periódicamente con el fin de comprobar que la mejora se está aplicando de la manera correcta.

## **1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA**

Productos de Concreto cuenta con ocho plantas fuera y dentro del país, las cuales operan bajo estándares reconocidos internacionalmente. Se especializa en la investigación, diseño y desarrollo de soluciones constructivas prefabricadas en concreto con altos niveles de ingeniería, innovación y calidad; desde el bloque de pared hasta grandes estructuras prefabricadas para industria, comercio, uso residencial e infraestructura vial como puentes, muelles, entre otros.

Productos de Concreto es una empresa líder en el mercado, así lo respalda el trabajo que realiza desde 1948, desarrollando grandes obras que permanecen, tanto para la empresa pública como la privada.

### Ilustración 1: Bloquera Belén (Productos de Concreto)



**Fuente: PC**

Productos de concreto cuenta con cinco plantas alrededor del país de las cuales, la principal es la que se encuentra ubicada en San Rafael de Alajuela, exactamente en la radial Lindora calle potreros un kilómetro al oeste. Es en este lugar, donde se desarrollará el proyecto.

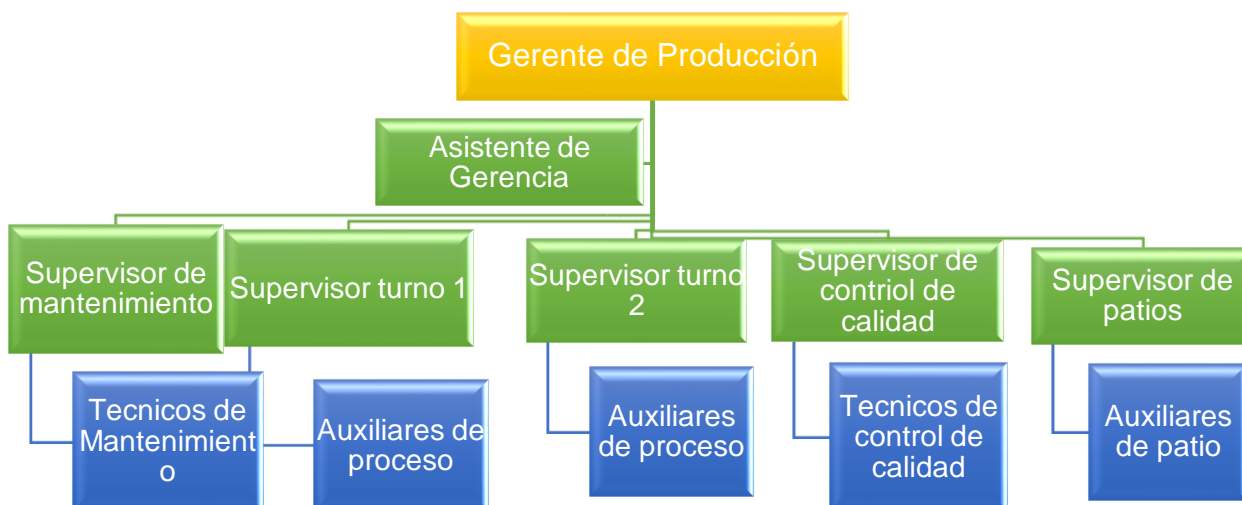
## Ilustración 2: Ubicación de plantas de PC



Fuente: PC

Productos de Concreto es una empresa muy grande con más de 300 colaboradores alrededor de todo el país; por lo tanto, nuestro trabajo se concentrará solo en la división de bloques y adoquines de la Bloquera Belén de Productos de Concreto, la cual cuenta con 25 colaboradores. La siguiente imagen muestra el organigrama de esa área específica.

**Ilustración 3: Organigrama Bloquera Belén**



**Fuente: elaboración propia**

Como parte de las iniciativas para promover las mejores prácticas constructivas en el país, se funda junto con Lanamme-UCR la primera Escuela de Mampostería. En Productos de Concreto, se trabaja bajo reconocidos estándares internacionales, que nos permiten ofrecer una solución de calidad y contribuir al desarrollo responsable y sostenible del sector construcción.

### 1.2.1 Diferentes Productos

La información de los diferentes productos fue tomada de la página principal de PC tal y como se muestra a continuación. Los pavimentos de adoquines de concreto se pueden emplear en usos residenciales, municipales, industriales, centros comerciales, etc. Se pueden fabricar adoquines de diferentes colores, que permiten

formar figuras, señales y demarcaciones duraderas que dan una mayor belleza al pavimento.

#### **Ilustración 4: Calle adoquinada con adoquines 401**



**Fuente: PC**

Los bloques de concreto son pequeñas piezas prefabricadas individuales con las que se construyen muy flexiblemente paredes estructurales y no estructurales, muros, vigas y columnas. La mampostería consiste en la construcción compuesta con bloques, refuerzo y concreto colado, mediante la colocación manual de los elementos

o mampuestos.

### Ilustración 5: Bloques de pared clase A



**Fuente: PC**

Los mampuestos y prefabricados encuentran una de sus mejores aplicaciones en la rápida construcción de muros de retención, que comprende:

- Muros de retención de mampostería en voladizo de hasta 2.60 m de altura.
- Muros de retención de gravedad o mecánicamente estabilizados con el sistema Keystone.

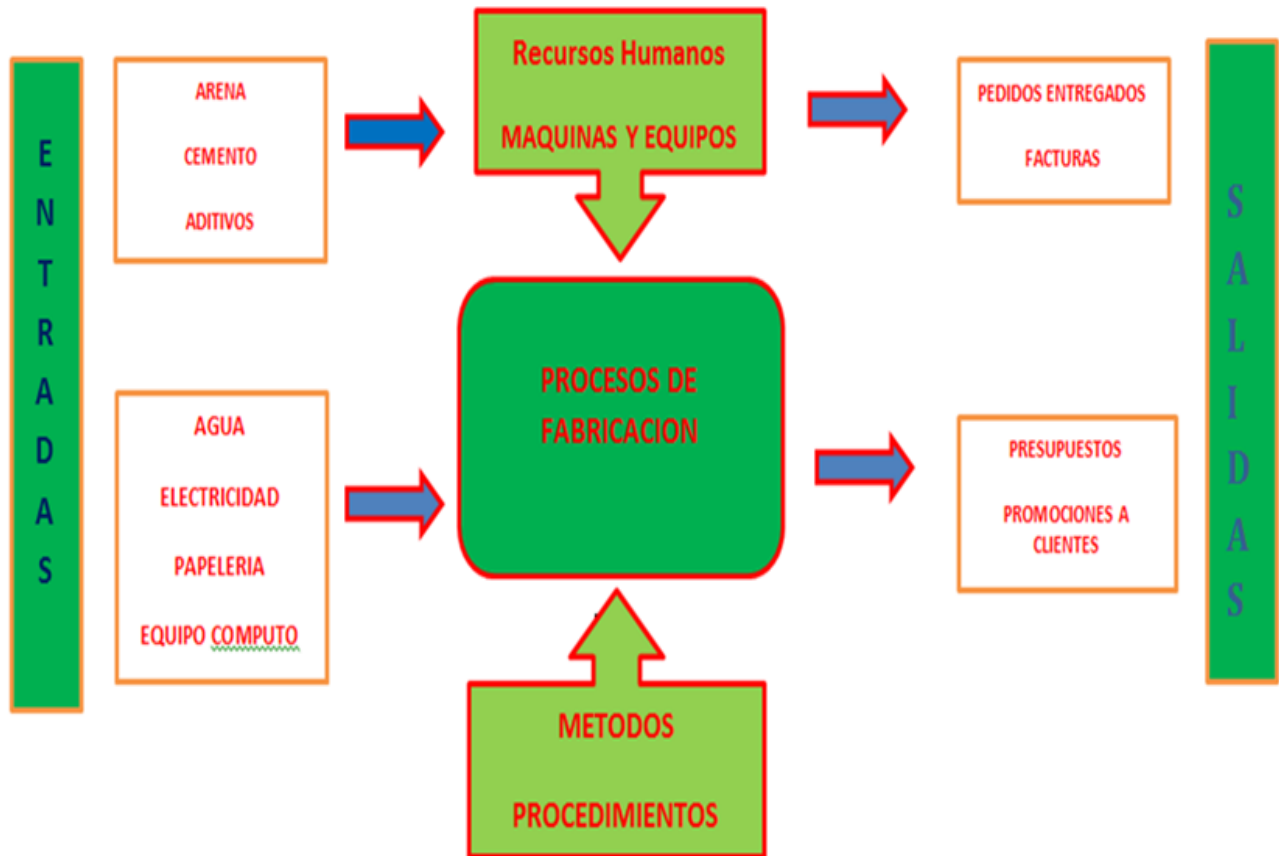
### Ilustración 6: Muro de retención Keystone



**Fuente: PC**

La siguiente imagen incorpora la descripción del proceso productivo, el cual es similar para todos los productos.

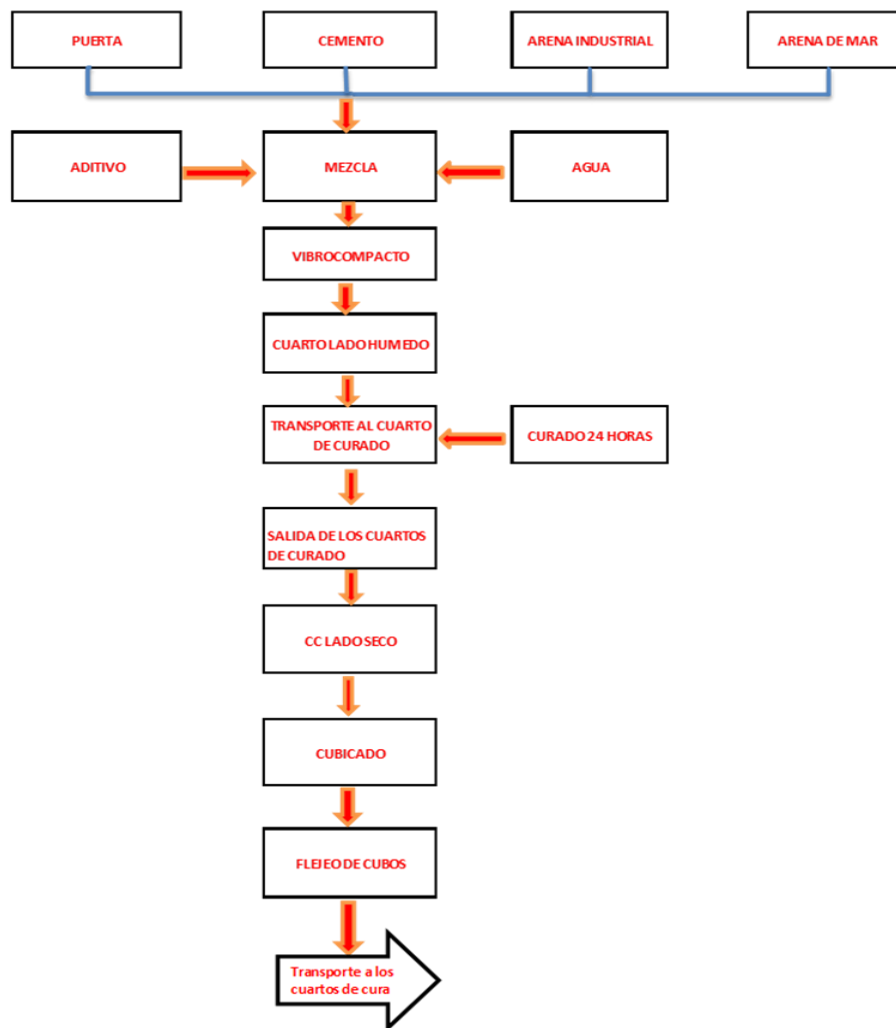
### Ilustración 7: Proceso de bloques y adoquines



Fuente: elaboración propia

El diagrama de flujo de la siguiente imagen, nos muestra una mejor visión del proceso de manufactura de bloques y adoquines.

**Ilustración 8: Diagrama de flujo**



**Fuente: elaboración propia**

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

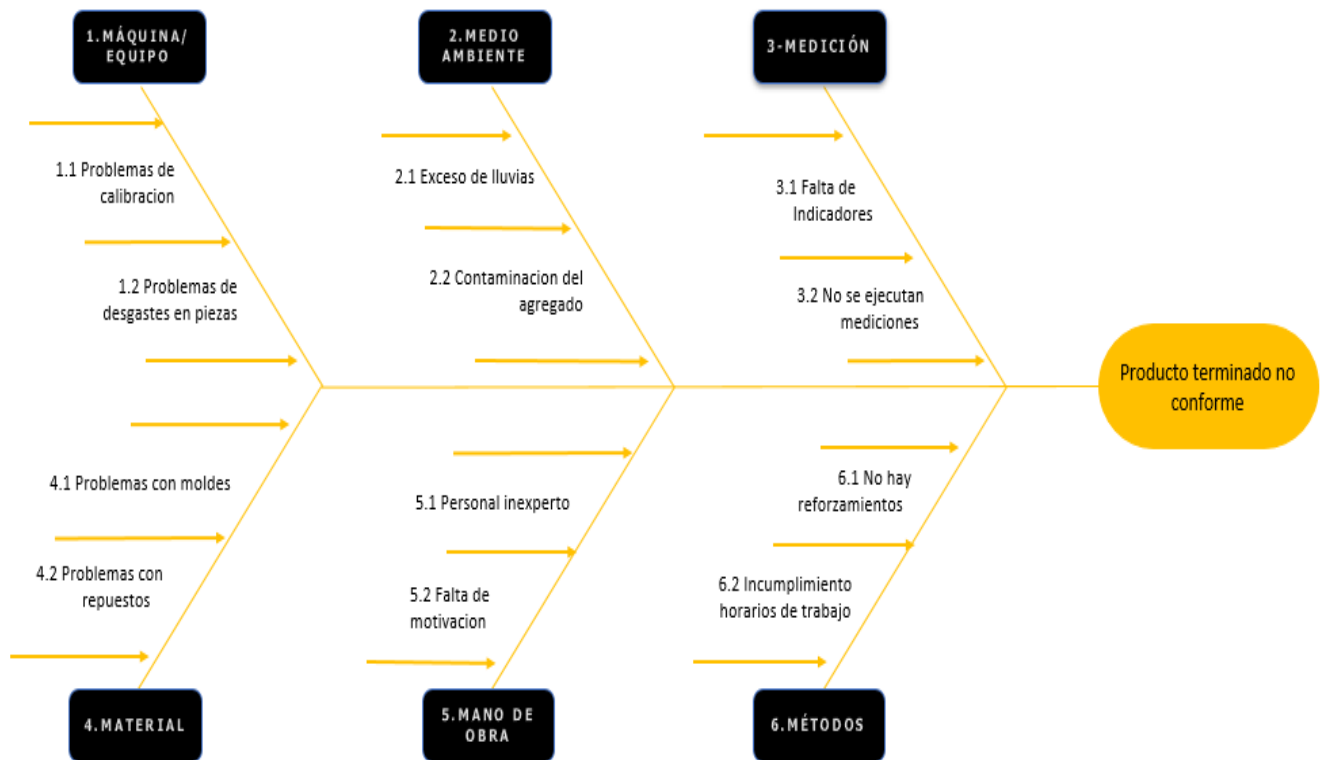
Históricamente, durante el proceso de fabricación de adoquines y debido a que el agregado por su misma naturaleza y métodos de recolección se ensucia o contamina, esto hace que sea prácticamente imposible filtrar el 100% de todas esas impurezas durante el proceso de fabricación, que como resultado desperdicios de la materia prima con las unidades recién fabricadas o frescas. Los datos también evidencian la movilización de los técnicos de control de calidad hacia los proyectos por desconformidades de los clientes con los adoquines.

Según datos históricos suministrados por la empresa, se está dando un desperdicio en el área de control de calidad húmedo, en promedio de un 1.2 % de la producción total, lo cual equivale en promedio a un metro cubico (1 m<sup>3</sup>) o 2.000 kg de agregados conjunto con aditivos y cemento, equivalente a \$34 para la mezcla de adoquines y de \$22 para la mezcla de bloques, por jornada de 12 horas.

El promedio histórico de los últimos meses de reclamos por desconformidades en el producto es de 2 reclamos por mes, lo cual genera un costo significativo, porque las unidades tienen que reponerse y el costo que implica reponer dichas unidades defectuosas, es aproximadamente un 50% sobre su costo de producción

El siguiente diagrama de Ishikawa se construyó mediante la recolección de datos, recopilados por una entrevista verbal a los operarios y jefes inmediatos incluyendo algunos datos otorgados por la empresa. En esta, se aprecian las causas que generan que los errores en los procesos de elaboración de los adoquines en productos de concreto.

Ilustración 9: Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia

## **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿Cómo implementar las herramientas de control de calidad para determinar las fallas en la producción, reducir los desperdicios de material y la cantidad de producto defectuoso?

## 1.5 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, se está dando pérdida de materia prima y desconformidades en el producto terminado por problemas en el proceso de tal manera que es de interés para productos de concreto encontrar y de ser factible aplicar ciertas mejoras para disminuir las pérdidas de producto. Todo esto con el fin del mejoramiento en la productividad de la división de bloques y adoquines de productos de concreto.

Así se pretende dar una mejora a nivel económico para la empresa dando un esfuerzo para mejorar las fallas detectadas y proponer mejoras óptimas para el proceso, tomando en cuenta el minimizar lo más posible los costos para la empresa dando soluciones óptimas, prácticas y sencillas que permitan dar una adecuada solución al problema.

## **1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1 Objetivo general**

Disminuir el porcentaje de producto defectuoso mediante la implementación de herramientas de control para un óptimo dominio del proceso y la reducción de costos debido a inconformidades por parte de los clientes.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- Identificar las variables de la producción de adoquines mediante un mapeo del proceso para enfocar las causas del problema.
- Determinar la cantidad de producto defectuoso mediante muestreo estadístico para establecer el porcentaje de producto defectuoso.
- Diseñar una propuesta de mejora para controlar el proceso.
- Evaluar el impacto de la propuesta de mejora para definir si es viable su implementación.

## **1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.7.1 Alcances**

El proyecto se desarrollará en la Bloquera Belén de Productos de Concreto, específicamente, en la línea de control de calidad húmeda para el proceso de fabricación de los adoquines 401 a partir del segundo semestre del 2018, tiempo en el cual se realizaron implementaciones a en el proceso productivo.

### **1.7.2 Limitaciones**

Dentro de las limitaciones podemos señalar las siguientes:

- Falta de capacitación por parte de los terceros que laboran con la empresa.
- Falta de herramientas de control para el proceso.
- Resistencia al cambio por parte de los colaboradores
- Falta de indicadores en la planta.
- No hay interés en estos momentos por parte de la empresa de invertir en implementaciones costosas.

