



FACULTAD DE POSGRADOS

PROPUESTA DE REDUCCIÓN DEL ÍNDICE DE REPROCESOS EN LA  
ETAPA DE VIBRO PENSADO MENDIANTE LA APLICACIÓN DE LA  
METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN LA FÁBRICA DE ADOQUÍN  
FERRER

Profesor Guía

MSc. Juan Sebastián Montalvo

Autor

Carlos Marcelo Escobar Morocho

AÑO

2022

## Resumen ejecutivo

La estructura vial es el eje fundamental para el desarrollo de las sociedades; bajo este concepto, los pueblos necesitan estar conectados ya sea para establecer el intercambio de materias primas, productos terminados o el fomento del turismo.

El GAD Provincial de Pichincha realizó 45.492 m<sup>2</sup> de adoquinado (Gobierno De Pichincha, 2020). Lo que representó la adquisición de cerca de un millón de adoquines de 300 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia para los Cantones de Cayambe y Pedro Moncayo sin considerar el requerimiento de los GAD's parroquiales y cantonales.

La empresa Ferretería FERRER, cuenta con una fábrica de adoquín que debido a su historial en ventas sólo produce adoquín de 350 kg/cm<sup>2</sup>. El mismo adoquín se oferta para clientes que requieren adoquines de menor resistencia (300 kg/cm<sup>2</sup>), entregando así un valor que el cliente no está dispuesto a pagar.

En la producción de mayo del 2022, se evidenció una muda del 10.87 % en promedio por reproceso en la etapa de vibro prensado. La gráfica de Pareto muestra dos de los defectos más recurrentes generados por condiciones totalmente opuestas; exceso de rebabas en el asiento de adoquín con un 18.4 % ocasionado por el alto porcentaje de humedad en la mezcla y el 18.3 % de defectos excesiva porosidad en la cara vista por un déficit de humedad.

Se dotó de una máquina dosificadora de cemento con alertas visuales y auditivas que, a más de reducir el tiempo de ciclo de mezcla de 6 a 4 minutos, ayudó a controlar variabilidad del porcentaje de humedad gracias al método de comunicación entre vibro prensado y dosificado, también abrió la posibilidad de generar nuevas fórmulas para obtener diversidad de resistencias con la utilización de materiales pétreos de fácil obtención.

En corridas piloto se ha logrado reducir el porcentaje de reprocesos al 5% y los costos de producción de adoquín de 350 kg/cm<sup>2</sup> en un 4%; Finalmente se logró producir adoquín de 300kg/cm<sup>2</sup> a \$ 0.2219, el mejor costo tomando en cuenta las limitaciones de la maquinaria artesanal instalada.

Se abre entonces la posibilidad de retornar al mercado público y privado con precios más competitivos y variedad de productos.

## Abstract

The road structure is the fundamental axis for the development of societies; Under this concept, the towns need to be connected either to establish the exchange of raw materials, finished products or the promotion of tourism.

The Provincial GAD of Pichincha made 45,492 m<sup>2</sup> of paving stones (Government of Pichincha, 2020). This represented the acquisition of close to one million paving stones of 300 kg/cm<sup>2</sup> resistance for the Cantons of Cayambe and Pedro Moncayo without considering the requirement of the parish and cantonal GADs.

The Ferretería FERRER company has a paving stone factory that, due to its history in sales, only produces paving stones of 350 kg/cm<sup>2</sup>. The same paving stone is offered for clients who require paving stones of less resistance (300 kg/cm<sup>2</sup>), thus delivering a value that the client is not willing to pay.

In the production of May 2022, an average molt of 10.87% was evidenced by reprocessing in the vibro-pressed stage. The Pareto chart shows two of the most recurring defects generated by completely opposite conditions; excess burrs in the paving stone seat with 18.4% caused by the high percentage of humidity in the mixture and 18.3% of excessive porosity defects on the exposed face due to a humidity deficit.

A cement dosing machine was equipped with visual and audible alerts that, in addition to reducing the mixing cycle time from 6 to 4 minutes, helped to control variability in the moisture percentage thanks to the communication method between vibro-pressed and dosed. It also opened up the possibility of generating new formulas to obtain a diversity of resistances with the use of easily obtained stone materials.

In pilot runs, it has been possible to reduce the percentage of reprocessing to 5% and the production costs of paving stones of 350 kg/cm<sup>2</sup> by 4%; Finally, it was possible to produce paving stones of 300kg/cm<sup>2</sup> at \$0.2219, the best cost taking into account the limitations of the artisanal machinery installed.

The possibility of returning to the public and private market with more competitive prices and a variety of products then opens.

## Índice de contenido

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Literatura relacionada al problema.....</b>	<b>3</b>
2.1. Proceso .....	3
2.2. Características de un proceso .....	4
2.3. Gestión por procesos .....	4
2.4. Diagrama de flujo .....	4
2.5. Proceso DMAIC .....	5
2.6. Productividad .....	6
2.7. VSM (Value Stream Mapping) .....	7
2.8. Diagrama de Pareto.....	7
2.9. Diagrama de Ishikawa .....	7
2.10. Eventos Kaizen.....	8
<b>3. Identificación de la oportunidad de mejora .....</b>	<b>9</b>
3.1. Planteamiento del problema.....	9
3.2. Problema.....	11
3.3. Justificación del problema .....	11
<b>4. Objetivos .....</b>	<b>12</b>
4.1. Objetivo General.....	12
4.2. Objetivos Específicos .....	12
<b>5. Alternativas de solución.....</b>	<b>13</b>
5.1. Propuesta.....	13
5.2. Justificación de la metodología .....	13
<b>6. Metodología a utilizar.....</b>	<b>15</b>
6.1. Diagnostico fábrica de adoquín FERRER.....	15
6.2. Metodología Lean.....	16
6.3. Principios Lean a tomar en cuenta .....	17
6.4. Herramientas Lean .....	19
<b>7. Propuesta de solución del problema identificado ..</b>	<b>21</b>

<b>7.1. Problema identificado .....</b>	<b>21</b>
<b>7.1.1. Priorización de defectos. ....</b>	<b>22</b>
<b>7.2. Análisis causa efecto defectos más recurrentes .....</b>	<b>22</b>
<b>7.3. Definición de las causas a intervenir .....</b>	<b>24</b>
<b>7.4. Propuestas de solución .....</b>	<b>25</b>
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>36</b>
<b>9. Recomendaciones.....</b>	<b>38</b>
<b>10. Bibliografía.....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>41</b>

## 1. Introducción

La conectividad es un eje fundamental que promueve el desarrollo sostenible de una sociedad, en este contexto es responsabilidad del estado asegurar su fortalecimiento; Específicamente los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales dentro de sus competencias está el “Planificar, construir y mantener el sistema vial de ámbito provincial, que no incluya las zonas urbanas”, así mismo a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Cantonales les compete “Planificar, construir y mantener la vialidad urbana” (COOTAD, 2010).

La empresa FERRER (Ferretería Escobar – Rivera), inicia sus actividades comerciales en el año 2008 como proveedores de material pétreo, para luego dar paso a la implementación de una fábrica de bloques vibro-prensados en el 2010 y cinco años más tarde incursionando en la construcción de vías adoquinadas y provisión materiales de construcción.

La situación actual de la empresa es desalentadora, pues cerca del 70% de sus ingresos corresponden a la venta de adoquín vehicular de 350 kg/cm<sup>2</sup> realizadas al sector público, que, debido a la pandemia, coyunturas políticas en el Cantón Cayambe y a la participación de productores de la Ciudad de Quito por medio del Servicio Ecuatoriano de Contratación Pública (SERCOP), ha conllevado a una disminución significativa en sus ventas.

La liquidez de la empresa está amenazada, pues se mantiene al límite los fondos para pagar la cartera de proveedores, acreedores y recurso humano; la continuidad de la empresa depende del manejo adecuado de sus costos de producción.

Los procesos clave son aquellos que están relacionados directamente con la estrategia de la empresa y de ellos depende el éxito de esta (Maldonado, 2011).

La primera fase dentro de la gestión de la producción es el plan de producción que no solo depende de la demanda, sino también de los recursos que se disponga, este plan tiene como objetivo cumplir con la demanda con el mínimo costo posible (Prado, García y Fernández, 2020).

La planificación de la producción de acuerdo a la demanda del mercado se ve amenazada cuando existen desperdicios en los procesos de fabricación y generan incertidumbre y que limitan la posibilidad de reaccionar en caso de un incremento en las ventas.

## **2. Literatura relacionada al problema**

### **2.1. Proceso**

Proceso es el conjunto de actividades o procedimientos que se encuentran interrelacionadas entre si sistemáticamente para dar lugar a una transformación de insumos a un producto o servicio (Martinez,2014).

Estas actividades o procedimientos están conformadas por entradas, salidas, controles y mecanismos (Montalvo, 2022).

#### **Entradas de un proceso**

Pueden ser insumos, información, materia prima o elementos que alimentan al proceso y pueden ser resultado de otro proceso (Montalvo, 2022).

Existen a rededor de 8 defectos de calidad que se puede identificar en el momento que el adoquín fresco sale da la máquina de vibro prensado.

En atención al mayor porcentaje de ventas que realiza la empresa es necesario identificar el proceso clave para repotenciarlo y poder tener una o varias ventajas competitivas, a decir de Harrington (1993), las actividades o grupo de actividades secuenciales que transformen insumos y agreguen valor darán como resultado un producto, sub producto o servicio.

#### **Salidas de un Proceso**

Es el resultado de la transformación de el o los procesos que integran valor para un cliente interno o externo (Montalvo, 2022).

#### **Controles**

Son todos los lineamientos que son establecidos en la etapa de transformación para cumplir con requerimientos propios del proceso y/o necesidades del cliente (Montalvo, 2022).

#### **Mecanismos**

Son los medios utilizados tanto humanos como tecnológicos para cumplir con la etapa de transformación (Montalvo, 2022).



## **2.2. Características de un proceso**

Un proceso debe estar caracterizado de tal manera que se factible y cumpla con los siguientes aspectos.

### **Repetitividad**

La estabilidad del proceso está dada por la capacidad de poder ser reproducido con el menor esfuerzo posible y uso eficiente de recursos (Montalvo, 2022).

### **Variabilidad**

Es la brecha existente entre las repeticiones que se da en un proceso de transformación de un producto o servicio (Montalvo, 2022).

### **Susceptibilidad para mejorar**

Un proceso debe tener la capacidad de mantener un ciclo de mejoramiento continúe en base a su etapa de transformación o salidas con reducción de defectos (Montalvo, 2022).

### **Integradores y colaborativos**

Los procesos vinculan a varias áreas de la organización integrando recursos humanos y tecnológicos diferenciándose de una estructura funcional tradicional (Montalvo, 2022).

## **2.3. Gestión por procesos**

Una de las características clave de los procesos es que son susceptibles de mejora por lo que son parte de un ciclo dinámico de mejoramiento continuo.

En base a la misión de la empresa la gestión por procesos busca administrar los recursos de las operaciones maximizando el valor entregado a los clientes tanto internos como externos para satisfacer sus necesidades (Hernández, Martínez, & Cardona, 2015).

## **2.4. Diagrama de flujo**

El diagrama de flujo o flujograma es una representación gráfica de actividades secuenciales y estructuradas que forman parte de un proceso (Pardo Álvarez,

2017). A mayor detalle en la diagramación es posible identificar con claridad las alteraciones de las actividades de un proceso (Valdés Hernández, 2003)

Uno de los lenguajes utilizados para diagramar procesos es el uso de figuras del BPMN (Business Process Model Notation).

### **Tipos de diagramas de flujo**

Existen dos formas de representar los diagramas de flujo que ayuda a la representación e interpretación de los procesos a pesar de que las personas no estén familiarizadas con esta (Pardo Álvarez, 2017).

- Flujograma matricial: el formato de flujo de estructura matricial coloca a los agentes intervinientes en la cabecera y sus actividades se encuentran subordinadas a estos (Pardo Álvarez, 2017).
- Flujograma lineal: para procesos menos complejos existe el formato de flujograma lineal que coloca las actividades de forma secuencial dejando la posibilidad de nombrar a los agentes intervinientes dentro de cada símbolo (Pardo Álvarez, 2017).

### **2.5. Proceso DMAIC**

Esta metodología tiene como base el ciclo de Deming y sus 5 etapas formando el acrónimo en inglés DMAIC (Herrera Acosta & Fontalvo Herrera, 2011).