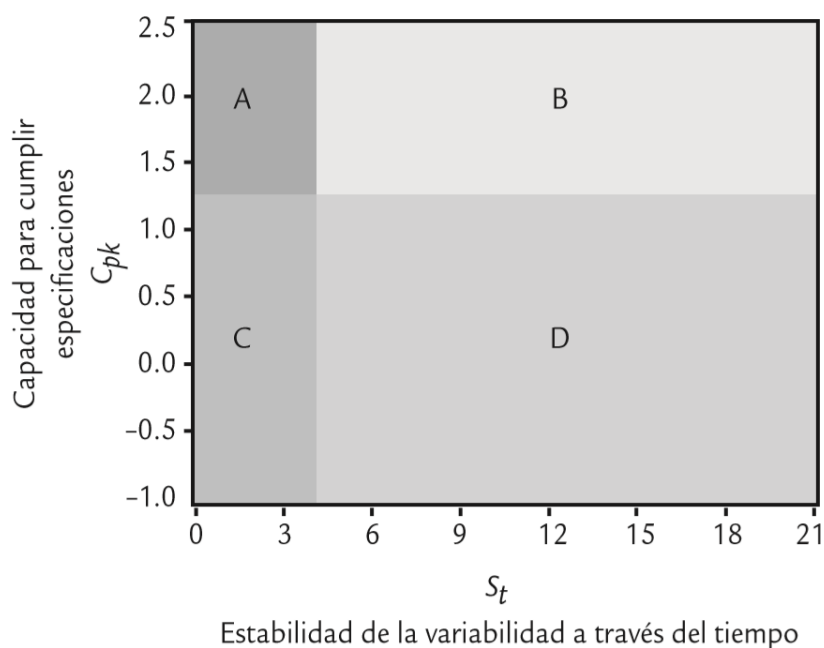
## **CAPÍTULO II: MARCO TEORICO**

## 2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

### 2.1.1 Estado de un proceso

Cuando intentamos definir el estado de un proceso surgen dos conceptos muy importantes, los cuales son proceso estable (es la variación de un proceso a través del tiempo) y proceso capaz (proceso que cumple con las especificaciones de calidad deseadas). Basados en estos dos conceptos surgen los cuatro estados de un proceso, los cuales podemos identificar en la siguiente imagen.

**Ilustración 10: Los cuatro estados de un proceso**



**Fuente: libro Control estadístico de la calidad y Seis Sigma**

Para comprender mejor la ilustración (Gutiérrez, de la Vara, 2013) explican los cuatro estados de un proceso de la siguiente manera:

“Proceso inestable e incapaz (D): no cumple con las especificaciones, las causas especiales de variación aparecen con frecuencia, produce mala calidad y su desempeño es difícil de pronosticar.

Proceso estable pero incapaz(C): no cumple con las especificaciones de calidad, es establemente malo.

Capaz pero inestable (B): este funciona en presencia de causas especiales de variación, sin embargo, el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones de calidad.

Estable y capaz (A): este cumple con las especificaciones y es predecible en un futuro inmediato.”

La siguiente tabla determina las clases o categorías en las que se encuentra un proceso con respecto al índice  $C_p$ , partiendo de 4 que es lo más bajo en un proceso hasta llegar a un proceso de clase mundial.

**Tabla 1: Tabla de valores para el tipo de proceso**

Valor del índice $C_p$	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

**Fuente: libro Control estadístico de la calidad y Seis Sigma**

### 2.1.1.1 Índices de capacidad para procesos

Los procesos cuentan con múltiples variables de respuesta o lo que se conoce como salidas del proceso, las cuales deben de cumplir con diferentes especificaciones dadas dependiendo de cada proceso, con el fin de determinar si el mismo funciona de manera satisfactoria. La principal función de los índices de capacidad de un proceso consiste en conocer, evaluar y determinar la amplitud de la variación natural de un proceso para una característica de calidad dada.

Se puede tener una perspectiva a corto y largo plazo cuando hablamos de capacidad de proceso, lo cual nos lleva a los diferentes índices  $C_p - C_{pk}$  (a corto plazo) y  $P_p - P_{pk}$  (a largo plazo). De una forma más detallada (Gutiérrez, de la Vara, 2013) definen los índices de capacidad de proceso a corto y largo plazo de la siguiente manera:

“A corto plazo:

- Índice  $C_p$ : indicador de la capacidad potencial del proceso que resulta de dividir el ancho de las especificaciones entre la amplitud de la variación natural de un proceso
- Índice  $C_{pk}$ : índice de la capacidad real de un proceso, que tan centrado se encuentra nuestro proceso, es un ajuste de índice  $C_p$ .

A largo plazo:

- Índice  $P_p$ : indicador del desempeño potencial del proceso utilizando la desviación estándar de largo plazo.

- Índice Ppk: indicador del desempeño real del proceso utilizando la desviación estándar de largo plazo, es un ajuste del índice Pp.”

### **2.1.2 Calidad**

Actualmente, existe una gran preocupación con respecto a la calidad y su implementación en los procesos industriales dado a que los procesos o servicios se ven forzados a asegurar esta calidad, la cual se comienza a implementar en todos los niveles de la empresa.

La calidad en los productos es una de las principales metas de las empresas manufactureras por ende surgen muchas técnicas o conceptos que nos ayudan a mejorar y controlar continuamente los procesos dentro de las empresas.

“Una definición más trascendente de la calidad aparece en la norma ISO 9000: 2000. En ella, la calidad se define como el grado con el que un conjunto de características inherentes cumple los requisitos. Grado significa que se puede usar calidad con adjetivos como mala, buena y excelente. Inherente se define como que existe en algo, en especial como una característica permanente” (Besterfield, 2009, p.2).

Por lo tanto, el ingeniero industrial tiene como gran reto el constante mejoramiento de la mano con la calidad de los productos que llegan al cliente final. Para este tipo de mercado nacional, el nivel de ingresos continúa creciendo y los

estándares de vida permanecen altos, entonces la industria de la construcción crecerá de la misma manera sobre todo en términos de calidad.

En consecuencia, con una buena administración, con maquinarias útiles y productos de calidad, el establecimiento de esta planta de producción será una inversión rentable en un futuro cercano.

### **2.1.3 Control de calidad**

Existen muchas herramientas que nos pueden ayudar a mejorar la productividad de nuestra línea, las cuales nos servirán para incrementar la producción de artículos y así mejorar las utilidades de la empresa o bien, disminuir los gastos, pero sin descuidar la calidad de los productos que es uno de los puntos más importantes que desarrollará en este proyecto. Como menciona (Besterfield, 2009)

El control de calidad es el uso de técnicas y actividades para lograr, mantener y mejorar la calidad de un producto o servicio. Implica la integración de las siguientes técnicas y actividades:

- Especificaciones de lo que se necesita.
- Diseño del producto o servicio, para cumplir las especificaciones.
- Producción o instalación que cumplan todas las intenciones de las especificaciones.
- Inspección para determinar la conformidad con las especificaciones.

- Examen del uso, para obtener información para modificar las especificaciones, si es necesario. (p.3)

Por ejemplo, para la empresa productos de concreto el control de calidad es sumamente importante debido a que los bloques y adoquines son sometidos a un riguroso proceso de control de calidad, una vez que salen de los cuartos de curado, donde los bloques se ensayan a compresión y a flexión, para garantizar la resistencia al ser enviados al mercado de acuerdo con las normas.

Este procedimiento, se realiza en conjunto con el LANAMME de la U.C.R, lo que garantiza un producto de primera calidad, excediendo los requerimientos indicados en la norma nacional 6293 del MEIC (Ministerio de Economía, Industria y Comercio). Cabe destacar que estas pruebas se realizan una vez que el producto ya está manufacturado y debidamente estibado en los patios de almacenaje con el fin de asegurar los lotes producidos con su respectiva fecha.

#### **2.1.4 Control estadístico del proceso**

Resulta muy importante que los procesos sean lo más posiblemente controlados, pese a que esto no se puede garantizar al cien por ciento debido a que los mismos siempre presentan variaciones aleatorias; no obstante, el propósito es reducir esta variación lo más posible o al menos mantenerlas dentro de límites que sean aceptables. El control estadístico del proceso abarca, generalmente, los

siguientes métodos: diagrama de Pareto, diagrama de causa-efecto, diagrama de flujo de proceso, diagrama de dispersión, histogramas y gráficas de control.

Normalmente, se definen variables que son las que se van a controlar durante el desarrollo del proceso y estas variables determinan características importantes del producto o proceso que se deseamos controlar. Para los adoquines 401 de nuestro proyecto definiremos dos variables de tipo cualitativas como son el peso y la altura que son las que nos importa controlar en nuestro proceso.

#### **2.1.4.1 Diagramas de Pareto**

Los diagramas de Pareto son una técnica desarrollada por el economista Wilfredo Pareto que determinan una lista de artículos de interés previamente identificados que se ordenan de manera descendente de los más relevante a lo menos relevante, y de esta manera, el 20% de los problemas o artículos representan el 80% o más de los problemas o artículos evaluados, esta técnica a menudo se conoce como la regla 80/20.

#### **2.1.4.2 Diagrama Causa-Efecto**

También, conocido como diagrama de Ishikawa o espina de pescado. Este es un diagrama, el cual permite determinar las causas o consecuencias de un determinado problema mediante diferentes causas.

Las causas del diagrama causa-efecto dividen en seis categorías principales que son: máquinas, métodos, materiales, medio ambiente, mano de obra y materiales, cada una de las cuales se subdividen en sub-causas, y de esa forma, se apunta a una causa principal que es la que lleva el diagrama en su parte frontal que podemos denominar la cabeza del pescado.

#### **2.1.4.3 Diagrama de flujo de proceso**

En la mayoría de los trabajos de investigación de procesos y mejoras se busca trazar un diagrama de flujo. Los diagramas de flujo permiten una mejor comprensión de los procesos y del flujo de estos, debido a que muestran una representación gráfica muy detallada y de fácil comprensión.

En los diagramas de flujo, los diferentes procesos se representan con símbolos específicos para cada proceso unidos con flecha que indican por dónde va el flujo del proceso, y de esta manera, podemos tener una visión más amplia del proceso.

#### **2.1.4.4 Gráficos de Control**

Los gráficos o cartas de control estudian la variabilidad a través del tiempo con el principal fin de monitorear, estabilizar y mejorar el proceso. Existen dos tipos de cartas de control, por variables y por atributos. Como mencionan (Gutiérrez, de la Vara, 2013) las cartas de control por variables tienen características de calidad de naturaleza continua como peso, volumen, longitud, tiempo, temperatura, etc. Mientras

que las cartas de control por atributos monitorean características de calidad del tipo pasa o no pasa.

#### **2.1.4.5 Graficas de control por atributos**

Las cartas de control por atributos se utilizan para aquellos procesos con características de calidad de tipo pasa o no pasa, defectuoso o no defectuoso y existen cuatro tipos las cuales son p, np, u, y c. Cada una de estas cartas sirve para diferentes características de muestras o disconformidades de un producto analizado.

#### **2.1.4.6 Graficas de control p vs np**

Estos dos tipos de cartas de control son muy similares, la diferencia radica en que las gráficas de control por atributos de tipo p son para procesos donde el tamaño de la muestra es variable, y controlan solo una fracción o proporción de los artículos defectuosos mientras que las gráficas de control np controlan el 100% de los artículos defectuosos. Las gráficas de control np se utilizan para procesos con un tamaño de muestra constante.

#### **2.1.5 Análisis estadístico**

El análisis estadístico es aquel que emplea técnicas estadísticas para interpretar un conjunto de datos, consiste en recolectar, escudriñar, resumir cada dato

con el fin de llegar a conclusiones importantes y tomar las mejores decisiones para el bien futuro de las empresas.

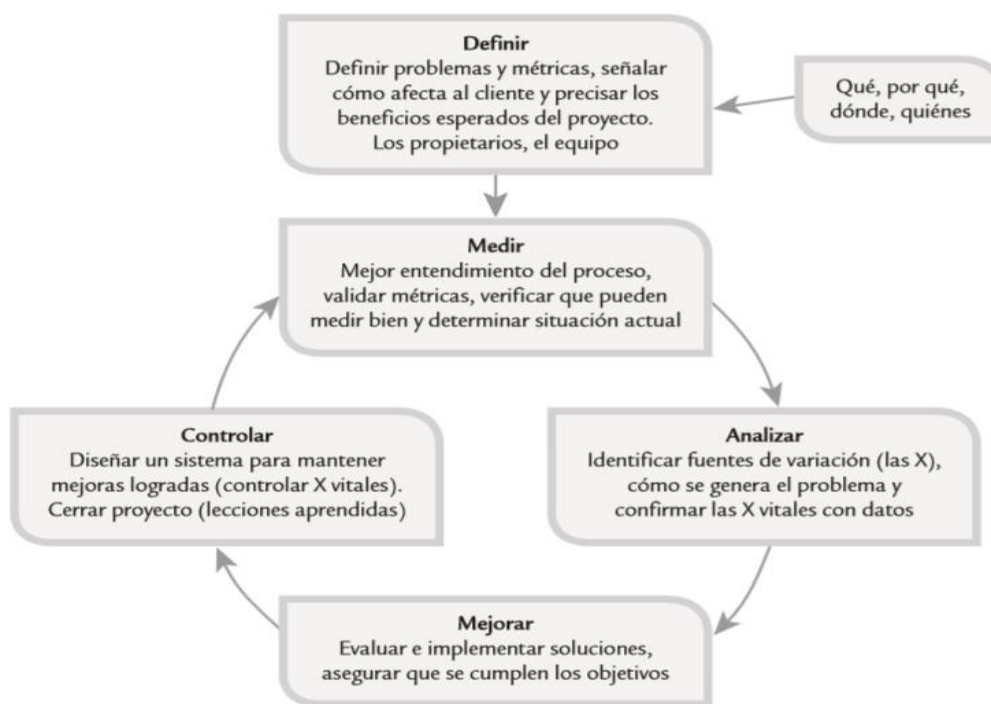
El tipo de análisis a realizar dependerá del objetivo del proyecto. Como menciona (Bencardino, 2011)

El análisis estadístico busca dar explicación al comportamiento de un conjunto de observaciones, probar la significación o validez de los resultados; intenta descubrir las causas que las originan, con gran aplicación en el campo del muestreo, ligándose de esta manera conclusiones que se extienden más allá de nuestras estadísticas mismas. (p.2).

### **2.1.6 Metodología DMAIC**

La metodología DMAIC es utilizada para desarrollar en forma rigurosa proyectos de Seis Sigma, la cual comprende cinco pasos esenciales y debidamente estructurados para su elaboración o puesta en marcha, los cuales son: definir, medir, analizar y controlar.

### Ilustración 11: Etapas de la metodología DMAIC



Fuente: libro Control estadístico de la calidad y Seis Sigma

#### 2.1.7 Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC es una herramienta de análisis de alto nivel que proporciona una perspectiva de las principales etapas del proceso como, proveedores, entradas, salidas, clientes de esta forma definir el alcance de dicho proyecto.

### **2.1.8 Análisis del retorno de la inversión**

Es muy importante para los empresarios e inversionistas conocer si es factible o no invertir en un proyecto, por esta razón, existen dos indicadores muy importantes que determinan si un proyecto es rentable o no como lo son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

#### **2.1.8.1 Valor actual neto**

El valor actual neto o VAN no es ni más ni menos que el valor a futuro del dinero que se pretende recibir de un proyecto específico en diferentes periodos en el tiempo, y es la que indica si los beneficios obtenidos de un proyecto son mayores a los costos incurridos. Por lo tanto, se dice que el VAN tiene que ser mayor a cero para que el proyecto se pueda dar.

#### **2.1.8.2 Tasa interna de retorno**

La TIR es una tasa de rentabilidad que se encuentra implícita en cantidades de dinero a través del tiempo y esta es la tasa que hace que el VAN sea cero e indica si es conveniente o no realizar un negocio o proyecto específico. La TIR se calcula con base en el flujo de efectivo que genera o que se proyecta generar por parte de un proyecto o negocio.

### 2.1.9 Parámetros técnicos del equipo

Para darnos una idea más clara de la maquina vibro compactadora MASA tomamos la siguiente información de la página principal de la empresa donde nos especifican parámetros de fabricación, medidas, capacidades del equipo que solo el fabricante conoce y que son muy importantes para formarnos un concepto general de las capacidades de la máquina.

La siguiente figura muestra como luce una vibro compactadora Masa nueva antes de ser instalada en la planta de bloques.

**Ilustración 12: Vibro compactadora Masa**



**Fuente: Masa**

La máquina para fabricar bloques de concreto MASA (10 plataformas para la producción con una cantidad de 10 bloques "400x200x200mm" por molde, 15

plataformas con un tiempo por ciclo de 15 segundos) tiene la producción de salida de 14.400-19,200 bloques (400x200x200mm) o 200-272 m<sup>3</sup> en un día (8 horas de trabajo). Como los moldes son cambiables, la máquina para fabricar bloques de concreto tiene la posibilidad de producir diferentes tipos de bloques/ladrillos.

La máquina para fabricar bloques de concreto usa sistema de control alemán Siemens PLC y pantalla táctil también de Siemens:

- Tiene una interfaz humano-máquina de fácil funcionamiento.
- Tiene la posibilidad de ajustar, actualizar y corregir, los perímetros de salida de producción para maximizarla.
- Ofrece un monitor dinámico, del estatus del sistema, solución de problemas automáticos y alarma de advertencia.
- Tiene función de seguro de advertencia lógica, no permitiendo los accidentes causados por errores operacionales.
- Tiene la posibilidad de solución de problemas de la máquina a control remoto.

Tiene marco de máquina para altas cargas de trabajo, la cual usa acero de alta intensidad y tratamientos de calor avanzados y es resistente al desgaste.

- Tamaño de la Paleta: 1100x950x(grosor)mm
- Tiempo de ciclo: 15~21 segundos.
- Frecuencia de Vibración: 2800~4500r/min.
- Potencia para principal máquina de moldeo: 45.38kW.

- Rango de presión: 21Mpa.
- Peso total para principal máquina de moldeo: 11615kg.
- Dimensiones máquina principal: 7380x2100x3090mm.

La máquina alemana masa trabaja con moldes RAMPF que son los que aseguran una óptima cantidad de ciclos. La siguiente figura, muestra como luce un molde de adoquines 401 RAMPF nuevo antes de ser montado en la máquina.

**Ilustración 13: Molde de adoquines 401 RAMPF**



Fuente: Moldes RAMPF

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL ATENIENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

Para este trabajo, cada uno de los procesos de la metodología por emplear (DMAIC) la cual está basada en cinco etapas: definición, medición, analizar, mejorar y controlar. Esta lleva consigo diversas tareas u objetivos, los cuales deben evaluarse puntualmente para así lograr establecer la lógica del proyecto.

**Ilustración 14: Metodología DMAIC**



**Fuente: Google académico**

### **2.2.1. Definir**

La definición de los objetivos, y seleccionar el proceso a ser mejorado. Van de la mano con los requisitos o requerimientos del cliente y del negocio. Para esta etapa, la observación objetiva es fundamental, ya que es nuestra principal herramienta para examinar a fondo el proceso y para que lo podamos comprender de una manera más profunda y de esta forma, desarrollar una propuesta que nos permita mejorar la situación actual de la empresa. En esta etapa, hay que identificar el problema así también como los responsables del proyecto y las fechas en las que llevara a cabo el proyecto.

### **2.2.2 Medir**

Esta etapa es clave para determinar los principales parámetros y la definición operativa, se completa el análisis del sistema de medida y se recogen los datos mediante muestreo estadístico para buscar la causa raíz y decidir qué medidas adoptar.

### **2.2.3 Analizar**

Una vez obtenidos los datos por medio de los muestreos, se comienza con los análisis y las formulaciones de las teorías sobre las causas de los problemas

encontrados. En esta etapa, los diagramas causa-efecto y de Pareto son muy útiles para determinar la causa raíz del problema detectado.

#### **2.2.4 Mejorar**

Para esta etapa, generar posibles soluciones creativas con base al análisis de las causas principales suele ser muy difícil, debido a que se trata de mejorar el proceso para eliminar los defectos. Posteriormente, seleccionar las mejoras que se adapten de manera más óptima al proceso para implementarlas sistemáticamente.