#### **Define (definir)**

El primer paso para el uso de la metodología es definir el problema de estudio enfocado a las metas del negocio.

#### **Measure (medir)**

El segundo paso se refiere a la determinación de la forma que se va a medir para posteriormente tener la capacidad de comparar la aplicación de la metodología.

#### **Analyze (analizar)**

Es el paso más importante ya que una vez analizados datos obtenidos producto de la medición se puede tomar decisiones para llegar a la causa raíz y posterior solución.

### **Improve (mejorar)**

Una vez focalizada la causa raíz tenemos la posibilidad de contener o disminuir los efectos con la implementación de da de herramientas de Lean.

### **Control (controlar)**

El quinto y último paso se implementas los elementos o mecanismos para poder controlar los inconvenientes detectados en la etapa del análisis; estos elementos deben tener la capacidad de reaccionar eficientemente en caso de que exista una alteración en las salidas del proceso definido.

## **2.6. Productividad**

El fin de toda empresa o institución es brindar un producto o servicio que cumpla con los requerimientos del cliente. Ahora bien, para que la empresa este realmente siendo económicamente sustentable deben existir un margen resultado de sus operaciones, bajo este principio las empresas necesitan ser cada vez más eficientes.

En general se puede definir a la productividad como un indicador de eficiencia que relaciona los resultados obtenidos ya sean bienes o servicios con el conjunto de entradas entre otros pueden ser mano de obra, capital, materias primas entre otras (Carro Paz & Gonzales Gómez, 2014).

La productividad como factor estratégico en la actualidad clave para mantenerse dentro de un mercado cada vez más competitivo.

El mejoramiento de la calidad en un plazo determinado hace que también mejore la productividad en donde la inversión económica o tecnológica no es necesariamente un factor predominante, sino más bien métodos ingenieriles de análisis de los procesos con el objetivo de mejorar sus tiempos, rediseñar los procesos, eliminar desperdicios entre otros (Mercader et al., 2008).

Es necesario entonces buscar las herramientas necesarias que ayuden a maximizar los ingresos por medio de la reducción de costos sin descuidar la calidad de los productos o servicios.

## **2.7. VSM (Value Stream Mapping)**

El mapa de flujo de valor es una herramienta de la metodología Lean que nos ayuda a representar analizar y mejorar un proceso de producción y así entender las actividades que agregan y que no agregan valor al producto o servicio (Socconini, 2019).

El identificar los desperdicios en un proceso productivo hace que se genere una oportunidad de mejora que a futuro se transformará en una ventaja competitiva (Lean Solutios, 2011).

### **Muda**

Muda proviene de un término Japonés que representa al despilfarro o desperdicio que consume recursos en un proceso y no agrega valor al producto o servicio (Socconini, 2019).

### **Tipos de muda**

Las mudas o desperdicios más importantes se describen de la siguiente manera: (1. Sobreproducción, 2. Sobre inventario, 3. Transporte, 4. Procesos innecesarios, 5. Esperas, 6. Movimientos innecesarios y 7. Defectos.)

## **2.8. Diagrama de Pareto**

Una herramienta poderosa para poder priorizar los problemas o las causas de un problema ya identificado es el Diagrama de Pareto.

El Economista Wilfrido Pareto estableció una observación sobre la distribución de la riqueza en Italia en el año de 1906; había observado que el 20% de la población poseía el 80% de las propiedades, más tarde se habría desarrollado la regla 80-20 o también llamada la ley de los pocos vitales que describe un fenómeno estadístico en el que cualquier población que tenga un efecto en común se identifica que una parte pequeña de la población (20%) contribuye a la mayor parte de esos efectos (Heizer & Render, 2009).

## **2.9. Diagrama de Ishikawa**

Es una herramienta grafica de análisis que relaciona los efectos o problemas con las posibles causas o factores que lo están generando; clasificadas de acuerdo

con las 6 M su estructura se asemeja a la espina de un pez (Evans, J. R., Lindsay & Sánchez, 2008).

El método de las 6 M contiene las causas contenidas en la siguiente clasificación: (1. Mano de Obra, 2. Métodos, 3. Máquinas, 4. Materiales, 5. Mediciones y 6. Medio ambiente.)

### **2.10. Eventos Kaizen**

Kaizen que en japonés significa mejora es una filosofía que se complementó cuando las organizaciones occidentales empezaron a desarrollarla de manera continua, de aquí que se empieza a hablar de mejora continua (Socconini, 2019).

De ahí que los eventos Kaizen son un conjunto de tareas y acciones de operadores y administradores de los procesos que persiguen un objetivo en común; desarrollar cambios significativos que incrementen la productividad y estos a su vez se traduzcan en rentabilidad (Socconini, 2019).

El desarrollo de un evento Kaizen está ligado directamente a la reducción de los desperdicios, por ende, la decisión de realizar un evento Kaizen será el resultado de un análisis de diagnóstico previo.

### 3. Identificación de la oportunidad de mejora

#### 3.1. Planteamiento del problema

La disminución de la demanda de adoquines en sector público, la implantación de nuevas fábricas de adoquín en el sector y la oferta creciente de fabricantes provenientes de Ciudades grandes cercanas Quito e Ibarra específicamente, ha restado participación en el mercado de venta de adoquines; es inminente el análisis de costos para identificar oportunidades de mejora ya que, en las ofertas públicas del año 2022, la empresa ha quedado fuera por presentar ofertas con un precio superior.

El presente análisis corresponde a un proceso de contratación pública CÓDIGO: SIE-GADPP-241-2021, para la “Adquisición de Materiales para bordillos, adoquinado y bermas de las Calles Bolivia y teniente Vaquerizo del Barrio Central, Parroquia de Tupayachi, Cantón Pedro Moncayo” (SOCE, 2022).

El presupuesto asignado para el proyecto en mención es el que se muestra en la Tabla 1 y es el resultado del estudio de mercado realizado por la institución con aproximadamente 6 meses de antelación.

Cabe resaltar que el método de análisis de estudio de mercado que realizan las instituciones públicas toma en cuenta precios históricos de contrataciones anteriores y proformas actualizadas, por lo que existe la posibilidad de que precios de los productos requeridos tiendan a un ajuste a la baja.