La fase de implementación nos permite idear la propuesta más viable que mejore la situación actual y que sea la más óptima en beneficio de la empresa. Una vez definida la implementación, deberá comprobarse que es un proyecto económico y de fácil implementación que se adapte a su vez al proceso.

#### **2.2.5 Controlar**

De las etapas más importantes por considerar es el control y seguimiento de las implementaciones o mejoras en el proceso, mediante una documentación diaria que sirva de respaldo para comprobar que la implementación, se está realizando de forma correcta.

Con esto, se pretende obtener los controles necesarios para asegurar que lo obtenido mediante el proyecto se mantenga después de implementado y de esta forma:

- Asegurar la sostenibilidad de los resultados.
- Asegurar que las soluciones implementadas se controlan y se monitorizan por medio de los parámetros necesarios.
- Asegurar que el plan de reacción tenga una pronta intervención.

## **2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO**

Los productos de cemento son muy importantes para la creciente industria nacional; por esta razón, es importante la implementación de una herramienta clave para la planificación estratégica como los cuadros de mando integral. A continuación, se presenta el cuadro de mando integral referente al proyecto, el cual comunica la estrategia a seguir durante el desarrollo del trabajo a futuro.

Cabe recalcar que el cuadro de mando integral es una proyección a futuro de lo que se pretende obtener con el proyecto por lo tanto, aunque no se obtengan los resultados propuestos nos podemos acercar a ellos y decir que la implementación del proyecto fue muy positiva para PC.

**Tabla 2: Cuadro de mando integral**

Perspectiva	Ejes	KPI	Meta	Estrategia
Perspectiva financiera	Disminución de gastos e incremento de ingresos	Inversión en el sistema de calidad	Incrementar en un 10% anual	Revisión del presupuesto para asignar a la inversión
Perspectiva del cliente	Calidad y seguridad	Nivel de satisfacción en los clientes	Reducir el porcentaje de reclamos en un 40%	Implementación de las herramientas de control
Perspectiva del proceso interno	Reducción del gasto e incremento en la calidad del producto	Nivel de cumplimiento y compromiso	Reducir el desperdicio en un 20%	
Perspectiva de aprendizaje y conocimiento	capacitaciones	Horas invertidas en capacitación	Una reunión de reforzamiento mensual de una hora	Desarrollo del talento humano ya existente

**Fuente: elaboración propia**

## 2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SIMILARES

Aunque no se encontró un proyecto exactamente igual existen varios trabajos que implementaron muy similares o en empresas que fabrican el mismo producto, enfocando esta temática desde diferentes perspectivas y con finalidades distintas; las mismas se describen seguidamente.

Sacoto (2013) realizó una investigación en la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca Ecuador para optar por el grado de bachillerato en ingeniería industrial titulada “Diseño del proyecto para la implementación de una fábrica productora de ladrillos en la ciudad de Azogues”. Este proyecto da a conocer la importancia de la implementación de una bloquera, debido a su creciente demanda en el mercado local, muy parecido a lo que sucede hoy en día en nuestro medio laboral en temas de construcción. La oportunidad de negocio era muy positiva tanto así que el proyecto presentaba un panorama con utilidades de un 80%.

Una de la mayor preocupación es ofrecer un producto de calidad acorde con los requerimientos del cliente, lo cual era indispensable para que el proyecto funcionara por lo que se optó por implementar maquinaria de alta calidad para asegurar un producto acorde con las exigencias del mercado.

Flores (2013) desarrolló una aplicación para en su trabajo titulado “Desarrollo de una aplicación para gráficos de control de procesos industriales”. Dicho trabajo se desarrolló en la Universidad de la Coruña, España. Esta aplicación muestra cómo generar gráficos de control para los procesos industriales mediante una interfaz gráfica. Una vez identificas las variables cuantitativas es muy sencillo ir generando las

gráficas de control para el proceso, y determinar los valores que se encuentran dentro y fuera de los límites de control enfocándose siempre en el tema de control de calidad de los procesos industriales.

Por su parte, Andrade (2013) realizó una implementación de control estadístico en su trabajo titulado “Implementación de Control Estadístico de procesos para el control de la Calidad y la mejora continua en una Industria Minera”. El cual fue elaborado en la Universidad Autónoma del Estado de México.

El objetivo de este estudio fue implementar un control de calidad a raíz de inconformidades que surgieron con el producto elaborado. Se determinó que el proceso carecía de estandarización y de controles estadísticos que aseguraran la calidad del producto final.

El autor concluyó que la implementación del control estadístico del proceso disminuyó el porcentaje de variaciones en el producto y con ello la disminución de costos por desperdicios de materia prima y favoreció con la certificación del sistema de gestión de calidad interno.

A manera de resumen podemos citar que la calidad de los productos es un tema fundamental dentro de las empresas y es un factor que determina el futuro de cualquier operación sobre todas aquellas empresas que ofrecen servicios en mercados tan competitivos como es el mercado de la construcción.

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 METODOLOGIA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La definición del problema es de los pasos más cruciales dentro de esta investigación; por lo tanto, el análisis detenido del proceso junto con la recopilación de datos fueron los factores más determinantes en la definición del problema.

La definición del problema está asociado a una serie de tareas sistemáticas que sirvieron para el reconocimiento, descubrimiento y formulación de este. A continuación, se muestra el esquema utilizado en la siguiente tabla.

**Tabla 3: Definición del problema**

Sección	Actividades	Herramientas	Responsables	Plazos
Definición del problema	Recopilación de datos históricos de la empresa	Técnicas de interrogatorio	Mario Núñez	Primeros dos meses del proyecto entre junio y julio
	Entrevistas con supervisores	Utilización de bitácoras con preguntas específicas		
	Observación de hechos relevantes	Construcción del diagrama de causa-efecto		
	Muestreos estadísticos en el área de control de calidad seco (dos días de muestreos en turnos de 8 horas se muestrea 45 minutos y se descansa 15 entre cada muestreo)	Gráficos de control		

**Fuente: elaboración propia**

### **3.2 METODOLOGIA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO**

Una vez definido el problema procedemos a la etapa de medición para respaldar el problema definido en la sección anterior. Para esta etapa, tan importante se basa en hallazgos encontrados de hechos puramente objetivos, lo cual resulta sumamente importante el conocimiento experto del proceso estudiado. La metodología DMAIC resulta sumamente efectiva como recurso indispensable para describir y comprender de manera clara el problema que estamos tratando de solucionar.

**Tabla 4: Medición y respaldo cualitativo**

Sección	Actividades	Herramientas	Responsables	Plazos
Medición	Mediciones en el área de control de calidad húmedo	Calibrador y romana electrónica	Mario Núñez	Primeros dos meses del proyecto entre junio y julio
	Muestreos estadísticos en el área de control de calidad seco (cuatro días de muestreos en turnos de 8 horas se muestrea 45 minutos y se descansa 15 entre cada muestreo)	Gráficos de control np		
	Medición del Porcentaje de segunda	Tablas y gráficos		

**Fuente: elaboración propia**

### **3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO**

A partir de la información recolectada en las entrevistas, los datos históricos y las mediciones realizadas definiremos las actividades para la construcción de la propuesta de mejora y desde este punto dar solución al problema planteado paso por paso. Esta propuesta de mejora fijará el norte de nuestro proyecto y es la que debe incentivar a las modificaciones requeridas en el proceso. En nuestro caso, la fase de medición y análisis anteriormente descritas, representan un aspecto importante porque nos conducen al diseño de un plan de mejora continua de la calidad.

**Tabla 5: Propuesta de mejora**

Sección	Actividades	Herramientas	Responsables	Plazos
Propuesta de mejora	Entrevistas con supervisores para obtener criterio experto	Bitácoras para la recolección de datos	Mario Núñez	Mes de Agosto
	Lluvia de ideas para recolección de datos y puntos relevantes	Diagramas causa-efecto y diagramas de Pareto		
	Medición del desperdicio	Tablas y gráficos		
	Muestreo estadístico (dos días de muestreos en turnos de 8 horas se muestrea 30 minutos y se descansa 30 minutos entre cada muestreo)	Graficas de control (definir los límites de las gráficas de control)		
	Análisis de datos	Estadística descriptiva		

**Fuente: elaboración propia**

### 3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Para esta sección, abordaremos de lleno la propuesta que se dará en la empresa con el fin de implementar mejoras que busquen beneficiar a la empresa y a sus colaboradores, esta mejora deberá de ser relativamente sencilla, viable, fácil de implementar y a corto plazo. Junto con el plan de implementación generaremos una tabla la cual especifica las actividades, los responsables y los plazos del proyecto.

**Tabla 6: Implementación del proyecto**

Sección	Actividades	Herramientas	Responsables	Plazos
Implementación del proyecto	Construcción de los nuevos formatos para las gráficas de control que se generaran en el control de calidad del lado húmedo	Word y Excel	Mario Núñez	Meses de setiembre, octubre
	Elaboración del diagrama para exponer el tiempo y la dedicación prevista para las diferentes actividades	Diagramas de Gantt	Mario Núñez	
	Comunicar la mejora al personal	Capacitaciones	Mario Núñez y supervisores	
	Implementar la mejora en el lado de control de calidad húmedo	Herramientas de medición como (calibradores y romana electrónica)	Operadores junto con auxiliares de proceso	

**Fuente: elaboración propia**

### **3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS**

Para dar seguimiento a la implementación lo que buscamos es que la información quede debidamente revisada y archivada, con el fin de implementar auditorias y comprobar que la mejora se está aplicando, de esta manera, generar las conclusiones pertinentes aplicadas a la mejora.

Esta etapa va de la mano con una evaluación final de la gestión del proyecto, para poder anotar las lecciones aprendidas, de esta forma, implementar modificaciones si este fuera el caso y poder seguir adelante con la mejora continua del proceso.

**Tabla 7: Verificación, aseguramiento, control y seguimiento de los resultados**

Sección	Actividades	Herramientas	Responsables	Plazos
Verificación, aseguramiento, control y seguimiento de los resultados	Auditorias esporádicas que comprueben la correcta implementación	Listas de chequeo	Mario Núñez	Meses de noviembre y diciembre
	Reforzamientos una vez al mes	Reuniones con el personal	Supervisores	
	Análisis de los resultados	Gráficos de control, Minitab	Mario Núñez	
	Generación de conclusiones basados en los hechos	Reuniones con supervisores	Mario Núñez y supervisores	

**Fuente: elaboración propia**

## **CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

## 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS

Para productos de concreto la calidad en sus productos es una de las principales preocupaciones debido a que es una empresa que siempre se ha caracterizado por ofrecer la mejor calidad en el mercado nacional. No obstante, el proceso de fabricación de bloques y adoquines cuenta con ciertos puntos que se pueden mejorar para que el proceso de fabricación sea más seguro y cumpla con los estándares establecidos.

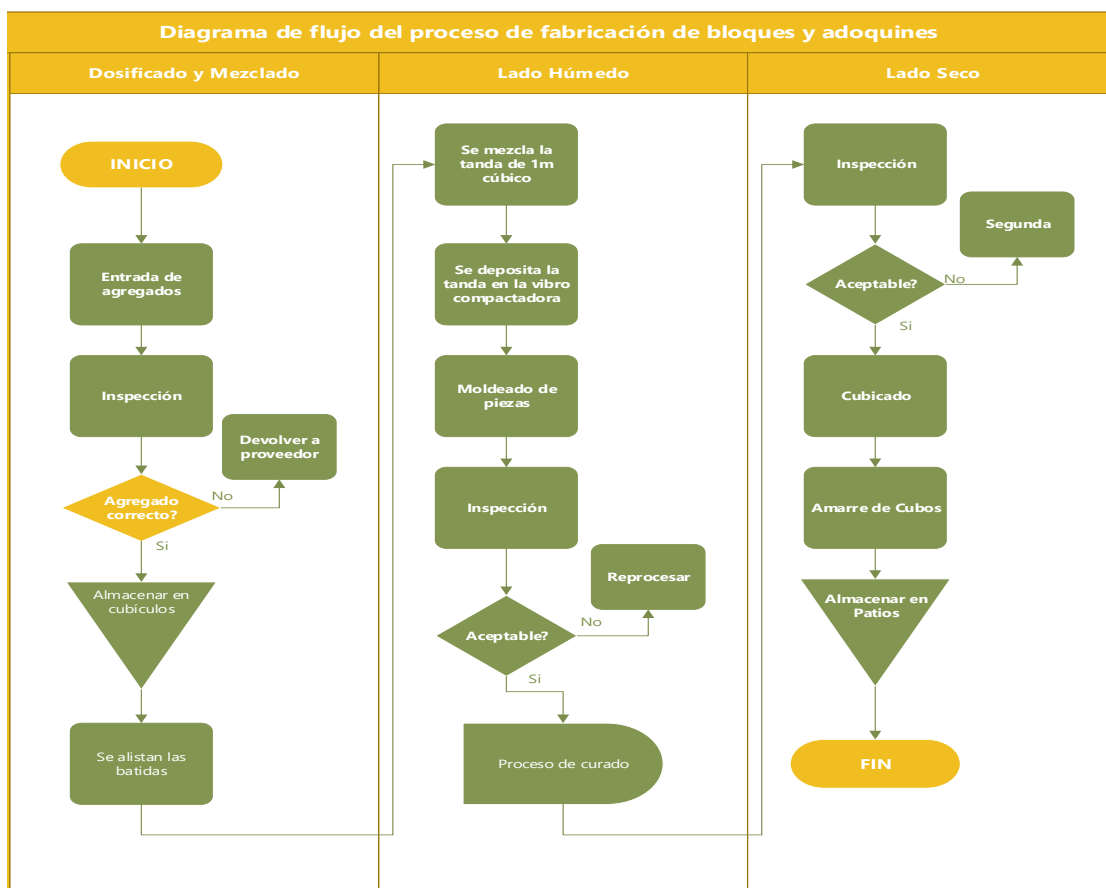
Es muy importante conocer bien el proceso de fabricación de bloques y adoquines, con el fin de identificar las causas reales del problema para determinar cuáles son los factores que contribuyen en dichos problemas. Por esta razón, la utilización de herramientas como los diagramas de flujo, diagrama SIPOC, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, resultan sumamente útiles para comprender el proceso.

Basados en toda la información recolectada, lo que buscamos es analizar los datos y determinar los criterios más idóneos para realizar una mejora en el proceso de fabricación.

#### 4.1.2 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de adoquines

Debido a la naturaleza de su diseño los bloques y adoquines cuentan con un proceso de fabricación muy similar entre ambos productos, por lo tanto, el siguiente diagrama de flujo describe como es este proceso en la Bloquera Belén de Productos de Concreto.

**Gráfico 1: Diagrama de flujo**

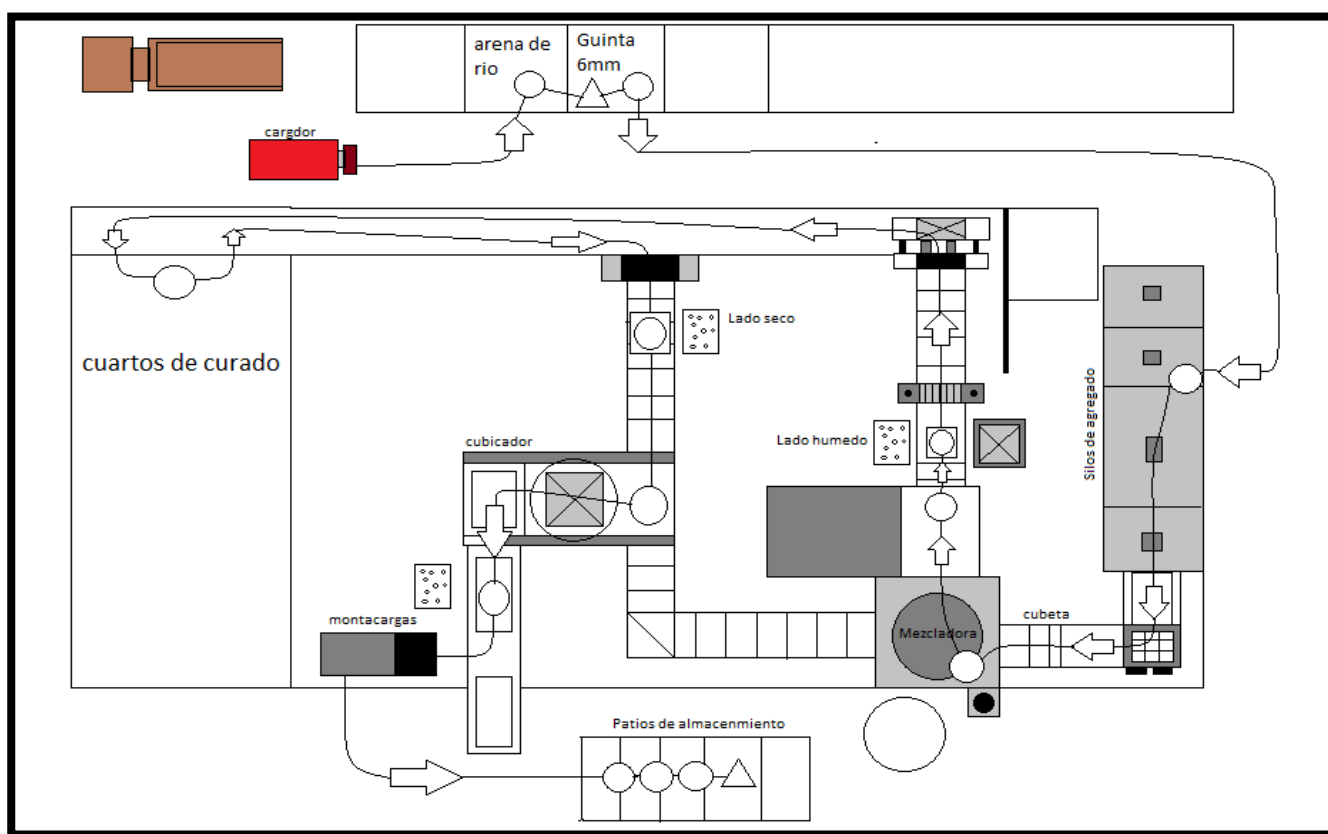


Fuente: elaboración propia

### 4.1.3 Diagrama de Movimientos

El siguiente diagrama de movimientos, se elaboró para complementar el diagrama de flujo y aclarar aún más como es que se realiza el proceso de fabricación de bloques y adoquines. Con este podemos visualizar cada paso desde donde se carga la materia prima, se moldean, se secan las piezas y pasan al área de almacenamiento para ser despachadas al cliente final.

**Ilustración 15: Diagrama de Movimientos**



**Fuente: elaboración propia**

#### 4.1.4 Diagrama de tiempos y movimientos

Con el siguiente diagrama de tiempos y movimientos, logramos identificar de forma más minuciosa la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina.