*Tabla 1.* Presupuesto de Proceso de contratación pública

PRESUPUESTO REFERENCIAL SIE-GADPP-241-2021					<b>59,134.20</b>
No	DESCRIPCION DEL BIEN O SERVICIO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	V. TOTAL
1	ADOQUIN GRIS 350kg/cm2	U	87,177.00	0.33	28,768.41
2	ADOQUIN AMARILLO 350kg/cm2	U	2,939.00	0.44	1,293.16
3	ADOQUIN ROJO 350kg/cm2	U	5,877.00	0.44	2,585.88
4	CEMENTO	U	988.00	8.20	8,101.60
5	RIPIO	U	131.00	15.60	2,043.60
6	ARENA	U	83.00	15.65	1,298.95
7	SUBBASE	U	1,098.00	13.70	15,042.60

**Elaborado por:** Elaboración propia

Luego de cumplir con los requerimientos precontractuales fueron habilitados para la etapa de subasta a la inversa 9 Oferentes, la mayoría de ellos de la Ciudad de Quito, dando como resultados los indicados en la imagen.

## Resumen de Puja

MONTOYA PILATASIG ANDREA FERNANDA	LASLUIZA CHIZA VICTOR ALFONSO	ARGUDO SALAZAR MARIA BELEN	RODRIGUEZ GUERRA MARIA JOSE	LOACHAMIN CHANO FREDDY DANIEL	ASIMBAYA NASIMBA JOHAINA TATIANA	CHICAIZA GRANDA EDGAR IVAN	ESCOBAR MOROCHO CARLOS MARCELO
USD 53,615.77	USD 53,000.00	USD 59,133.49	USD 57,990.00	USD 57,495.00	USD 58,680.32	USD 50,160.00	USD 52,763.73
hora:15:14:45	hora:15:14:58	hora:13:32:58	hora:15:14:53	hora:15:14:59	hora:15:14:58	hora:15:14:42	hora:15:14:56
USD 55,000.00	USD 54,559.70		USD 59,107.23	USD 59,134.80	USD 59,134.80	USD 54,700.00	USD 55,997.46
hora:15:12:37	hora:15:14:22		hora:12:24:34	hora:09:52:03	hora:12:29:36	hora:15:13:52	hora:15:11:59
USD 56,000.00	USD 55,500.00					USD 55,100.00	USD 58,962.25
hora:15:12:18	hora:15:13:00					hora:15:13:35	hora:11:50:45
USD 57,000.00	USD 59,118.20					USD 55,500.00	
hora:15:11:01	hora:09:08:22					hora:15:13:22	
USD 58,000.00						USD 55,800.00	
hora:15:09:40						hora:15:13:03	
USD 58,500.00						USD 56,100.00	

Figura 1. Resultados de subasta inversa electrónica.

Elaborado por: SERCOP, 2021

El 77.77 % de los oferentes calificados pertenecen al Cantón Quito, la mayoría de ellos se mantienen con un descuento que no supera el 3% considerándose aceptable a razón que el transporte del producto oscila entre 4 y 5 centavos que a su vez representa de un 10 a 12 % del costo total del producto adoquín ya que en los términos de referencia que forman parte de los pliegos precontractuales, establecen que los materiales serán entregados en el lugar de uso incluido transporte, carga y descarga de los mismos, garantizando la calidad durante la manipulación; se puede evidenciar que hay un oferente que supero el 10% de descuento lo que amenaza la producción local de los cantones Cayambe y Pedro Moncayo, tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Participación de oferentes

1	OFERENTE	LOCALIDAD	OFERTA FINAL	
2	ARGUDO SALAZAR MARIA BELEN	CANTÓN QUITO	100.00%	59,133.490
3	ASIMBAYA NACIMBA JOHANA	CANTÓN QUITO	99.23%	58,680.320
4	RODRIGUEZ GUERRA MARIA	CANTÓN QUITO	98.07%	57,990.000
5	LOACHAMIN CHANO FREDDY	CANTÓN QUITO	97.23%	57,495.000
6	MONTOYA PILATASIG ANDREA	CANTÓN QUITO	90.67%	53,615.770
7	LASLUIZA CHIZA VICTOR	CANTÓN QUITO	89.63%	53,000.000
8	ESCOBAR MOROCHO CARLOS	CANTÓN CAYAMBE	89.23%	52,763.730
9	CHICAIZA GRANDA EDGAR	CANTÓN PEDRO MONCAYO	84.82%	50,160.000

Elaborado por: Elaboración propia

El 57% del presupuesto del Proceso de contratación SIE-GADPP-241-2021 está representado por el producto adoquín vehicular de 300 Kg/cm<sup>2</sup>; por lo que el análisis está enfocado en identificar las oportunidades de mejora con respecto al costo de fabricación para tener una ventaja competitiva frente a las amenazas en el mercado, con una diferencia reducido frente al proveedor más cercano, tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Estimación de costos mejor oferta

ESTIMACIÓN DE COSTOS OFERTA GANADORA					OFERTA (FERRER)		
No	DESCRIPCION DEL BIEN O SERVICIO	CANT.	P. UNIT	V. TOTAL	P. UNIT	V. TOTAL	%
1	ADOQUIN GRIS 300kg/cm <sup>2</sup>	87,177	0.29	25,281.33	0.31	26,588.99	50%
2	ADOQUIN AMARILLO 300kg/cm <sup>2</sup>	2,939	0.39	1,146.21	0.40	1,175.60	2%
3	ADOQUIN ROJO 300kg/cm <sup>2</sup>	5,877	0.39	2,292.03	0.41	2,380.19	5%
4	CEMENTO	988	7.86	7,765.68	7.89	7,795.32	15%
5	RIPIO	131	12.93	1,693.83	12.99	1,701.69	3%
6	ARENA	83	12.72	1,055.76	12.71	1,054.93	2%
7	SUBBASE	1,098	9.95	10,925.10	10.99	12,067.02	23%
			84.82%	50,159.94	89.23%	52,763.73	100%

**Elaborado por:** Elaboración propia

### 3.2. Problema

La fábrica de adoquín FERRER, produce adoquines tipo hexagonal vehicular con una resistencia a la compresión de 350 kg/cm<sup>2</sup>, cuyo costo de venta al por menor (hasta cuatro mil unidades), está en 0.38 dólares y al por mayor (a partir de las cuatro mil unidades) generalmente para GAD's, hasta 0.32 dólares, mediante la estrategia de reducción del margen por cantidad.