**Gráfico 2: Diagrama de tiempos y movimientos**

o	Descripción del método actual	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenamiento	Tiempo
1	Cargar agregados	○	□	⇒	D	▽	5 min
2	Transporte de agregados a los silos	○	□	⇒	D	▽	1 min
3	Llenar silos	○	□	⇒	D	▽	15 min
4	Transporte a la mezcladora	○	□	⇒	D	▽	5 min
5	Dosificar agua, cemento y aditivo	○	□	⇒	D	▽	1 min
6	Mezclado	○	□	⇒	D	▽	4 min
7	Transporte por el lado húmedo	○	□	⇒	D	▽	5 min
8	Control de calidad del lado húmedo	○	□	⇒	D	▽	
9	Transporte a los cuartos de curado	○	□	⇒	D	▽	4 min
10	Proceso de curado	○	□	⇒	D	▽	24 horas
11	Transporte al lado seco	○	□	⇒	D	▽	4 min
12	Control de calidad lado seco	○	□	⇒	D	▽	
13	Transporte al área de cubicado	○	□	⇒	D	▽	3 min
14	Cubicado	○	□	⇒	D	▽	1 min
15	Amarre de cubos	○	□	⇒	D	▽	2 min
16	Revisión de cubos	○	□	⇒	D	▽	
17	Transporte a patios de almacenamiento	○	□	⇒	D	▽	4 min
18	Almacenamiento	○	□	⇒	D	▽	
19	Curado final antes de la liberación del lote	○	□	⇒	D	▽	
20	Fin del proceso	○	□	⇒	D	▽	
	Totales	6	3	7	2	2	24 hrs y 54 min

Fuente: elaboración propia

De esta forma, denotamos cómo se inicia el proceso de fabricación llenando el cargador con la materia prima hasta la grúa de llenado de materiales, donde se realizan las mezclas necesarias de acuerdo con el producto a fabricar. Una vez terminado esto, las mezclas pasan a los moldes donde se le da la forma e indicada hasta que es transportada por medio de cintas y mecanismos hidráulicos a los hornos, se secan los adoquines hasta que se endurecen para pasar al área seca y luego al área de patios, pasan por un proceso de humedecimiento manual hasta que esperan a ser llevados al cliente

#### **4.1.5 Herramienta SIPOC**

El siguiente cuadro muestra la descripción general del proceso utilizando la herramienta SIPOC, la cual identifica las partes implicadas en el mismo junto con las principales actividades, tomando en cuenta todas las áreas que participan en la obtención del objetivo principal como proveedores, entradas, procesos, salidas y cliente.

Tabla 8: SIPOC

SIPOC: Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Customers de la Bloquera Belén de Productos de Concreto						
Proveedores	Entradas	Procesos	Salidas	Cliente		
Servicio al cliente	Pedidos especiales de los clientes	Producción programada	Producto terminado conforme con los estándares nacionales de construcción	Mercado de la construcción a nivel nacional		
Proveedores	Órdenes de compra	Modelado de piezas (bloques y adoquines), de diferentes tipos, tamaños, texturas y colores	Producto terminado no conforme (cantidad de segunda)	Venta física		
	Materia prima (agregados, cemento, aditivos, ocres)			Centro de contacto (muestrarios)		
	Transporte			Servicio al cliente		
	Repuestos			Logística de transportes		
Recursos Humanos	Personal	Toma de decisiones	Cantidad de personas que laboran en el departamento	Cliente interno (colaboradores y terceros)		
Capacitaciones	Inducciones			Cliente externo		
	Entrenamiento					
Facilidades	Herramientas	Mejoramiento y estandarización				
	Edificio					
Calidad	Datos históricos					
	Datos del ANAME					
	Acciones correctivas y preventivas					Devoluciones Reclamos
Documentación	Programación mensual de la producción				Reportes de producción (se cumplió o no con el programa)	
	Hojas de ruta					
	Información técnica del equipo		Documentación			
Proveedor externo	Soporte técnico		Indicadores de la productividad			
Servicio técnico	Canal virtual y actualización de software		Órdenes de trabajo			

Fuente: elaboración propia

#### **4.1.5.1 Proveedores**

El área de producción de la Bloquera Belén cuenta con varios tipos de proveedores, que en conjunto permiten llevar a cabo toda la operación de manera exitosa:

- Proveedores de materia prima como agregados, cemento, aditivos y ocres.
- Proveedores de equipo de mantenimiento los cuales suministran moldes, repuestos, herramienta y materiales necesarios para el proceso.
- Proveedores de suministros de oficina.

#### **4.1.5.2 Entradas**

Todas las entradas pueden adoptar la forma de productos, servicios e información, son completamente necesarias para lograr los resultados y el óptimo funcionamiento del sistema.

#### **4.1.5.3 Procesos**

Cada una de las fases del proceso requiere una operación concreta relacionada y adaptada a diferentes componentes de este, que en conjunto comprenden toda la operación, de manera que una de las fases más importantes del

proyecto corresponde en obtener los criterios más claros del proceso para determinar cuáles son las oportunidades de mejora.

#### **4.1.5.4 Salidas**

Las salidas representan todo lo que se espera obtener del proceso y de todos sus distintos componentes, donde el objetivo principal para Productos de Concreto es el cumplimiento de los objetivos trazado en el transcurso de la operación.

#### **4.1.5.5 Clientes**

Los clientes siempre esperan los mejores productos y servicios sobre todo de una empresa con más de 70 años de experiencia en el mercado como PC. También, es de gran importancia el cliente interno que es la cara de la empresa, por esta razón, se invierte en salud, seguridad ocupacional y en programas de bienestar social para los colaboradores.

## **4.2 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO**

Los adoquines 401 son el producto estrella de la Bloquera Belén; por lo tanto, nuestro proyecto se enfoca en la producción de este y, para ello, es muy importante conocer todas sus características, con el fin de entender el significado del concepto de pasa o no pasa para los adoquines 401.

### **4.2.1 Especificaciones del proceso productivo**

Con el fin de conocer mejor el proceso de manufactura de adoquines 401, es necesario especificar los parámetros de fabricación del producto, los cuales definen el volumen de fabricación, el rendimiento del equipo, la cantidad de máquinas y personas que participan en el proceso.

#### **4.2.1.1 Volumen de fabricación**

El volumen de fabricación está dado en relación con el volumen de ventas y se define en conjunto con el departamento de ventas, el cual determina el tonelaje mensual de cada producto generando un programa de producción mensual (Ver Anexo1).

La producción diaria junto con todos los datos referentes al proceso como tiempos improductivos, consumo de materia prima, volumen producido y cantidad de

segunda generada durante el día se reporta en el documento llamado reporte de producción (Ver Anexo 2).

#### **4.2.1.2 Rendimiento del equipo**

El equipo vibro compactador se adapta a los diferentes productos, por esta razón, los tiempos de ciclo del equipo varían en relación con el producto que se confeccionará. Para los adoquines 401, la velocidad de cada ciclo roda los 19 segundos por paleta y cada paleta entrega 36 unidades (Ver Apéndice 1).

#### **4.2.1.3 Máquinas y personas**

La Bloquera Belén cuenta con dos turnos de ocho personas cada uno, por lo tanto, dependiendo de la demanda el proceso tiene la flexibilidad de pasar de producir 16 horas con dos turnos de 8 horas cada turno, a producir 24 horas con los mismos dos turnos a 12 horas cada uno según se requiera.

Al ser un proceso en su mayoría automatizado cuenta seis principales maquinas (Ver Apéndice 2), que son las que cubren el 80% del proceso, estas son:

- Romana de agregados
- Mezcladoras
- Vibro Compactadora
- Transportadores

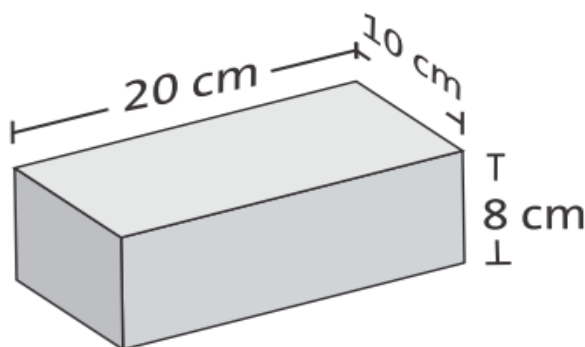
- Finger Car
- Cubicador

#### 4.2.2 Especificaciones técnicas de los adoquines 401

Los adoquines de concreto, se pueden emplear en vías residenciales, municipales, industriales, centros comerciales, etc. Pueden ser utilizados para pavimentos de tráfico peatonal liviano como para tráfico pesado y sus principales propiedades son las siguientes:

- Módulo de ruptura promedio 5 MPa (50,98 Kg/cm<sup>2</sup>), norma INTE 06-02-14
- Abrasión promedio 20mm, norma INTE 06-02-15
- Tolerancia largo y ancho de +/- 2mm, norma INTE 06-04-01
- Absorción promedio 8%, norma INTE 06-02-15

**Ilustración 16: Adoquín 401**



**Fuente: PC**

### **4.2.3 Características de calidad del producto**

Es indispensable que la materia prima como los agregados y el cemento cumplan con las normas y especificaciones de reglamento técnico. Los agregados utilizados en la elaboración de los adoquines 401 son las arenas industriales de 4 y 3 mm, la arena industrial de guápiles, la arena industrial de Cerro minas y la piedra quinta (Ver Apéndice 3), todos con las especificaciones de la norma INTE 06-01-02.

El cemento utilizado responde al reglamento técnico de cementos de Costa Rica RTCR 383:2004 (Ver Anexo 3). Los adoquines requieren de un periodo mínimo de 7 días en los patios de almacenamiento, con el fin de que la resistencia del cemento llegue a su punto más alto (Ver Anexo 4). Una vez alcanzado este punto, el producto está listo para ser despachado.

### **4.2.4 Pruebas del laboratorio y control de calidad**

Los muestreos realizados por parte del técnico del laboratorio se efectúan en el área de control de calidad lado húmedo, donde se marcan las unidades que posteriormente se extraerán en el lado de control de calidad seco, las cuales serán llevadas al laboratorio para sus respectivas pruebas. Por turno, se muestrean 10 unidades utilizando el formato de consecutivos (Ver Anexo 5).

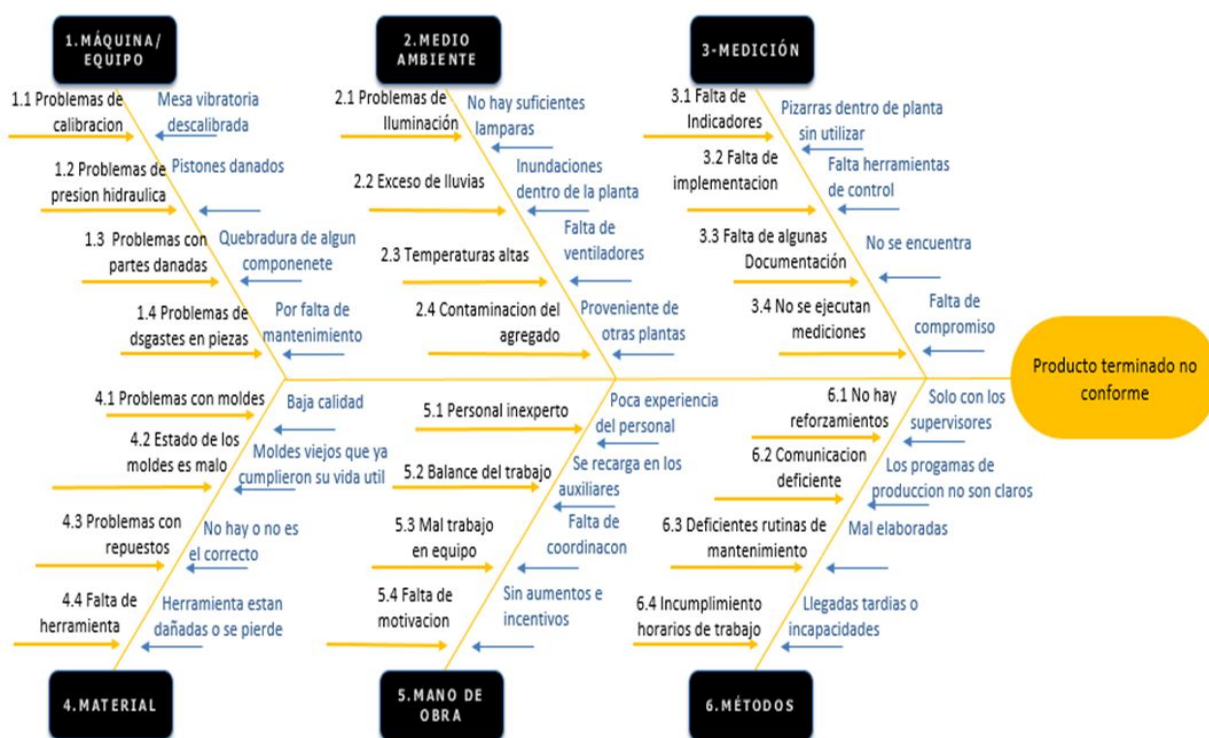
El control de calidad del lado húmedo tanto como el del lado seco, se realiza bajo el principio de pasa o no pasa basado en el criterio experto de los auxiliares de

proceso, donde las unidades con defectos como altura, contaminación, humedad, despuntes y quebraduras son extraídas (Ver Apéndice 4).

### 4.3 DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO DE LA BLOQUERA BELÉN

A continuación, se presenta el diagrama causa efecto, cuyos datos para su elaboración se obtuvieron de distintas fuentes tales como entrevistas (Ver Apéndice 5) datos históricos de la empresa, reunión utilizando la técnica lluvia de ideas (Ver Apéndice 6), mediante la observación del proceso de producción, encuestas con mecánicos, auxiliares y supervisores (Ver Apéndice 7).

**Gráfico 3: Diagrama causa y efecto**



Fuente: Elaboración propia

### **4.3.1 Maquina y equipo**

Los principales problemas en este apartado corresponden a descalibraciones del equipo ya sea por desgaste, rupturas o quebraduras de algún componente. Averías de piezas de la máquina como sensores, pistones y partes eléctricas por el polvo y la suciedad. Insuficiente mantenimiento preventivo sumado a un equipo que ya superó la vida útil que el fabricante especifica.

### **4.3.2 Medio ambiente**

En el tema del medio ambiente, surgen problemas como el exceso de lluvias que influye directamente en el agregado, el cual cuando está muy húmedo imposibilita la fabricación de los bloques y adoquines. Debido al exceso de lluvias, la nave principal de producción se inunda y el proceso tiene que ser detenido. Aunado a esto, los malos olores provenientes de otras plantas aledañas son percibidos por el personal, lo cual genera molestia en los colaboradores.

### **4.3.3 Medición**

Enfocándonos en el tema de medición, pretendemos modificar el trabajo que se realiza en el área de control de calidad húmedo, debido a que no existe una herramienta de control que le de apoyo a los operadores y auxiliares para que ellos

cuenten con un criterio técnico para poder detener el proceso en caso de que fuese necesario y de esta forma minimizar el porcentaje de segunda.

#### **4.3.4 Material**

Las dificultades más comunes son, que el material para repuestos es de baja calidad o no se encuentra en el país, por lo que es necesario traerlo del extranjero, lo cual eleva los costos de fabricación. El principal problema de la materia prima como las arenas y la quinta es que se contamina durante el proceso de recolección y transporte, lo cual impacta directamente en el aspecto de producto final.

#### **4.3.5 Mano de Obra**

La mano de obra no necesariamente tiene que ser muy especializada para los auxiliares de proceso, pero para los operadores y los mecánicos si, lo cual implica que se debería de invertir más en capacitaciones y charlas que refuercen los conocimientos de los colaboradores con puestos más específicos o relevantes como los operadores y mecánicos del proceso.

#### **4.3.6 Métodos**

Se nota la falta de estandarización y documentación de los trabajos, lo cual genera un problema de comunicación entre los colaboradores, que no conocen los nuevos métodos o las nuevas formas de realizar los trabajos, debido a que las reuniones de producción se realizan solo con los encargados y los mecánicos y estos algunas veces no comunican bien las nuevas ideas o proyectos que se van a poner en práctica.

## 4.4 CLASIFICAR LAS CAUSAS SEGÚN SU NIVEL DE SIGNIFICANCIA

### 4.4.1 Priorización de las causas

La siguiente tabla muestra los 10 datos históricos más relevantes suministrados por la empresa, que se lograron recopilar durante el proceso de elaboración de los adoquines en el mes de agosto del presente año, con los cuales logramos entender más específicamente los problemas que están siendo generados en el proceso.

**Tabla 9: Tabla de frecuencias**

PROBLEMAS	FRECUENCIA	P.ACUMULADO	F.ACUMULLADO	PORCENTAJE
Suciedad en el agregado	281	49%	281	49%
Problemas de calibración que impactan en el peso y la altura	84	64%	365	15%
Problemas con moldes	76	77%	441	13%
Exceso de lluvias	59	87%	500	10%
Problemas de presión	30	93/	530	5%
Problemas de desgaste en piezas	13	95%	543	2%
Personal inexperto	12	97%	555	2%
Problemas con repuesto	9	99%	564	2%
Falta de implementación	5	99%	569	1%
Rutinas de mantenimiento	3	100%	572	1%
TOTAL	572			100%

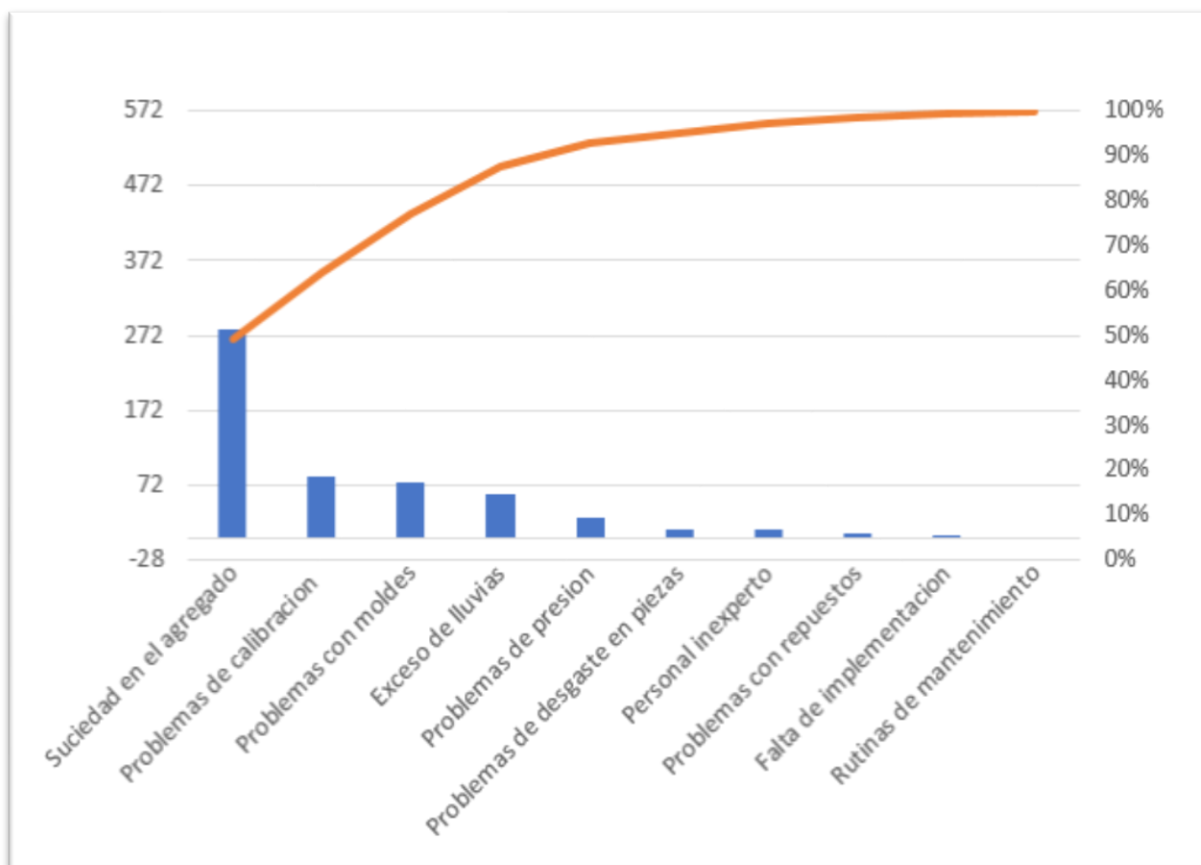
**Fuente : PC**

De estas 10 causas, nuestro proyecto abarcará los problemas de calibración que afectan directamente en el peso y la altura de los adoquines 401, la cuales son la

segunda causa de problemas, genera el 15% de los defectos en el proceso, es controlable con una implementación que se ajusta a nuestro proyecto y no implica una inversión costosa por parte de la empresa.