### 3.3. Justificación del problema

La empresa no ha podido firmar contratos con instituciones públicas en el presente año a pesar de que ha reducido al mínimo su margen de utilidad; por tal razón se propone el estudio de métodos que ayuden a mejorar los costos de fabricación con objetivo de mantenerse dentro del mercado de provisión de materiales para la construcción de vías para los GAD's y proyectos privados.



## **4. Objetivos**

### **4.1. Objetivo General**

Mejorar el costo de fabricación de adoquín tipo hexagonal vehicular utilizado tanto en proyectos públicos como privados.

### **4.2. Objetivos Específicos**

- Utilizar herramientas de gestión que permitan identificar las oportunidades de mejora de costos de fabricación.
- Implementar las mejoras de menor costo y mayor impacto.

## **5. Alternativas de solución**

### **5.1. Propuesta**

Existen dos herramientas por separado y el uso de gran parte de la metodología Lean que podrían tener resultados óptimos en la reducción de costos en la fabricación de adoquines en la empresa FERRETERIA FERRER de la Ciudad de Cayambe.

Luego de una socialización de las herramientas y metodologías para solucionar la problemática de la empresa; mediante una matriz de priorización se llegó a un consenso con las áreas involucradas de acuerdo con los siguientes criterios.

Soportados en la revisión de la literatura relacionada, al diagnóstico de la empresa en donde se identifica la limitación de mantenerse presente en el mercado de provisión de materiales para la construcción de proyectos viales con instituciones públicas debido a sus costos de fabricación poco competitivos y a la necesidad inminente de asegurar la continuidad de la fábrica de adoquines; la empresa ha tomado la decisión de desarrollar varias de las herramientas de la metodología Lean la participación del personal de Producción, Financiero y Gerencia General.

### **5.2. Justificación de la metodología**

Se realizó una matriz de priorización comparando tres propuestas de estudio y su debate con las áreas involucradas:

- HERRAMIENTA DMAIC.
- HERRAMIENTA KAISEN.
- METODOLOGIA LEAN

En donde la propuesta de desarrollar varias de las herramientas de la Metodología Lean, se ubicó en la mejor posición dentro de un Diagrama que relacionó las variables de nivel de impacto en el eje de las (x) y la dificultad de implementación en el eje de las (y), tal como se muestra en la Tabla 4 y Figura 2.

Tabla 4. Variables para la toma de decisión

IMPLEMENTACION								
CRITERIOS	DIFICULTAD				IMPACTO			
PROPUESTAS	Gerencia	Finanzas	Producción	Promedio	Gerencia	Finanzas	Producción	Promedio
DMAIC	3	5	1	3.0	3	3	3	3.0
VSM	3	3	3	3.0	5	1	5	3.7
LEAN	1	1	3	1.7	5	3	5	4.3

NIVELES DE PUNTUACIÓN	
ALTO	5
MEDIO	3
BAJO	1

Elaborado por: Elaboración propia

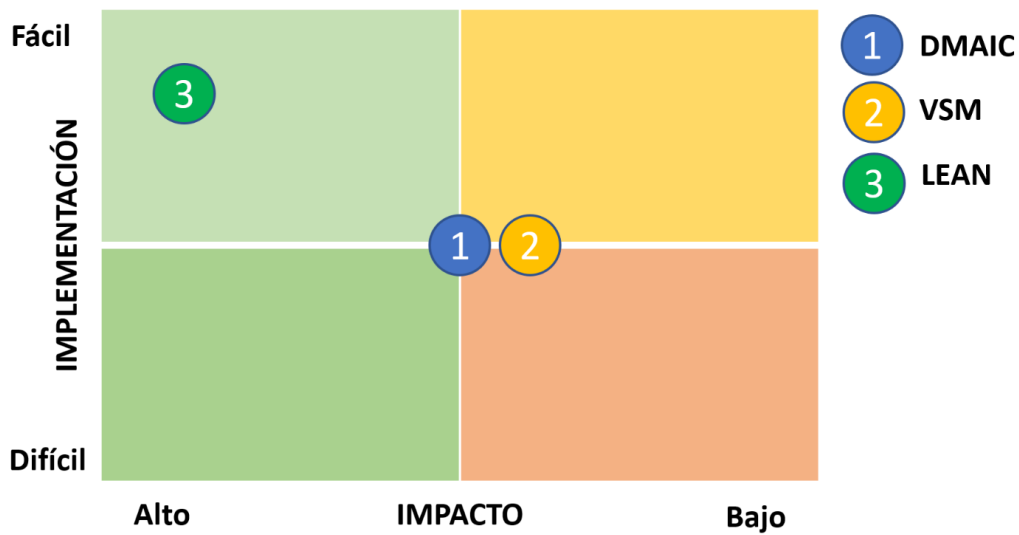


Figura 2. Matriz de priorización

Elaborado por: Elaboración propia

## **6. Metodología a utilizar**

### **6.1. Diagnostico fábrica de adoquín FERRER**

Ferretería Ferrer es un emprendimiento familiar con alrededor de 14 años de participación en el mercado, empezó sus operaciones con la provisión de materiales pétreos para proyectos florícolas en los Cantones de Cayambe y Pedro Moncayo, con el pasar del tiempo fue incrementando su portafolio de productos y servicios; especialmente en Material de ferretería enfocados a la obra gris y servicios de alquiler de retroexcavadoras.

Con la creciente demanda de materiales de construcción para la ejecución de proyectos viales públicos, específicamente vías adoquinadas, la ferretería incursiona en la fabricación de adoquín vehicular como complemento de un paquete de productos que se publican en el portal del Servicio Nacional de Contratación Pública SERCOP.

De acuerdo con el estudio de demanda en el 2015, se determinó que el único producto que se fabricaría sería el “Adoquín vehicular hexagonal de 350 kg/cm<sup>2</sup>” en colores: gris (natural), rojo, amarillo y verde, ya que los clientes que comprar al por mayor son el Gobierno Autónomo descentralizado del Municipio de Cayambe GADIPMC (350 kg/cm<sup>2</sup>) y el Gobierno Autónomo descentralizado de la Provincia de Pichincha GADPP (300 Kg/cm<sup>2</sup>).

Adicionalmente como estrategia para garantizar la venta adoquín la ferretería cumplió con el trámite de catalogo electrónico para productos normalizados, en donde hasta la presente fecha establecen el requerimiento de adoquines de 300 y 350 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión.