#### **4.4.2 Diagrama de Pareto**

El siguiente gráfico fue elaborado tomando en consideración la tabla de frecuencias suministrada por la empresa, la cual especifica los problemas relacionados al proceso productivo de los adoquines. Donde específicamente en esta situación el 20% de las causas provocan el 80% de los errores en los procedimientos de fabricación.

**Gráfico 4: Diagrama de Pareto**

Fuente: Elaboración propia

## 4.5 SITUACION ACTUAL

El principal objetivo del proyecto es conocer la situación actual de la empresa con el fin de tener un claro entendimiento del entorno, de las fortalezas y debilidades del proceso y las posibles mejoras que se puedan adaptar con el fin de ayudar a la mejora continua.

### 4.5.1 Situación actual de la cantidad de segunda

Para comprender la situación actual de la cantidad de segunda generada al fabricar adoquines 401, se utilizaron datos históricos suministrados por la empresa de los últimos seis meses entre abril y setiembre del presente año, los cuales se presentan en el siguiente cuadro.

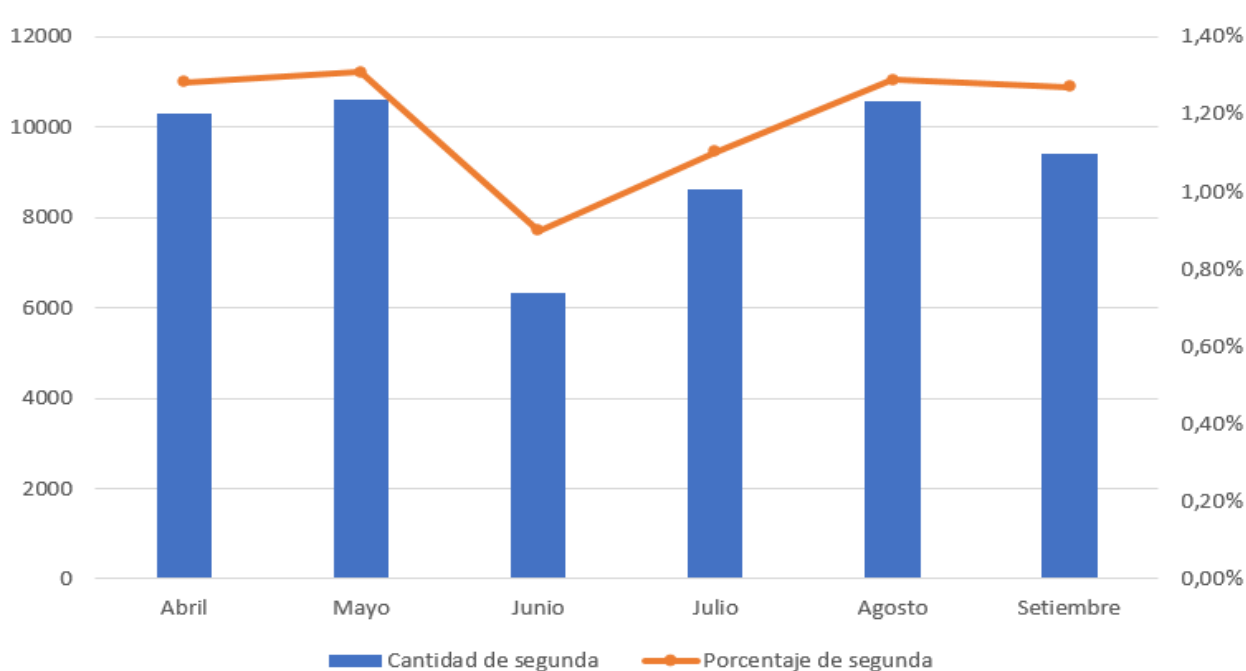
**Tabla 10: Cantidad se segunda**

<b>Cantidad se segunda de los últimos 6 meses Bloquera Belén</b>			
<b>Mes</b>	<b>Producción</b>	<b>Segunda</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Abril</b>	805854	10314	1,28%
<b>Mayo</b>	810512	10617	1,31%
<b>Junio</b>	702188	6319	0,90%
<b>Julio</b>	785202	8637	1,10%
<b>Agosto</b>	820141	10579	1,29%
<b>Setiembre</b>	740302	9401	1,27%

**Fuente: PC**

Una vez obtenidos los datos del volumen generado de segunda en los últimos seis meses procedemos a graficar la cantidad de unidades defectuosas y los porcentajes que representan las mismas cantidades en el siguiente gráfico.

**Gráfico 5: Gráfico cantidad de segunda**



**Fuente: elaboración propia**

#### 4.5.2 Muestreos estadísticos y gráficos de control NP

Con el fin de comprobar si efectivamente los datos que maneja la empresa del 1,2% de la cantidad de segunda son correctos, utilizamos las gráficas de control NP en el área de control de calidad seco, bajo el criterio de pasa o no pasa con el fin de controlar el 100% de las unidades defectuosas. Para dicha tarea, se realizaron cuatro días de muestreos (Ver Apéndice 7) recolectándose un total de 8 muestras por día de

tamaño 3.000 unidades por lapsos de 30 minutos cada una y los resultados se muestra en el siguiente cuadro.

**Tabla 11: Muestreo estadístico en el área de control de calidad seco**

Número de muestras día 1	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Disconformidades	36	40	28	39	23	51	24	47	288
Numero de muestra día 2	9	10	11	12	13	14	15	16	
Disconformidades	41	39	27	36	19	51	47	24	284
Numero de muestra día 3	17	18	19	20	21	22	23	24	
Disconformidades	34	29	41	33	53	29	46	27	292
Numero de muestra día 4	25	26	27	28	29	30	31	32	
Disconformidades	29	41	34	52	28	45	32	26	287
<b>Total</b>									<b>1.151</b>
Muestreos	Desconformidades		Producción			Porcentaje de Segunda			
<b>Muestreo 1</b>	288		24.000			1,2 %			
<b>Muestreo 2</b>	284		24.000			1,18 %			
<b>Muestreo 3</b>	292		24.000			1,21 %			
<b>Muestreo 4</b>	287		24.000			1,19 %			
<b>Total</b>	<b>1.151</b>		<b>96.000</b>			<b>1,2 %</b>			

Fuente: Elaboración propia

Basados en los datos recolectados pudimos determinar que efectivamente la cantidad de segunda generada por el proceso de fabricación de adoquines ronda el 1.2 %. Por lo tanto, procedemos a calcular los límites de control inferior, central y superior, con el fin de establecer nuestros parámetros de calidad.

Utilizando los datos recolectados con los muestreos procedemos a calcular los límites de control para la gráfica NP que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 12: Calculo de los límites de control**

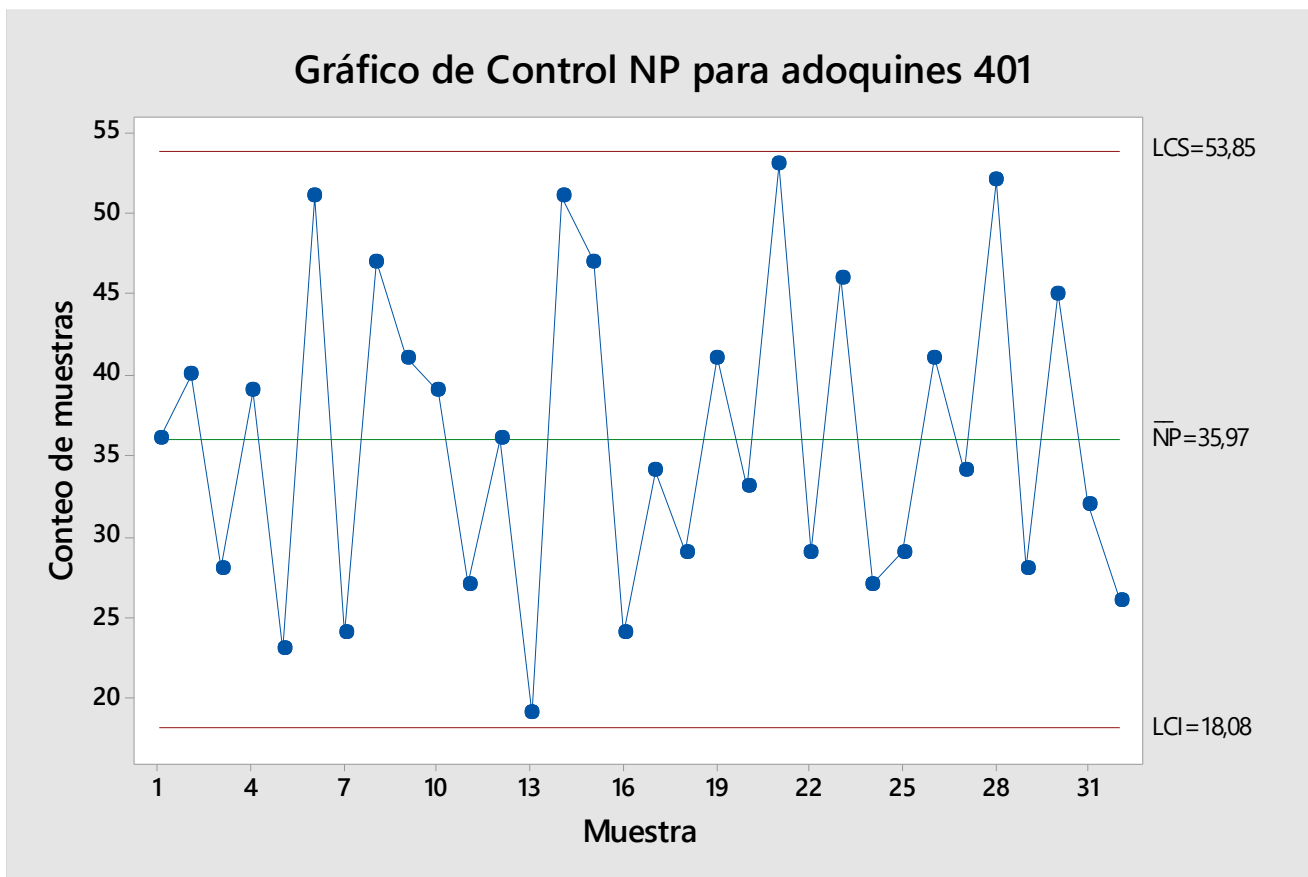
<b>Total, de disconformidades = 1.151 Uds.</b>	<b><math>np = 3.000 * 0,0119 = 35,97</math></b>
<b>Número de muestras(m) = 32</b>	<b><math>LSC = 35,97 + 3 * \sqrt{35,97} * (1 - 0,0119) = 53,8</math></b>
<b>Tamaño de la muestra(n) = 3.000 Uds.</b>	<b>LCC = 35,97</b>
<b>Proporción de artículos disconformes</b>	<b><math>LIC = 35,97 - 3 * \sqrt{35,97} * (1 - 0,0119) = 18</math></b>
<b><math>(\hat{p}) = 1.151 / (3.000 * 32) = 0,0119</math></b>	

**Fuente: Elaboración propia**

Con los datos suministrados por la tabla se construyeron los límites de control superior (53,8 Uds.), central (35,97 Uds.) e inferior (18 Uds.). Basados en estos datos

procederemos a generar la gráfica de control, la cual se muestra en el siguiente gráfico.

**Gráfico 6: Gráfico NP**



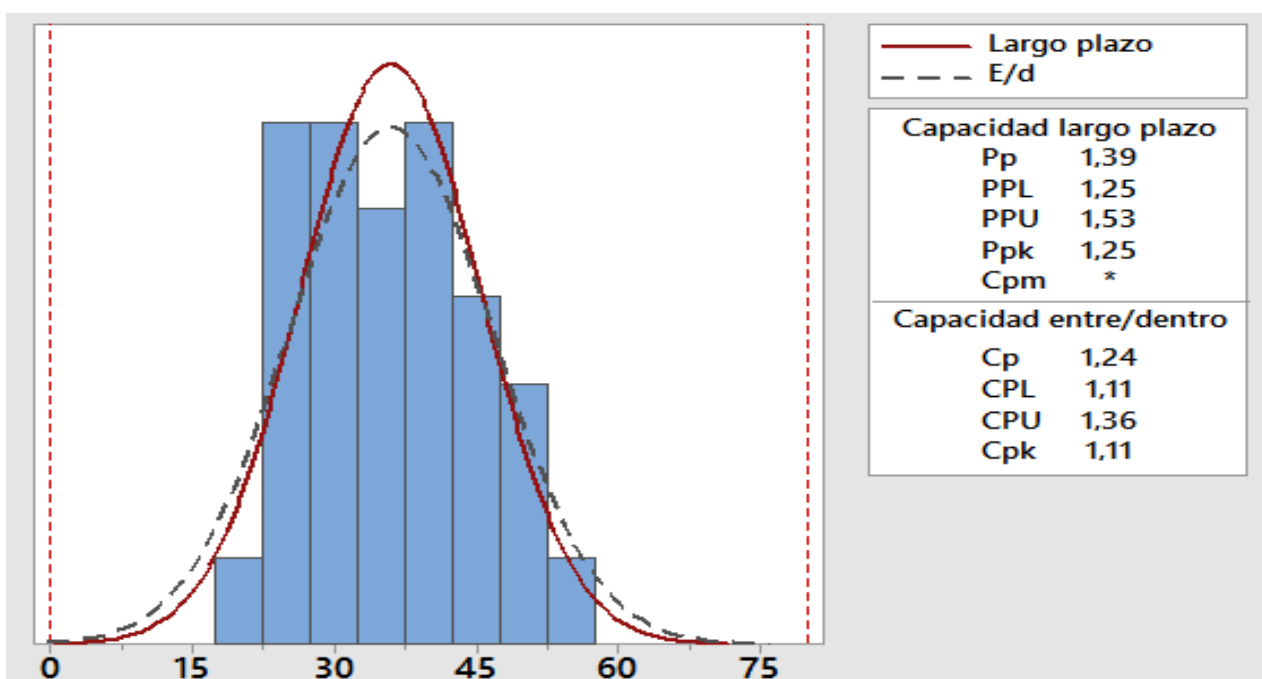
**Fuente: Elaboración Propia**

Analizando el gráfico de control, podemos observar que el proceso se comporta con un ciclo de sube y baja, pero que se encuentra dentro de los límites de control establecidos del 1,2% de unidades defectuosas para este proceso de fabricación de adoquines, lo cual corrobora el dato histórico brindado por la empresa. También, podemos decir que el proceso cumple con las especificaciones de calidad deseadas por lo tanto es un proceso estable y capaz.

### 4.5.3 Capacidad del proceso

A continuación, procedemos a utilizar los datos anteriores para determinar los índices de capacidad a corto y largo plazo con el fin de determinar si el proceso cumple o no con las especificaciones de calidad deseadas utilizando el programa Minitab.

**Gráfico 7: Informe de capacidad para rechazos adoquines 401**



Fuente: Programa Minitab

Basados en la tabla de valores para el índice Cp los datos son mayores a 1 y menores a 1,33 lo cual determina que el proceso es parcialmente adecuado y requiere de un estricto control, lo cual buscamos en nuestro trabajo.

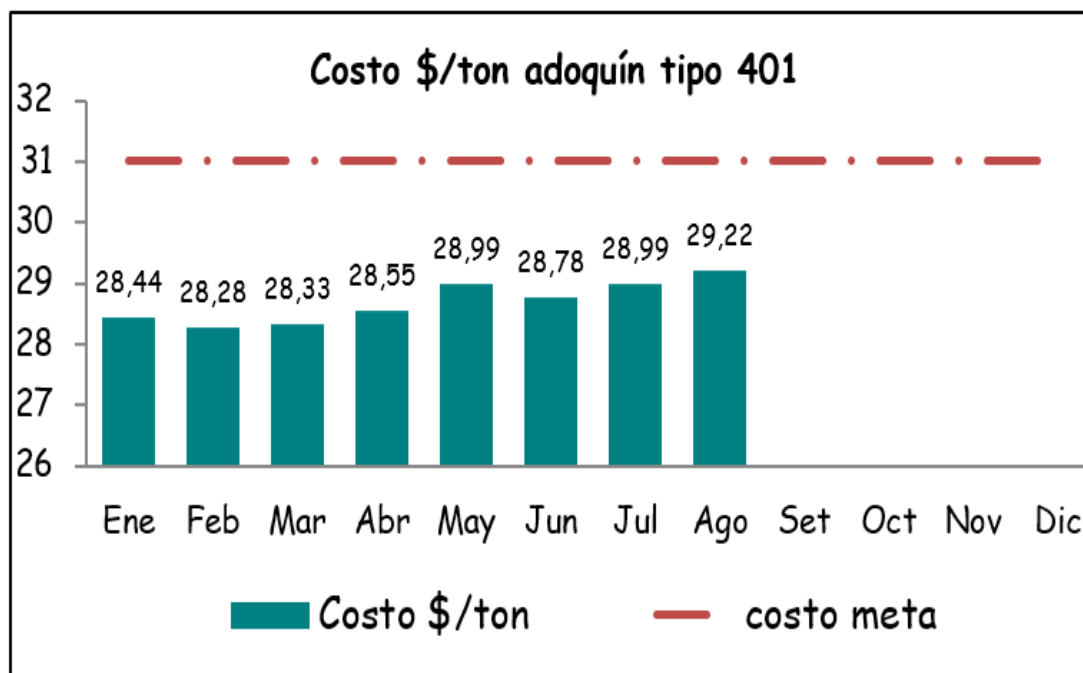
#### **4.5.4 Situación actual de la devolución del producto**

En el caso de los adoquines 401, estadísticamente se recibe en promedio dos reclamos por mes debido a inconformidades por dimensiones como peso y altura. Estas unidades defectuosas son repuestas por la empresa generando un costo del 50% sobre su costo de fabricación. Por lo tanto, el proyecto pretende disminuir esta situación con la implementación de los gráficos de control en el área de control de calidad húmedo que es donde el proceso se debería detener en caso de que se descubriera alguna anomalía de este tipo.

#### **4.5.3 Situación actual del producto defectuoso**

El producto de defectuoso generado durante el proceso o segunda, representa un costo para la empresa debido a que el mismo no se puede vender al precio real del mercado, sino que su precio es de un 40% menos del costo real en caso de que se logre vender, de lo contrario este sería desechado y se perdería.

La cantidad de segunda impacta directamente en el costo de la mezcla por tonelada, generando pérdidas económicas para la empresa. En el siguiente gráfico, podemos observar la variación en el costo de la mezcla debido a la cantidad de segunda generada durante el proceso de fabricación.

**Gráfico 8: Costo \$/tonelada adoquín 401**

**Fuente: Productos de Concreto**

Basados en el gráfico podemos observar la variación en el costo de la mezcla debida a la cantidad de segunda de los últimos meses del 2018 donde tenemos una tendencia al aumento.

## 4.6 CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO

Basados en la información recopilada y analizada podemos concluir en lo siguiente:

- Es claro que existe una falta de control del proceso en el área de control de calidad húmedo, puesto que pudimos comprobar mediante nuestro muestreo estadístico, que los datos históricos que maneja la empresa del 1,2% de cantidad de segunda son correctos.
- Nuestra mejora se enfocaría en controlar el peso y la altura de los adoquines en el área de control de calidad húmedo, debido a que es una implementación es bastante factible, de bajo costo y se ajusta al tema de nuestro proyecto, con la cual pretendemos resolver el 15% de los problemas generados en el proceso.
- Con nuestra implementación pretendemos dos cosas, primero disminuir de un 1.2% a un 0.8% en la cantidad de segunda generada en el lado de control de calidad seco y de esta forma reducir la cantidad de reclamos por mes. Segundo determinar los nuevos límites de control para el proceso.

## **CAPÍTULO V: DISEÑO Y DESARROLLO**

## 5.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

La primera fase de este capítulo, consiste en realizar una dinámica de lluvia de ideas con los operadores y supervisores para identificar cual o cuales son las propuestas más viables que se implementarán como mejora al proceso de fabricación (Ver Apéndice 8).

Basados en los criterios recolectados en la dinámica de lluvia de ideas, pudimos determinar que resulta sumamente importante que los operadores cuenten con herramientas de control en el lado de control de calidad húmedo para minimizar el porcentaje de producto defectuoso. La subjetividad y el criterio experto del operador y de los auxiliares del proceso es muy importante pero no es suficiente para determinar si el producto cumple con las especificaciones requeridas por los clientes, por lo tanto, es indispensable contar con una herramienta con la cual los colaboradores estén directamente relacionados con el proceso.

Además del criterio visual de los operadores y auxiliares, es imprescindible contar con un criterio más acertado, que se pueda ser medible y claro, que logre reforzar de manera documentada si el producto se encuentra dentro de los límites de lo que es aceptable y no aceptable para PC.

Basado en lo anterior, la segunda fase del diseño e implementación consiste en controlar dos variables significativas como el peso y la altura de dos maneras. La primera es instalando sensores de rayo de luz en el aérea de control de calidad húmedo, para que la altura pueda ser monitoreada desde la cabina de control por parte del operador. La segunda es que los operadores y auxiliares de proceso

apliquen formatos de control para el peso y la altura, en el área de control de calidad húmedo.

Por último, la tercera fase consiste en realizar los muestreos correspondientes en el área de control de calidad seco después de implementada las mejora y comparar los resultados con los muestreos antes de implementada la mejora. Todo esto con el fin de determinar el impacto en la cantidad de segunda, calcular los nuevos límites de control, calcular los nuevos índices de capacidad del proceso y realizar un análisis de retorno de inversión para demostrar si el proyecto es rentable o no para Productos de Concreto.

## 5.2 Sensores de rayo de luz

Los sensores de rayo de luz (Ver Anexo 6) son una excelente y económica opción para implementar en el área de control de calidad húmedo. Para su instalación se cotizaron dos cosas, primero el costo de un juego de cuatro sensores y segundo su respectiva programación para que se acoplara de manera correcta al software de la máquina. El costo total de la inversión es de \$1.500 y el proveedor fue Elvatron Costa Rica.

Se instalaron dos sensores (emisor y receptor), los cuales mandan la señal a la cabina de control desde donde el operador es capaz de monitorear las variaciones en la altura del producto (Ver Apéndice 9).

**Ilustración 17: Sensores de rayo de luz**



**Fuente: Elaboración propia**

### **5.3 Formatos para control en el lado húmedo**

A continuación, se presentan los formatos que se utilizarán para que los operadores y auxiliares del proceso realicen un control documentado del comportamiento de los adoquines cada 30 minutos, de esta forma, controlar el peso y la altura.

Las gráficas fueron elaboradas con base en las especificaciones de calidad que maneja Productos de Concreto para los adoquines 401, donde los diferentes colores representan las zonas de acción para los encargados del proceso. Por ejemplo, si los datos se encuentran dentro de la zona verde, podemos decir que los adoquines están bien o dentro de las especificaciones deseadas y el proceso se encuentra controlado.

Si los datos se encuentran en la zona amarilla es importante monitorear cuidadosamente el proceso, porque los datos están muy cerca de los límites de control que especifica la norma y pueden salirse en cualquier momento si no se tiene especial cuidado. Por último, la zona roja es una zona de acción donde el operador tiene que realizar las correcciones necesarias para cumplir con las especificaciones de calidad dadas.

**Gráfico 9: Formatos de control para el peso y la altura**

Gráfico de Control de Altura (cm)				
Adequín 401 8X10X20				
1. Código:	2. Descripción:	3. Rango Aceptación:	4. Fecha:	5. Frecuencia muestreo:
8,400	8,380 8,360 8,340 8,320	7,8cm - 8,2cm		2 uds / paleta cada 30 min.
<b>NORMA</b> 8,300	8,280 8,260 8,240 8,220			
<b>PC</b> 8,200	8,180 8,160 8,140 8,120			
8,100	8,080 8,060 8,040 8,020			
8,000	7,980 7,960 7,940 7,920			
7,900	7,880 7,860 7,840 7,820			
<b>PC</b> 7,800	7,780 7,760 7,740 7,720			
<b>NORMA</b> 7,700	7,680 7,660 7,640 7,620			
7,600				
6. HORA				
7. Comentarios				
8. Nombre Operador				

Gráfico de Control de Peso (Kgs)				
Adequín 401 8X10X20				
1. Código:	2. Descripción:	3. Peso Mínimo:	4. Fecha:	5. Frecuencia muestreo:
3,800	3,790 3,780 3,770 3,760	3,45kgs		2 uds / 30 min
3,750	3,740 3,730 3,720 3,710			
3,700	3,690 3,680 3,670 3,660			
3,650	3,640 3,630 3,620 3,610			
3,600	3,590 3,580 3,570 3,560			
3,550	3,540 3,530 3,520 3,510			
3,500	3,490 3,480 3,470 3,460			
3,450	3,440 3,430 3,420 3,410			
3,400	3,390 3,380 3,370 3,360			
3,350				
6. HORA				
7. Nombre Operador(es)				
8. COMENTARIOS				

Fuente: Elaboración propia

## 5.4 Muestreos después de la implementación

A continuación, se presentan los resultados de los muestreos realizados en el área de control de calidad seco después de la implementación de las mejoras antes mencionadas (Ver Apéndice 10), para comprobar si efectivamente se obtuvieron los resultados esperados.

**Tabla 13: Muestreo estadístico en el área de control de calidad seco**

Numero de muestras día 1	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Disconformidades	30	34	23	32	18	42	19	40	238
Numero de muestra día 2	9	10	11	12	13	14	15	16	
Disconformidades	36	35	21	30	17	44	39	20	242
Numero de muestra día 3	17	18	19	20	21	22	23	24	
Disconformidades	27	25	33	29	41	24	40	22	241
Numero de muestra día 4	25	26	27	28	29	30	31	32	
Disconformidades	23	31	40	22	34	29	26	34	239
<b>Total</b>									<b>960</b>
Muestreos	Desconformidades		Producción		Porcentaje de Segunda				
Muestreo 1	238		24.000		0,99 %				
Muestreo 2	242		24.000		1 %				
Muestreo 3	241		24.000		1 %				
Muestreo 4	239		24.000		0,99 %				
<b>Total</b>	<b>960</b>		<b>96.000</b>		<b>1 %</b>				

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar, efectivamente se logró una disminución de un 0,02% en la cantidad de segunda generada durante el proceso por lo tanto procedemos a calcular los nuevos límites de control y generar el grafico de control correspondiente.

#### 5.4.1 Calculo de los nuevos límites y gráficos de control

Con los nuevos datos recopilados procedemos a recalculamos los límites de control para el proceso.

**Tabla 14: Calculo de los nuevos límites de control**

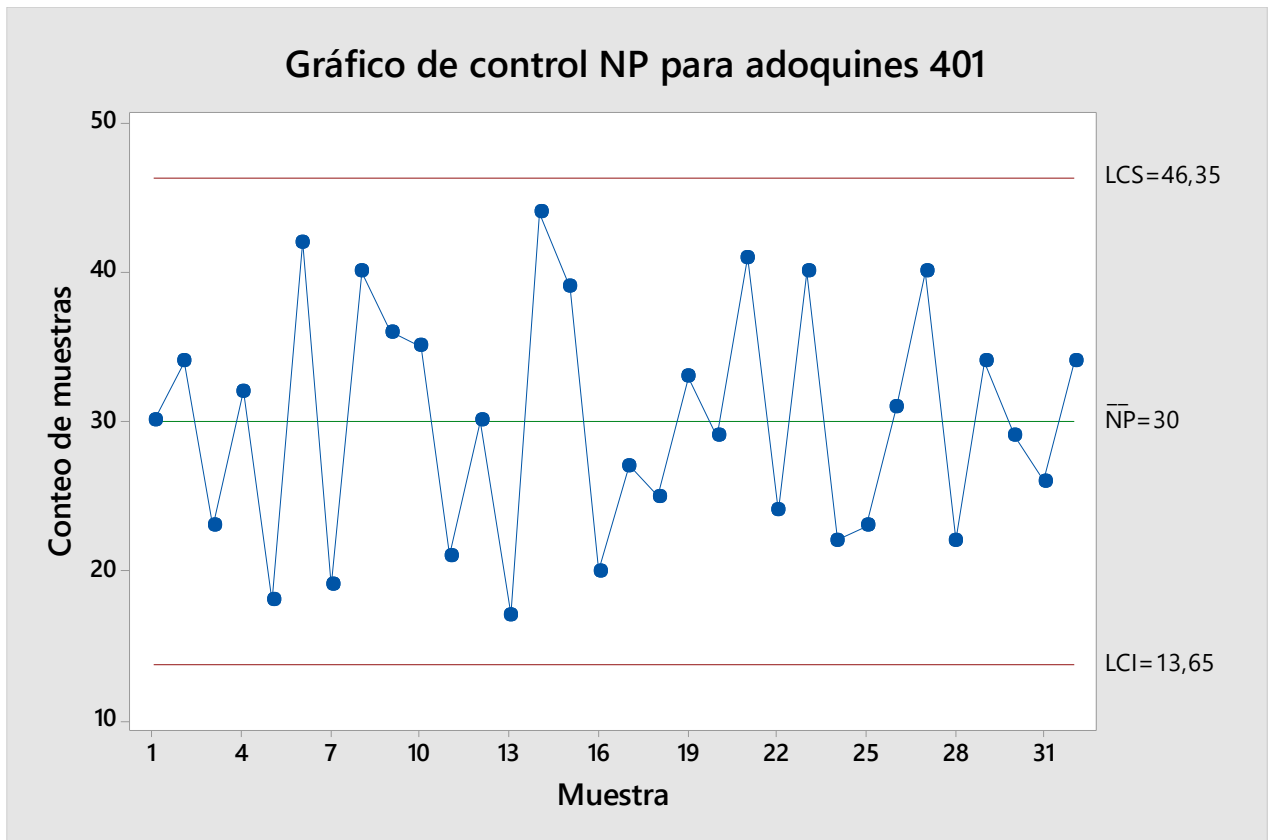
<b>Total, de disconformidades = 960 Uds.</b>	<b><math>np = 3.000 * 0,01 = 30</math></b>
<b>Número de muestras(m) = 32</b>	<b><math>LSC = 30 + 3 * \sqrt{30} * (1 - 0,01) = 46,35</math></b>
<b>Tamaño de la muestra(n) = 3.000 Uds.</b>	<b>LCC = 30</b>
<b>Proporción de artículos disconformes</b>	<b><math>LIC = 30 - 3 * \sqrt{30} * (1 - 0,01) = 13,65</math></b>
<b><math>(\hat{p}) = 960 / (3.000 * 32) = 0,01</math></b>	

**Fuente: Elaboración propia**

Los nuevos límites de control superior e inferior se estrecharon pasando de 53,8 a 46,3 para el límite superior y de 18 a 13,6 para el límite de control inferior. Una

vez calculados los nuevos límites de control, procedemos a generar la nueva grafica de control, con ayuda del programa Minitab.

**Gráfico 10: Nuevo Gráfico NP**

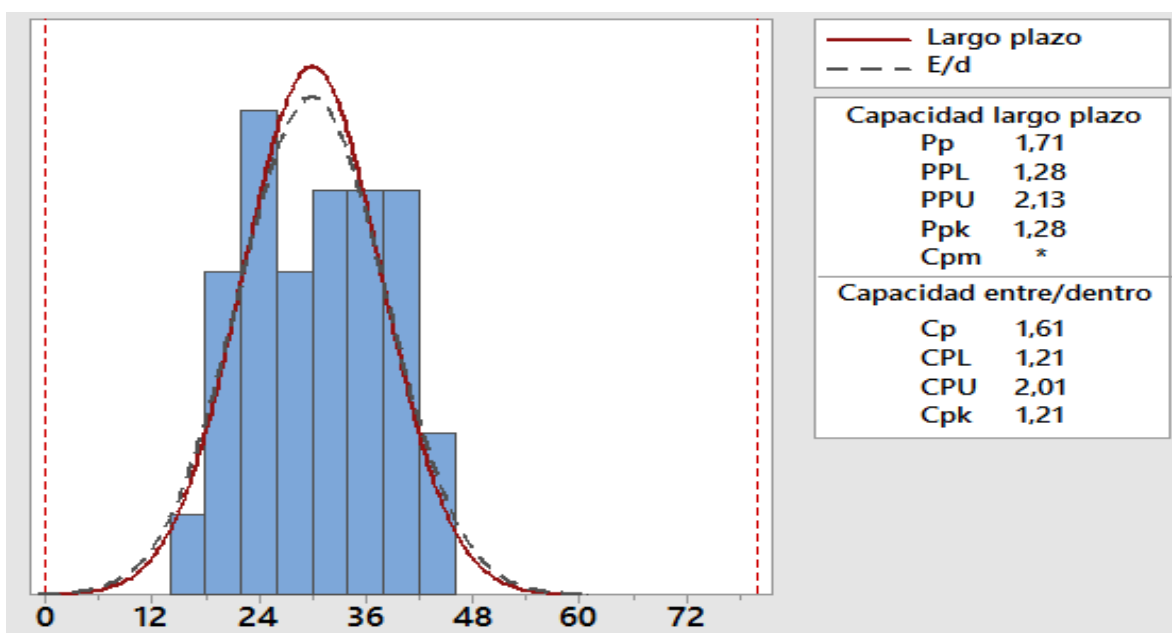


**Fuente: Elaboración propia**

## 5.5 Nueva capacidad del proceso

Nuevamente utilizando la información recopilada y con ayuda del programa Minitab calculamos los nuevos índices de capacidad del proceso.

**Gráfico 11: Informe de capacidad para rechazos adoquines 401**



**Fuente: Elaboración propia**

Tomando en cuenta los nuevos índices de capacidad del proceso, podemos determinar que el índice Cp supero el 1,33 pasando de ser un proceso parcialmente adecuado que requiere un estricto control a ser un proceso adecuado de categoría 1.

## 5.6 Evaluación del proyecto

Para esta sección, procederemos a determinar si el proyecto es rentable o no y calcularemos los indicadores de la evaluación del proyecto (VAR y TIR). Los datos del flujo de efectivo que se proyectaron fueron calculados en función de los datos estadísticos de la cantidad de segunda suministrados por la empresa de seis meses entre abril y setiembre del 2018 de la siguiente manera.

**Tabla 15: Proyección del flujo de efectivo por mes**

Cantidad promedio de segunda de seis meses equivalente al 1,2% de la producción.	<b>9.311 Uds./mes</b>
Costo metro cuadrado de adoquín 401	<b>₡ 4.826</b>
Cantidad de adoquines por metro cuadrado	<b>70 Uds./metro cuadrado</b>
Reducción de un 0,02% en promedio de la cantidad de segunda por mes	<b>1.552 Uds./mes</b>
Ahorro por mes	$(1552 \text{ Uds.} / 70 \text{ Uds.}) \times ₡ 4826 = \mathbf{₡107.000}$

**Fuente: elaboración propia**

## 5.7 Análisis del retorno de la inversión

En este punto, procedemos a calcular el valor actual neto y la tasa interna de retorno, tomando en cuenta que la inversión inicial de \$1.500 se desea recuperar en meses y no en años proyectaremos doce periodos los cuales corresponden a un año. De la misma manera utilizaremos una tasa de descuento del 2% para el cálculo inicial del VAN.

Igualmente, calcularemos diferentes valores del VAN utilizando varias tasas de descuento para observar su comportamiento y con cuál de ellas el VAN tiende a ser cero. Es muy importante recordar que para que el proyecto se pueda dar o sea rentable el VAN tiene que ser mayor a cero y la TIR mayor a la tasa de descuento.

La siguiente tabla nos muestra el análisis del retorno de la inversión con el cual podemos evaluar nuestro proyecto a futuro en un plazo de doce meses y poder obtener nuestras conclusiones con respecto a la inversión realizada. En pocas palabras sabremos si la inversión se debió realizar o no.

Tabla 16: Análisis del VAN y la TIR

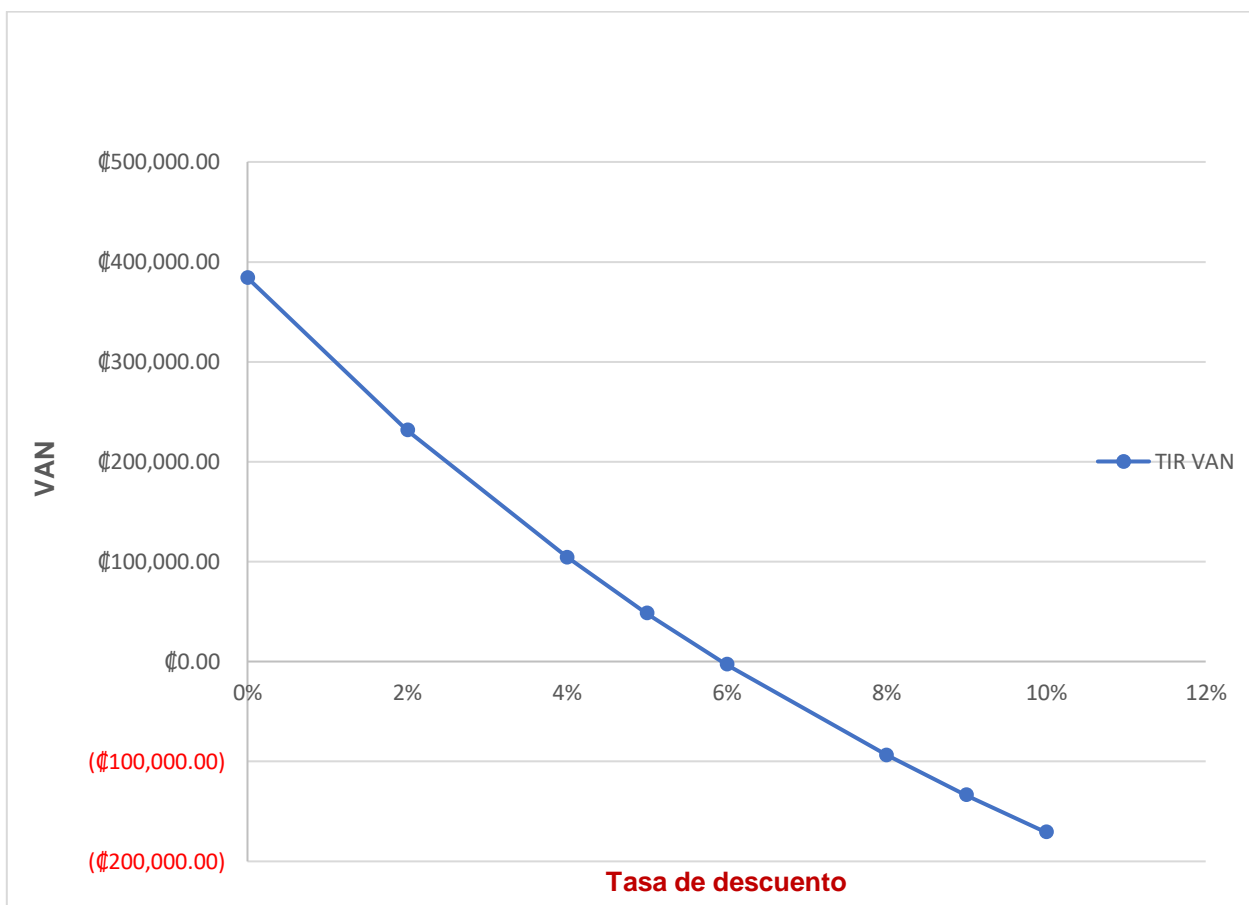
Datos				Valores			
Numero de periodos				12			
Tipo de periodo				Mensual			
Tasa de descuento				2%			
Periodo	0	1	2	3	4	5	6
Flujo de efectivo proyectado	₱900.000	₱107.000	₱107.000	₱107.000	₱107.000	₱107.000	₱107.000
Periodo		7	8	9	10	11	12
Flujo de efectivo proyectado		₱107.000	₱107.000	₱107.000	₱107.000	₱107.000	₱107.000
VAN				₱231.561,51			
Tasa de descuento				VAN			
0%				₱384.000,00			
2%				₱231.561,51			
4%				₱104.202,89			
5%				₱48.367,93			
6%				(₱2.928,70)			
8%				(₱93.639,65)			
9%				(₱133.802,40)			
10%				(₱170.934,97)			
TIR				6%			

Fuente: elaboración propia

Los datos obtenidos nos muestran que efectivamente el proyecto es rentable puesto que el VAN es mayor a cero y la TIR es mayor a la tasa de descuento. En la

siguiente gráfica mostramos el comportamiento de la TIR con diferentes tasas de descuento.