La fábrica de adoquín mantiene un proceso de fabricación artesanal con un volumen de producción promedio de 3500 unidades diarias con un grupo de 6 operadores.

Inicialmente los costos de fabricación de un adoquín gris natural oscilaban entre 0.25 y 0.27 centavos de dólar, dependiendo de la disponibilidad de agregados pétreos (ripió y arena) en las minas o canteras que cuentan con materiales

óptimos para la fabricación; debido al incremento de combustible los costos de fabricación se han incrementado en un 10 % aproximadamente.

El efecto económico post pandemia también afectó negativamente en la demanda de adoquines en las instituciones públicas, nuestros principales clientes; adicionalmente se ha evidenciado el incremento de proveedores del estado dentro del segmento, lo que a su vez ha inducido a que los precios de venta del adoquín bajen considerablemente de un promedio de 0.35 centavos en el 2019 a 0.32 centavos en la actualidad y manteniendo una tendencia es a la baja.

La fábrica de adoquín necesita inminentemente mejorar su eficiencia para ser más competitivo y sobrevivir frente a un mercado cada vez más cambiante y hostil en lo que a oferta y demanda se refiere.

## **6.2. Metodología Lean**

La metodología lean es aplicable tanto en grandes empresas como en pequeños emprendimientos como es el caso de la fábrica de adoquines de ferretería FERRER, ya que ésta se fundamenta en la creación de valor al reducir los costos mediante la eliminación de desperdicios.

### **Justo a tiempo**

El requerimiento de las instituciones del estado, tanto en características de resistencia como en disponibilidad de colores y tiempo de entrega, obliga a los proveedores del estado a mantener un sistema que pueda satisfacer sus necesidades en el tiempo necesario, que se adapte a los cronogramas de desarrollo de los proyectos viales, ya que para su ejecución es necesaria la coordinación con los beneficiarios y la maquinaria de otras instituciones públicas y privadas involucradas.

Esta característica se resume en la entrega de la demanda de adoquines en el momento necesario y con la calidad requerida por cada institución.

## **Trabajo en equipo**

Para cumplir con las condiciones establecidas en los contratos con el estado, es necesario mantener un flujo de comunicación efectiva entre los involucrados tanto internos como externos.

En los procesos internos es necesario mantener un flujo de información entre los procesos comerciales, operativos, financieros y recursos humanos.

Con respecto a los involucrados externos se necesita mantener una comunicación permanente para cumplir con los cronogramas de ejecución de los proyectos viales.

## **Mejora continua**

La historia de la ferretería y su lenta adaptabilidad al mercado cambiante en el sector de la construcción deja en evidencia que es necesaria la implementación de una cultura de mejoramiento continuo que permita mantenerse en el tiempo y eventualmente liderar la comercialización de productos relacionados a la construcción de vías.

### **6.3. Principios Lean a tomar en cuenta**

#### **Valor para el Cliente**

Se puede considerar que el cliente se encuentra conforme con el pago realizado a cambio del valor recibido en el producto, cuando este cumpla ampliamente con las especificaciones técnicas y de funcionalidad sin el riesgo de ser rechazado o reemplazado en obra; para el caso de la comercialización de adoquines, es necesario satisfacer las necesidades de especificaciones técnicas, forma regular dentro de las tolerancias que permita su colocación en la vía sin problemas de acoplamiento uno con otro y apariencia de la superficie rugosa uniforme.

#### **Mapa del flujo de valor**

Es necesario analizar el flujo de valor integrando cada proceso de la cadena de valor para identificar actividades dentro del proceso productivo, o característica diferente a las demandadas por la norma que debe ser eliminada, reducida o integrada.

## **Flujo Continuo**

El flujo continuo hace referencia al movimiento sin interrupciones de objetos físicos o datos, tomando como objetivo primordial la reducción de tiempo en cada proceso integral.

Para definir un flujo continuo ya sea físico o de datos es necesario:

- Organizar las operaciones la secuencia de los procesos y sus equipos.
- Acoplarse al ritmo de la demanda por medio de la sincronía de las operaciones.
- Mantener un equipo capacitado y comprometido a suplir las necesidades de varios puestos de trabajo.
- Establecer operaciones multiproceso para que el trabajador pueda rotar en varios puestos de trabajo y con varias configuraciones de actividades.

## **Sistema Pull**

El entorno actual en que se desempeña la fábrica de adoquín de la ferretería FERRER, exige a que el sistema de producción se de tipo Pull.

En función de la demanda este sistema busca estabilizar los procesos, reduciendo el tiempo y su variabilidad.

## **Camino a la perfección**

Una vez identificado el flujo de valor del proceso de fabricación de adoquín, el objetivo permanente será buscar la perfección para tener ventajas competitivas que sean sustentables y lo más rentables posibles.

Para esto es necesario:

- Reducir los inventarios WIP (Work in Progress)
- Reducir el tiempo de espera del proceso.
- Reducir la producción en lotes.
- Mantener un lugar limpio y organizado.
- Flexibilidad en los procesos para cambio rápidos de acuerdo con la demanda.

- Operadores altamente competitivos y multifuncionales.
- Mantener un flujo continuo tanto en materiales físicos como en datos e información.

#### **6.4. Herramientas Lean**

##### **Herramienta 5's**

Se aplicará la herramienta denominada 5's, con el propósito de mejorar el entorno de trabajo y su productividad, identificar desperdicios de espacio obstáculos y/o herramientas perdidas que a su vez ayudará a reducir los riesgos de accidentes.

Luego de impartida la capacitación de los conceptos de las 5's los operadores de la fábrica de adoquín de la ferretería Ferrer tendrán la capacidad de:

- Clasificar
- Organizar
- Limpiar
- Estandarizar
- Mantener

##### **Utilización de VSM (Value Stream Mapping)**

La intención de la utilización de esta herramienta es mantener identificado el flujo material y de la información mediante la observación, para determinar las actividades que agregan valor y son pagadas por el cliente.

Mediante el VSM, se podrá establecer oportunidades de mejora (Quick Wins) al tener una visualización de todo el proceso "BIG PICTURE" y para todos los niveles de la organización.

##### **Gestión visual**

Consiste en una forma sencilla y efectiva de comunicar información importante relacionada a la calidad y seguridad en el proceso de fabricación de adoquines, mediante alertas visuales aguas arriba para contener posibles anomalías detectadas para su inmediata contención.