**Gráfico 12: Tasa interna de retorno**



**Fuente: elaboración propia**

## 5.8 Conclusiones de la implementación

Una vez concluida la etapa de implementación podemos decir que pese a que la meta de disminución del 1,2% a 0.08% no se logró, pudimos llegar al 1% reduciendo el porcentaje de producto defectuoso en un 0.02%. Esto nos garantiza un ahorro en promedio de ¢107.000 por mes recuperando lo invertido en los primeros nueve meses.

Es muy importante recalcar que la implementación es funcional si solo si se realiza de la manera correcta, es decir, que se lleve un control hora a hora de los formatos y del monitoreo de la altura por parte de los auxiliares y operadores del proceso. Por esta razón, es muy importante archivar toda la documentación pertinente a los gráficos de control para futuras auditorias, y de esta manera, comprobar que la implementación se está realizando de manera correcta.

De la misma manera, los datos que se obtuvieron de los muestreos realizados después de la implementación modificaron los límites de control inferior y superior, dándonos así un margen menor pasando de 53,8 a 46,3 para el límite superior y de 18 a 13,6 para el límite de control inferior, lo cual es sumamente positivo en lo referente a términos de control y calidad del producto.

A su vez, se notó un incremento en los índices de capacidad de proceso pasando de ser un proceso parcialmente adecuado que requiere un estricto control a ser un proceso adecuado de categoría 1 lo cual indica que la implementación tuvo un resultado positivo.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

Después de analizada la información, mediciones, diagnósticos pertinentes y herramientas implementadas se desarrollarán y brindarán las conclusiones que permitan dar un correcto aporte y así minimizar los errores presentes en la fabricación de los adoquines.

Del presente trabajo de investigación, se obtienen dos mejoras de diseño, las cuales una de ellas es muy sencilla de aplicar, ya que su impacto económico no es significativo. La segunda comprendió una inversión de \$1.500 recuperable en nueve meses, la cual dota al proceso de un sistema electrónico muy preciso y moderno cuyo fin es monitorear la altura del adoquín de manera más exacta para que el proceso sea más robusto en el área de control de calidad húmedo.

Se dotó a la empresa con una herramienta sencilla, pero eficaz para el control de calidad en el lado húmedo que sirve de ayuda para que el operador de turno tenga un criterio fundamentado para poder realizar correcciones en marcha en caso de que así sea necesario, y de esta forma, minimizar la cantidad de unidades disconformes que se fabrican.

Se definieron los nuevos límites de control para el proceso, los mismos se ajustaron para la nueva capacidad del proceso beneficiando los estándares de calidad deseados por la empresa para los adoquines 401.

Para nuestra investigación, debemos concluir que el objetivo general de este trabajo, el cual propone: “Disminuir el porcentaje de producto defectuoso mediante la implementación de herramientas de control para un óptimo dominio del proceso y la

reducción de costos debido a inconformidades por parte de los clientes”, se cumplió y se está poniendo en práctica, ya que la implementación tuvo buenos resultados, pese a que no se llegó la meta propuesta de bajar a 0.08% la cantidad de segunda el resultado siempre fue favorable.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Basados en el diagrama de Ishikawa haremos las recomendaciones para los puntos más significativos que puedan impactar en el proceso:

- Para la causa 1.1 se recomienda hacer revisiones más periódicas de los parámetros de calibración de la máquina.
- Para la causa 2.4, la cual es de las más significativas e importantes, pero demandan una inversión bastante considerable por parte de la empresa, debido a que la recomendación se enfoca en instalar mallas en los silos de agregados que filtren todas las impurezas que traen los agregados y de esta forma disminuir el porcentaje de segunda por suciedad.
- Para la causa 3.2 se recomienda no dejar de aplicar los formatos de gráficos de control en las producciones por parte de los operadores y auxiliares de proceso.
- Para la causa 4.4 se recomienda que periódicamente se levante un inventario de las herramientas para identificar cuales están dañadas y cuales hay que reemplazar para que se puedan adquirir.
- Para la causa 5.1 se recomienda realizar entrenamientos periódicamente en el tema de calidad, con el fin de reforzar el criterio experto del personal de planta para que el concepto de pasa o no pasa tanto del lado de control de calidad húmedo como seco sea lo más estandarizado posible.
- Para la causa 6.1 se recomienda que el personal del proceso debería recibir unas capacitaciones esporádicas reforzando el tema de calidad donde se refuerce la importancia de cuidar el producto en su momento de fabricación en el lado húmedo y que se fortalezca el concepto de calidad total.

- Para la causa 6.3 se recomienda revisar con los técnicos las rutinas de mantenimiento para recibir una retroalimentación que permita mejorarlas.

Todos los puntos anteriores, quedarán como una recomendación que se puede abordar más adelante en el momento en que la empresa así lo disponga con el fin de mitigar el porcentaje de producto defectuoso generado durante el proceso y de reclamos por parte de los clientes.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Andrade, Y. (2013) Implementación de Control Estadístico de procesos para el control de la Calidad y la mejora continua en una Industria Minera. (Tesis inédita de Bachillerato) Universidad Autónoma del estado de México, México.

Besterfiel, H. (2009) Control de Calidad. 8ª ed. México: Ed. Pearson.

Grupo Masa (2018) Máquinas de fabricación de bloques de hormigón serie XL.

Andernach: Disponible en: <https://www.masa-group.com/en/products/concrete-block-production/betonsteinfertigungsmaschinen/xl-series>

Flores, M. (2013) Desarrollo de una aplicación para gráficos de control de procesos industriales. (Tesis inédita de Maestría). Universidad de La Coruña, España.

Hernández, R. Fernández, E. y Baptista, P. (2014) Metodología de la Investigación. 5ª ed. México: Ed. McGrawHill.

Martínez, J. (2013). Metodologías Avanzadas para la planificación y mejora. 2ª ed. Madrid: Ed. Diaz de Santos.

Martinez, C. (2015). Estadística y Muestreo. 13ª ed. México: Ed. ECOE.

Morga, L. (2012). Teoría y técnica de la entrevista. 1ª ed. México: Ed. Tercer Milenio.

Página oficial de Productos de Concreto (2018) PC. San José: Disponible en: <https://productosdeconcretocr.com>

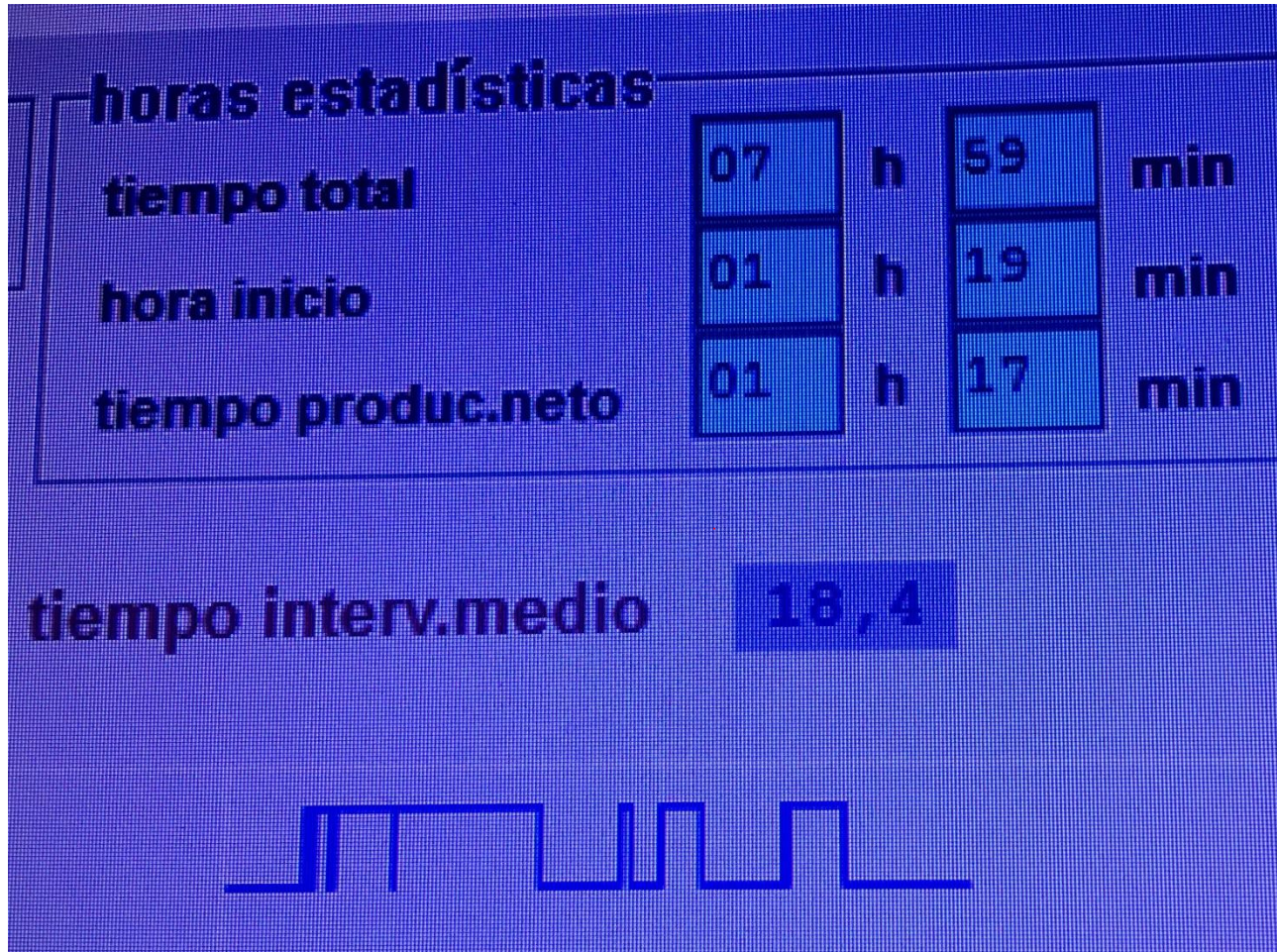
Pulido Gutiérrez, H. De la Vara Salazar, R. (2013) Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. 3ª ed. México: Ed. McGrawHill.

Sacoto, J. (2013) Diseño del proyecto para la implementación de una fábrica productora de ladrillos en la ciudad de Azogues. (Tesis inédita de Bachillerato). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.

## **APÉNDICES**

## Apéndice 1: Tiempo de ciclo

### Tiempo de ciclo para adoquines 401



Fuente: elaboración propia

## Apéndice 2: Máquinas relacionadas al proceso

Transportadores, mezcladora, maquina, romana de agregados,  
cubicado y transportador móvil



Fuente: elaboración propia

## Apéndice 3: Agregados

### Almacenamiento de Agregados



Fuente: elaboración propia

## Apéndice 4: Defectos en los adoquines.

### Defectos en adoquines



Fuente: elaboración propia

## Apéndice 5: Entrevistas

### Entrevistas con mecánicos, encargados y auxiliares de proceso

Entrevista con Auxiliar de Proceso					
Objetivo	Construcción del diagrama Ishikawa				
Fecha	16/4/18	Tiempo	30 min	Entrevistado	Nelson Molina
Preguntas	¿Cuáles son los principales problemas que se presentan con respecto a máquinas y equipo?				
	PROBLEMAS DE CALIBRACIÓN EN MESA VIBRATORIA Y OTROS COMPONENTES.				
	¿Cuáles son los principales problemas que se presentan referente al medio ambiente?				
	DURANTE EL TRAMCURSO DEL DÍA EL CLIMA OBTIENE DE LA PLANTA DE HUMO CALIENTE				
	¿Cuáles son los principales problemas que se presentan en la parte de medición?				
	NO SE EFECTUAN MEDICIONES SOBRE TODO EN EL LADO HÚMEDO (FALTA DE COMPENSACIÓN).				
	¿Cuáles son los principales problemas que se presentan con los materiales?				
CONTAMINACIÓN EN LOS AGREGADOS					
¿Cuáles son los principales problemas que se presenta la mano de obra?					
MEJORAR EL TRABAJO EN EQUIPO					
¿Cuáles son los principales problemas que se presentan los métodos de trabajo?					
FALTA DE CHARLAS Y REFORZAMIENTO					
Firma del entrevistado					

Entrevista con Encargado					
Objetivo	Construcción del diagrama Ishikawa				
Fecha	3/4/18	Tiempo	30 min	Entrevistado	Juan Sandino
Preguntas	¿Cuáles son los principales problemas que se presentan con respecto a máquinas y equipo?				
	LA MÁQUINA PIERDE VELOCIDAD POR PROBLEMAS DE PRESIÓN HIDRÁULICA (SE DANAN BOMBAS)				
	¿Cuáles son los principales problemas que se presentan referente al medio ambiente?				
	OLORES FUGATOS PROVENIENTES DE OTRAS PLANTAS				
	¿Cuáles son los principales problemas que se presentan en la parte de medición?				
	FALTA DE MEDICIÓN EN EL MODO HÚMEDO. FALTA DE CONTROL.				
	¿Cuáles son los principales problemas que se presentan con los materiales?				
PROBLEMAS CON LOS MOLDES POR DESGASTE Y QUEBRADURAS. CONTAMINACIÓN EN LOS AGREGADOS					
¿Cuáles son los principales problemas que se presenta la mano de obra?					
PERSONAL INEXPERTO					
¿Cuáles son los principales problemas que se presentan los métodos de trabajo?					
INCUMPLIMIENTO DE HORARIOS DE TRABAJO					
Firma del entrevistado					

Entrevista con Mecánico					
Objetivo	Construcción del diagrama Ishikawa				
Fecha	18/4/18	Tiempo	30 min	Entrevistado	Gustavo Ureña
Preguntas	¿Cuáles son los principales problemas que se presentan con respecto a máquinas y equipo?				
	PARTES DAÑADAS, QUEBRADAS Y DESGASTOS				
	¿Cuáles son los principales problemas que se presentan referente al medio ambiente?				
	EL CLIMA AFECTA EL CIESO DE UNIDAS A LOS EQUIPOS POR INUNDACIONES				
	¿Cuáles son los principales problemas que se presentan en la parte de medición?				
	ALGUNAS VECES NO SE REALIZAN				
	¿Cuáles son los principales problemas que se presentan con los materiales?				
MALA CALIDAD DE LOS REPUESTOS O QUEBRAS EN EL PAÍS					
¿Cuáles son los principales problemas que se presenta la mano de obra?					
FALTA DE MOTIVACIÓN					
¿Cuáles son los principales problemas que se presentan los métodos de trabajo?					
MALA COMUNICACIÓN					
Firma del entrevistado					

Fuente: elaboración propia

## Apéndice 6: Reuniones

### Reuniones con mecánicos, encargados y auxiliares de proceso

Bitácora de reunión con Encargados							
Lugar	Fecha	Fecha	Hora de inicio	Zpm	Hora de finalización	Apn	
OPICENA	6/7/18	6/7/18					
Objetivo		Recopilación de datos y criterio experto					
Personas seleccionadas	Mauricio Hernández	Mauricio Hernández					
	Luigi Ortiz	Luigi Ortiz					
	Juan Sandino	Juan Sandino					
	Nelson Blandón	Nelson Blandón					
	Melvin Jiménez	Melvin Jiménez					
Tiempo disponible		2 hrs					
Materiales requeridos		COMPUTADORA, LIBRETA DE APUNTES, PIZARRA ACRÍLICA					
Observaciones							
<p>- DISCUSIÓN LA SEGUNDA CONTROLANDO EL ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD HÚMEDO, QUE ES LA IMPLEMENTACIÓN MAS CARA Y DE BAJO COSTO</p> <p>- MOTIVAR AL PERSONAL</p> <p>- ES DIFÍCIL Y MUY COSTOSA RESOLVER EL PROBLEMA DE CONTAMINACIÓN EN EL ASEGURADO ASÍ QUE POR LOS MOMENTOS NO ES MUY FACTIBLE</p>							

Bitácora de reunión con Auxiliares del Proceso							
Lugar	Fecha	Fecha	Hora de inicio	Zpm	Hora de finalización	33pm	
	20/9/18	20/9/18					
Objetivo		Recopilación de datos y criterio experto					
Personas seleccionadas	Arlington Rivera	Arlington Rivera					
	Nelson Molina	Nelson Molina					
	Alba Luz Quintero	Alba Luz Quintero					
	Gilbert Molina	Gilbert Molina					
Tiempo disponible		1 hora y 30 minutos					
Materiales requeridos		COMPUTADORA, LIBRETA DE APUNTES, PIZARRA ACRÍLICA					
Observaciones							
<p>- NECESARIO MÁS CONTROL EN EL ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD HÚMEDO PARA MENORIZAR LA SEGUNDA Y LOS RECLAMOS</p> <p>- REUNIONES PARA CREAR CONCIENCIA DE LA IMPORTANCIA DE CUIDAR EL LADO HÚMEDO Y REFORZAR (MOTIVACIÓN).</p>							

Bitácora de reunión con Mecánicos							
Lugar	Fecha	Fecha	Hora de inicio	Zpm	Hora de finalización	3pm	
INTRA	22/4/18	22/4/18					
Objetivo		Recopilación de datos y criterio experto					
Personas seleccionadas	Gustavo Ureña	Gustavo Ureña					
	Fermin Diaz	Fermin Diaz					
Tiempo disponible		60 MINUTOS					
Materiales requeridos		LIBRETA DE APUNTES, PIZARRA ACRÍLICA, COMPUTADORA					
Observaciones							
<p>- SE CONCIENZA QUE LA COMUNICACIÓN ENTRE LOS MECÁNICOS ES UN FACTOR IMPORTANTE QUE SE ESTÁ DEJANDO DE LADO.</p> <p>- TAMBIÉN ES COMPLEJO OBTENER REPUESTOS POR EL MODO EN QUE SE TRABAJA CON PREVEDURÍA LOS REPUESTOS DURAN MUCHO O NI SI SE USAN CON HERRAMIENTAS ADECUADAS</p> <p>- TAMBIÉN SE TRABAJA CON EQUIPO DESACTUALIZADO LO CUAL DIFICULTA EL TRABAJO DE LOS MECÁNICOS</p>							