### **Justo a tiempo**

La mayor parte de la producción de adoquines de la fábrica está destinada a cumplir con la demanda de los proyectos de vías adoquinadas gubernamentales, por los que su sistema de producción es del tipo Pull, es decir que solo se produce lo que se establece en un cronograma de entregas que forma parte del contrato; bajo esta condición mediante la herramienta JIT, se pretende proveer el material que se necesita, cuando se necesite en la cantidad que se necesite.

Mediante esta herramienta se podrá mantener un alto nivel de control que ayudará a reducir inventarios y desperdicios, mejorado los costos asociados a estos.

## 7. Propuesta de solución del problema identificado

### 7.1. Problema identificado

Para determinar la tasa real de reprocesos en la etapa de vibro prensado se realizó el levantamiento de información en la producción de adoquín vehicular de 350 kg/cm<sup>2</sup> durante el mes de mayo del 2022; los resultados obtenidos arrojaron la información que actualmente se presenta una tasa de reproceso de al rededor del 10.87 % del total de unidades producidas por día. (ANEXO 1)

De un total de 90.989 unidades que pasaron por la etapa de vibro- prensado, el 10.87 % tuvieron que ser rechazadas por parte del Operador que realiza las funciones de Compuerta de Calidad, ya que presentamos varios defectos de calidad entre los que destacan el ensanchamiento lateral del adoquín, porosidad excesiva y fisuras en la cara vista del adoquín; tal como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Defectos de calidad vibro prensado mayo 2022

DEFECTOS VIBROPRENSADO MAYO 2022			
DEFECTO	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL ACUMULADA
Rebabas en el asiento del adoquín	1818	18%	18.4%
Porosidad excesiva	1809	18%	36.7%
Fisuras en el asiento de el adoquín	1120	11%	48.1%
Descamación cara vista del adoquín	909	9%	57.3%
Fisuras en la cara vista del adoquín	880	9%	66.2%
Grava expuesta base	795	8%	74.2%
Grava expuesta cara vista	681	7%	81.1%
Ensanchamiento lateral del adoquín	655	7%	87.8%
Rebabas en la cara vista.	651	7%	94.3%
Deformación cara vista del adoquín	558	6%	100.0%

**Elaborado por:** Elaboración propia

### 7.1.1. Priorización de defectos.

Con la información recabada en el mes de mayo, mediante el diagrama de Pareto se analizará dos defectos que en suma representan el 36.7 % del total de defectos registrados en el estudio.

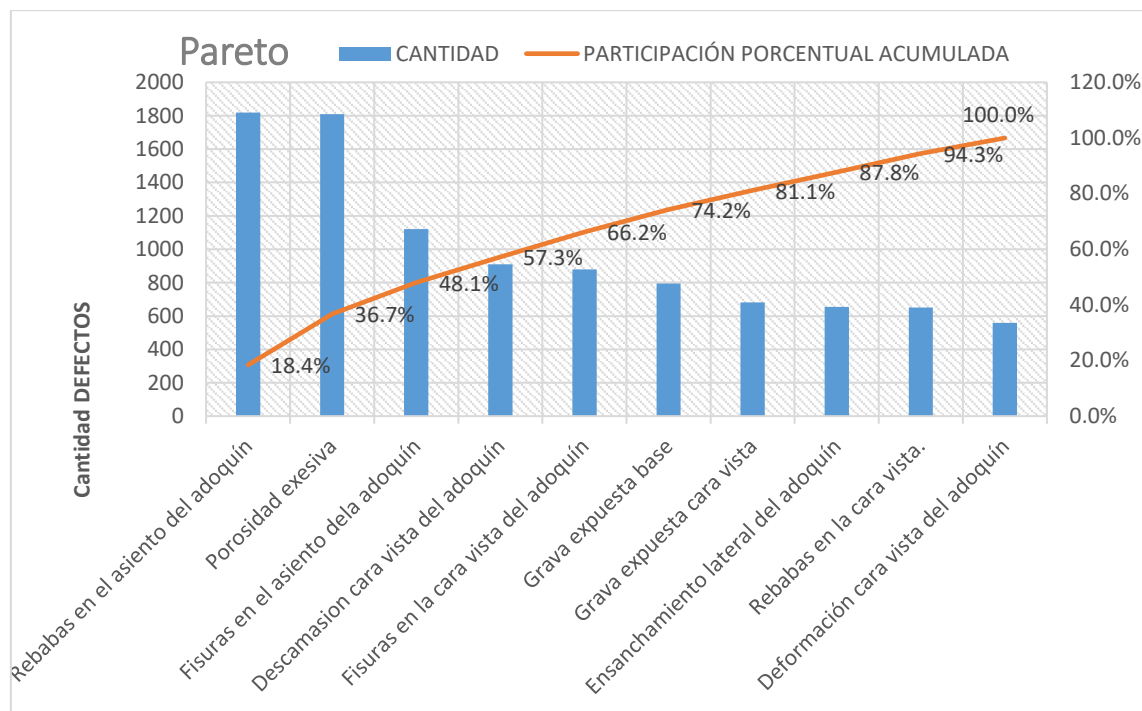


Figura 3. Diagrama de Pareto defectos de calidad

Elaborado por: Elaboración propia

### 7.2. Análisis causa efecto defectos más recurrentes

Una vez identificado los defectos más recurrentes se desarrolló un taller de lluvia de ideas con los operadores de producción y el Líder de Grupo con el objetivo de identificar las posibles causas que estén ocasionando los defectos más recurrentes.

Posterior a la lluvia de ideas el moderador con el resto del grupo procedió a agrupar los criterios de acuerdo con la experiencia de los operadores de las causas que podrían generar el defecto rebabas en el sientto del adoquín con una

participación de 18.4 % del total de defectos identificados; en un diagrama de Ishikawa.