Fuente: elaboración propia

## Apéndice 7: Muestreos para determinar la cantidad de segunda

Minutas de muestreos										
Descripción		Primer día de muestreos para determinar la cantidad de segunda								
Lugar	CONTROL DE CALIDAD LADO SECO	Fecha	25/6/18							
Participantes		Arlington Rivera Nelson Molina Mario Núñez								
Duración	4 HORAS	Inicio	6am		Fin	2pm				
Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	
Cantidad	36	40	28	39	23	51	24	47	288	
Firma de participantes	Antonio R. J. Nelson Molina T. Mario Núñez									

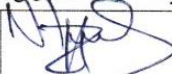

Minutas de muestreos										
Descripción		Segundo día de muestreos para determinar la cantidad de segunda								
Lugar	CONTROL DE CALIDAD LADO SECO	Fecha	2/7/18							
Participantes		Alba Luz Quintero Gilbert Molina Mario Núñez								
Duración	4 HORAS	Inicio	6am		Fin	2pm				
Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	
Cantidad	41	39	27	36	19	51	47	24	284	
Firma de participantes	Alba Luz Quintero Gilbert Molina Mario Núñez									

Minutas de muestreos										
Descripción		Tercer día de muestreos para determinar la cantidad de segunda								
Lugar	CONTROL DE CALIDAD LADO SECO	Fecha	16/10/18							
Participantes		Donald Hernández Nelson Blandón Mario Núñez								
Duración	4 HORAS	Inicio	6am		Fin	2pm				
Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	
Cantidad	34	29	41	33	53	29	16	27	292	
Firma de participantes	Donald Hernández R. Nelson Blandón Mario Núñez									

Minutas de muestreos										
Descripción		Cuarto día de muestreos para determinar la cantidad de segunda								
Lugar	CONTROL DE CALIDAD LADO SECO	Fecha	17/10/18							
Participantes		Daniel Cortés Marvin Chavarria Mario Núñez								
Duración	4 HORAS	Inicio	6am		Fin	2pm				
Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	
Cantidad	29	41	34	52	28	45	32	26	287	
Firma de participantes	Daniel Cortés Marvin Chavarria Mario Núñez									

Fuente: elaboración propia

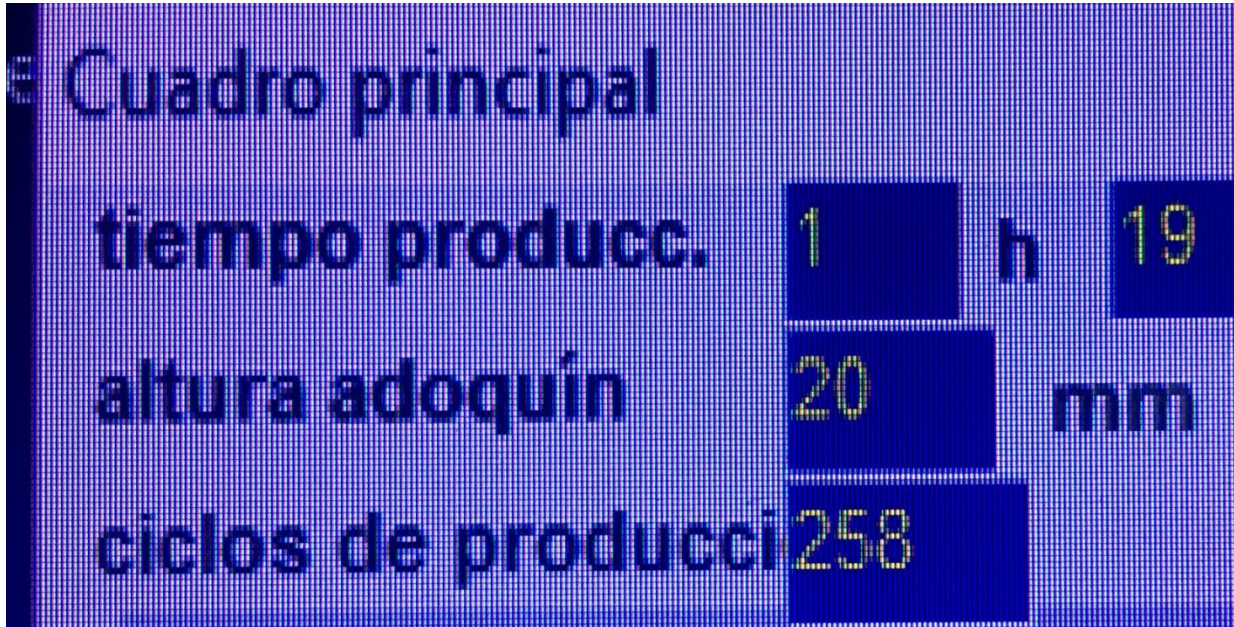
## Apéndice 8: Bitácora para la lluvia de ideas

Bitácora para la lluvia de ideas							
Lugar	OFICINA DE PRODUCCIÓN	Fecha	21/9/18	Hora de inicio	2pm	Hora de finalización	4pm
Objetivo	Desarrollar una propuesta de mejora para las causas mas significativas que inciden en el proceso de elaboración de adoquines						
Propuestas							
MÁS CONTROL EN EL LADO DE CONTROL DE CALIDAD HÚMEDO	IMPLEMENTAR FORMATOS PARA PESOS Y ALTURAS						
MALLAS EN LOS SILOS PARA FILTRAR LOS DESECHOS E IMPURAS	PARAFILTRAR CONTAMINANTES PROVENIENTES DE LOS AGREGADOS						
SENSORES DE ALTURA EN EL LADO HÚMEDO	PARA MONITOREAR LA ALTURA EN EL LADO HÚMEDO DESDE LA MÁQUINA						
GOLPEAR MEZCLADORA CADA 2 HORAS	PARA DESPEGAR CEMENTO ACUMULADO EN LAS PATAS DE LA MEB #2						
REVISIÓN MÁS PROFUNDA A LOS MOLDES	PARA EVITAR PROBLEMAS POR DESGASTES						
ESTABLECER LÍMITES DE CONTROL PARA LA CANTIDAD DE SEGUNDA	PARA DETERMINAR CANTIDADES ESPECÍFICAS						
Participantes	Nelson Blandón Arlington Rivera Mauricio Hernández Gilbert Molina Alba Luz Quintero Mario Núñez			 Arlington Antonio RJ Mauricio Hernández Gilbert Molina Araúz J.M.A. Alba Luz Q.H. 			

Fuente: elaboración propia

## Apéndice 9: Monitoreo de la altura con los sensores de rayo de luz

### Altura con sensores de rayo de luz



Fuente: elaboración propia

### Apéndice 10: Muestreos para determinar el impacto de la mejora

Minutas de muestreos											
Descripción		Primer día de muestreos para determinar el impacto de las mejoras									
Lugar	CONTROL DE CALIDAD LADO SECO	Fecha	19 / 11 / 18								
Participantes	Alba Luz Quintero Gilbert Molina Mario Núñez										
Duración	4 HORAS	Inicio	6am			Fin	2pm				
Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	Total		
Cantidad	30	34	23	32	18	42	19	40	238		
Firma de participantes	Alba Luz Quintero Heróndez Gilbert Molina Arauz Mario Núñez										

Minutas de muestreos											
Descripción		Segundo día de muestreos para determinar el impacto de las mejoras									
Lugar	CONTROL DE CALIDAD LADO SECO	Fecha	20 / 11 / 18								
Participantes	Arlington Rivera Nelson Molina Mario Núñez										
Duración		Inicio				Fin					
Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	Total		
Cantidad	36	35	21	30	17	49	39	20	242		
Firma de participantes	Arlington Antonio Rivera J. Nelson Molina Mario Núñez										

Minutas de muestreos											
Descripción		Tercer día de muestreos para determinar el impacto de las mejoras									
Lugar	CONTROL DE CALIDAD LADO SECO	Fecha	26 / 11 / 18								
Participantes	Donald Hernández Nelson Blandón Mario Núñez										
Duración	4 HORAS	Inicio	6am			Fin	2pm				
Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	Total		
Cantidad	27	25	33	29	41	24	40	22	241		
Firma de participantes	Donald Hernández R. Nelson Blandón Mario Núñez										

Minutas de muestreos											
Descripción		Cuarto día de muestreos para determinar el impacto de las mejoras									
Lugar	CONTROL DE CALIDAD LADO SECO	Fecha	27 / 11 / 18								
Participantes	Daniel Cortés Marvin Chavarría Mario Núñez										
Duración	4 HORAS	Inicio	6am			Fin	2pm				
Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	Total		
Cantidad	23	31	40	22	34	29	26	34	239		
Firma de participantes	Daniel Cortés Marvin Ch-L Mario Núñez										

Fuente: elaboración propia

**ANEXOS**

## Anexo 1: Programa de producción Mensual

### Programa de Producción del mes de Setiembre

Bloquera: Planta Belén F-BLO 01.00.18 Programa de producción

Mes: Setiembre 2018						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
27-Aug-18	70.000 ADOQ 401 GRIS 28-Aug-18	70.000 ADOQ 401 GRIS 29-Aug-18	20.000 ZACATE BLOCK 30-Aug-18	70.000 ADOQ 701 GRIS 31-Aug-18	MANTENIMIENTO 1-Sep-18	2-Sep-18
70.000 ADOQ 401 GRIS 3-Sep-18	70.000 ADOQ 401 GRIS 4-Sep-18	70.000 ADOQ 401 GRIS 5-Sep-18	70.000 ADOQ 701 GRIS 20.000 ADOQ 701 ROJO 6-Sep-18	25,000 Bloque de 12 7-Sep-18	25,000 Bloque de 12 8-Sep-18	9-Sep-18
70.000 ADOQ 401 GRIS 10-Sep-18	70.000 ADOQ 401 GRIS 11-Sep-18	70.000 TECKNODREM GRIS 12-Sep-18	25,000 Bloque de 12 13-Sep-18	25,000 Bloque de 12 14-Sep-18	FERIADO 15-Sep-18	16-Sep-18
90.000 ADOQ 401 GRIS 17-Sep-18	90.000 ADOQ 401 GRIS 18-Sep-18	90.000 ADOQ 701 GRIS 19-Sep-18	25,000 Bloque de 12 20-Sep-18	25,000 Bloque de 12 21-Sep-18	12.000 Entrepiso A 22-Sep-18	23-Sep-18
70.000 ADOQ 401 GRIS 24-Sep-18	70.000 ADOQ 701 GRIS 25-Sep-18	70.000 ADOQ 501 GRIS 26-Sep-18	25,000 Bloque de 12 27-Sep-18	25,000 Bloque de 12 28-Sep-18	MANTENIMIENTO 29-Sep-18	30-Sep-18

Responsable: Agranados

Fecha de actualización: 03-09-2018 Versión 1

Fuente: PC

## Anexo 2: Formato para reporte de producción

### Reporte de Producción


F-BL,OP 01,00,19 Reporte de produccion version 2 (Bloquera Belen Adoquin -Bicapa)

Datos Generales		Datos de Produccion		Mezcla Base	Mezcla Mortero
Fecha:				Datos Tecnicos de producción	
Codigo producto:				Horimetro Inicial (hrs):	
Nombre:				Horimetro Final (hrs):	
Turno:				Batidas (#):	
				Paletas (#):	
				Total Produccion (Uds):	
				Peso Producido (Ton):	
				Ciclos de maquina (Uds):	
				Ciclos Menos (Uds):	
				Unidades control calidad (Uds):	
				Muestras desechadas (Uds)	
Datos Consumo Materia Prima		Mezcla Base	Mezcla Mortero		
Codigos	Descripcion	Cantidad (kgs)	Cantidad (kgs)		
10032565	Cemento				
10014840	Arena 3 mm/Industrial CM				
10043780	Polvo Piedra Amcód				
10015183	Arena Industrial Guápiles				
10014836	Arena 4,75 mm/Industrial CM				
10035600	Quinta 9,5 mm cerro minas				
10024577	DESMOLDANTE BIOGRADABLE BIO-D 5				
10014589	Aditivo Ekosol				
10014605	Ocre Negro				
10014658	Ocre Amarillo				
10014661	Ocre Rojo				
10018552	Arena Mortero				
10044580	Hiperblock h14201				
	Agua				
Quebradura producción			Quebradura despacho		
Codigo HAC	Descripcion	Cantidad	Codigo producto	Descripcion	Cantidad
			10014885		
			10014886		
			10014887		
			10034680		
			10034910		
Reporte de tiempos improductivos					
Codigo HAC	codigo falla	Duración ( min	Descripcion		
Observaciones:					
Responsable:					

Fuente: PC

## Anexo 3: resistencia del Cemento

### Informe de resistencia del cemento del mes de agosto

LoforgeHolcim										INFORME DE ENSAYO Consecutivo: 8 IND-2018 Pagina 1/1							
Mes:	Agosto				Recepción muestra:	Agosto											
Periodo:	Mensual				Fecha recomendada de Uso:	Ver empaque											
Fecha de Informe:	06/09/2018				Fecha de Muestreo:	NA											
Producto:	Cemento				Identificación Cliente:	INDUSTRIAL											
Tipo:	MP/A-28																
<p>Holcim (Costa Rica) S.A. cuenta con un sistema de Gestión Integrado (SGI) de Calidad, Ambiente y CH&amp;S. Nuestras Operaciones en Planta Cemento están certificadas según Normas:            ISO 9001:2008 Gestión de Calidad            ISO 14001:2004 Gestión de Ambiente            ISO 18001:2001 Gestión de Salud y Seguridad Ocupacional            ISO 14064:2006 Gestión Gases de Efecto Invernadero</p>																	
INFORMACIÓN GENERAL								INFORMACIÓN DE CLIENTE									
Laboratorio:	Control Calidad Holcim (Costa Rica) S.A.				Cliente:	Productos de Concreto S.A											
Dirección Laboratorio:	Planta Cemento Holcim (Costa Rica) S.A., Agua Caliente, Cartago Costa Rica				Dirección Cliente:	Alajuela, San Rafael.											
email:	controlcalidad@hokim.com				email:	minor.murillo@pc.cr											
Teléfono:	(506) 2205-2800				Teléfono:	258 / -1400											
Fax:	(506) 2205-3100				Fax:												
Informe de Resultados																	
Parámetro (*)	Resultado	Unidad Medida	Reglamento RTCR 479-2015	Fecha Ejecución	Cumple	Parámetro (*)	Resultado	Unidad Medida	Reglamento RTCR 479-2015	Fecha Ejecución	Cumple	Parámetro (*)	Resultado	Unidad Medida	Reglamento RTCR 479-2015	Fecha Ejecución	Cumple
SiO <sup>2</sup> *	26,16	%	N	Agosto	Si	R10** Uc= ± 0,3	16,4	MPa	NI	Agosto	Si	Contenido Aire** Uc= ± 0,4	6	%	< 12	Agosto	Si
MgO*	1,89	%	≤ 6,0	Agosto	Si	R30** Uc= ± 0,4	24,9	MPa	>13	Agosto	Si	Expansión Autoclave** Uc= ± 0,002	0,03	%	< 0,8	Agosto	Si
SO <sup>3</sup> *	2,39	%	≤ 4,0	Agosto	Si	R70** Uc= ± 0,7	31,4	MPa	>20	Agosto	Si	Expansión Barras Morfero** Uc= ± 0,003	-0,004	%	< 0,02	ABRIL	NI
Residuo Insoluble** Uc= ± 0,05	NI	%	≤ 5,0	NI	N	28 D** Uc= ± 0,4	44,1	MPa	>28	JUNO	Si	Expansión Alcali-Agregado* 14 días	NI	kJ/kg	NI	NI	NI
Pérdida Fuego*	2,62	m2/kg	≤ 5,0	Agosto	Si	CN** Uc= ± 0,05	27,0	%	NI	Agosto	Si	Calor Hidratación 7 Días*	NI	kJ/kg	< 250	NI	NI
Blaine** Uc= ± 85	352	m2/kg	N	Agosto	Si	SET IN** Uc= ± 4	108	minutes	>45	Agosto	Si	Calor Hidratación 28 Días*	NI	%	< 290	NI	NI
Finura 45 um** Uc= ± 0,8	1,4	%	N	Agosto	Si	SET FN** Uc= ± 4	195	minutes	<420	Agosto	Si	Durabilidad a SuFatos 180 Días*	NI	%	< 0,05	NI	NI
Relación A/C	50,3	%	N	Agosto	Si	Densidad** Uc= ± 0,03	2,90	g/cm3	NI	Agosto	Si	Durabilidad a SuFatos 365 Días*	NI	%	< 0,1	NI	NI

Fuente: PC

## Anexo 4: Curva de cemento para adoquines


### Control de tendencia de cemento para el adoquín 401

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
7 DÍAS	Flexión	Número de datos	45	18	45	60	6	12	42	36
		Resistencia a la flexión a los 7 días	4,33	4,18	4,22	4,55	4,63	4,8	5,08	4,95
		Valor máximo (MPa)	5,31	4,88	4,99	5	4,92	4,97	5,67	5,8
		Valor mínimo (MPa)	3,69	3,67	4,01	4,25	4,17	4,37	4,74	4,20
		Desviación estandar	0,36	0,28	0,33	0,45	0,26	0,192	0,29	0,34
		Coefficiente de variación 7 días	8,31	6,58	6,01	6,25	5,62	4,01	4,51	6,9
		Número de datos	45	6	45	60	6	12	42	27

Fuente: PC

## Anexo 5: Formato de consecutivos

### Consecutivos para adoquines 401

 <b>F-BL.OP 02.04.04 MUESTREO DE CALIDAD PARA ADOQUINES DE CONCRETO</b>													Versión 1		
FECHA: 28/09/2018			Bloquera: Belen												
Hora de muestreo	Tipo de prueba	Identificación de muestra	Tipo de bloque	Contenido de cemento (kg/m <sup>3</sup> )	Agregado 1 (kg/m <sup>3</sup> )	Agregado 2 (kg/m <sup>3</sup> )	Agregado 3 (kg/m <sup>3</sup> )	Agregado 4 (kg/m <sup>3</sup> )	Dosificación de agua real (L)	Tiempo de llenado (s)	Tiempo de compactación (s)	Peso del adoquín (Kg)	Ciclos/min	Bicapas	Batida
	A	1771	401 Gris									n/a			
	V	1772	401 Gris									n/a			
	V	1773	401 Gris									n/a			
	V	1774	401 Gris									n/a			
	A	1775	401 Gris									n/a			
	S	1776	401 Gris									n/a			
	S	1777	401 Gris									n/a			
	S	1778	401 Gris									n/a			
	A	1779	401 Gris									n/a			
	D	1780	401 Gris									n/a			
	D	1781	401 Gris									n/a			

Agregado 1	Arena industrial cerro minas 3 mm
Agregado 2	Arena industrial guapiles
Agregado 3	Arena industrial cerro minas
Agregado 4	Quinta cerro minas

**Tipo de prueba:**  
 S : Resistencia a la flexión a 7 días  
 V: Resistencia a la flexión a 28 días  
 A: Absorción - Área neta  
 D: Abrasión

Responsable:  
 Fecha última actualización: 08/07/2010

Fuente: PC

## Anexo 6: Sensores de rayo de luz

### Sensores (emisor y receptor) de rayo de luz



Fuente: Elvatron