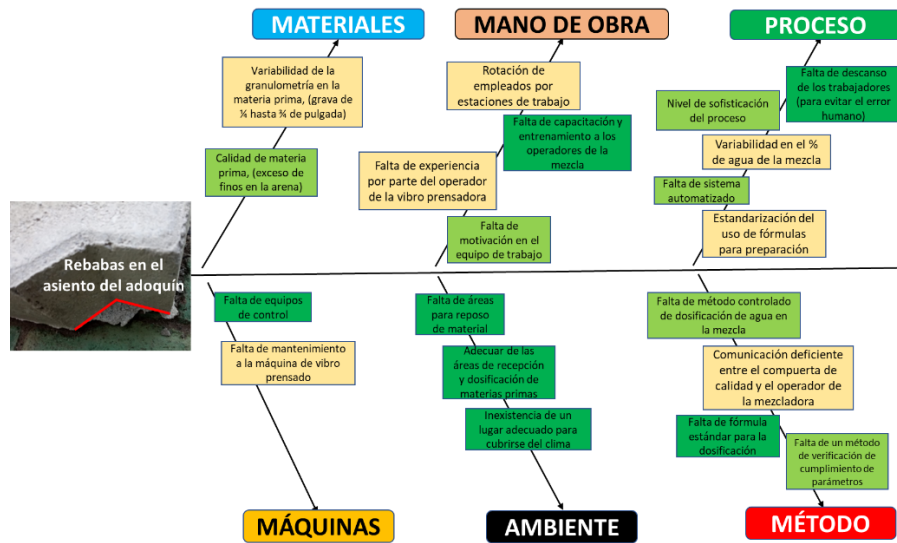


Figura 3. Diagrama de Ishikawa rebabas

Elaborado por: Elaboración propia

El segundo defecto recurrente es el exceso de porosidad con una participación del 18.3 % del total de defecto identificados en el mes de mayo del presente año; a lo que el grupo puso énfasis en la falta de porcentaje de agua en la mezcla.

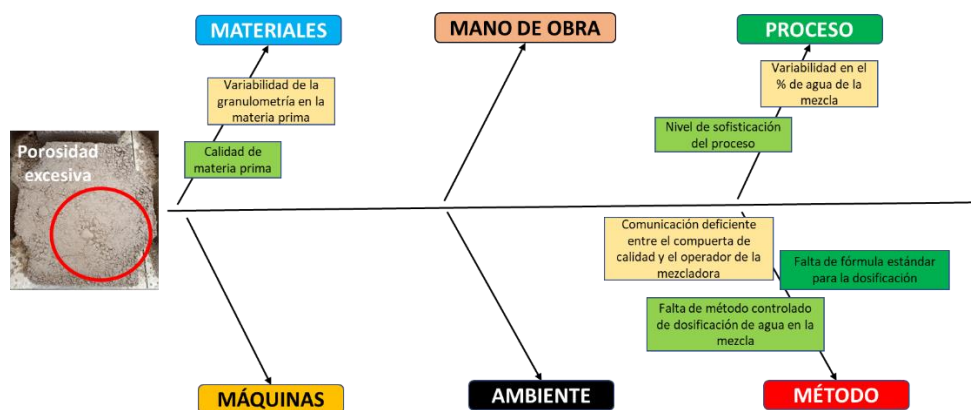


Figura 4. Diagrama de Ishikawa porosidad

Elaborado por: Elaboración propia

### 7.3. Definición de las causas a intervenir

En gran parte la experiencia del personal operativo es una fuente fiable de información; pues luego del debate con respecto a la cantidad de defectos relacionados a rebabas en los adoquines y al exceso de porosidad se ha logrado identificar la correlación existente entre el porcentaje de humedad y la calidad del material prima en cuanto finura de arena y granulometría del agregado grueso.

En base a este conservatorio se decide volver a agrupar las causas identificadas en los Ishikawa para el exceso de rebabas como el Ishikawa para el exceso de porosidad, antes de dar paso a los planes de acción

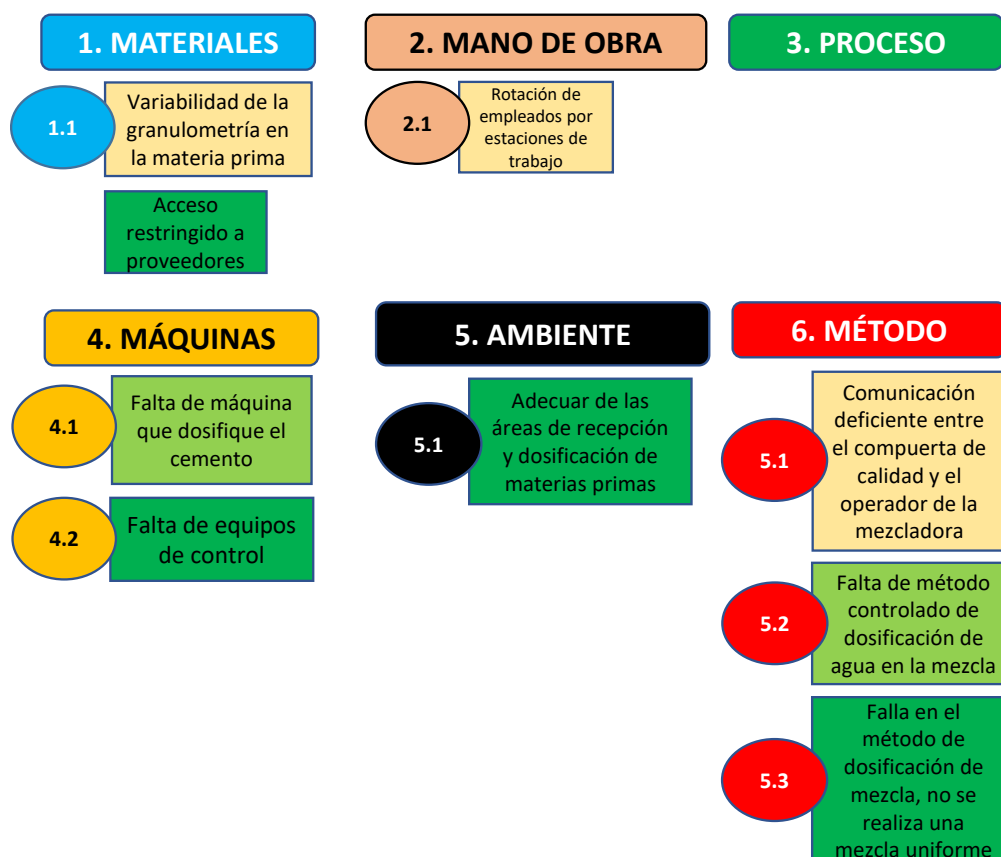


Figura 5. Agrupación de causas

Elaborado por: Elaboración propia

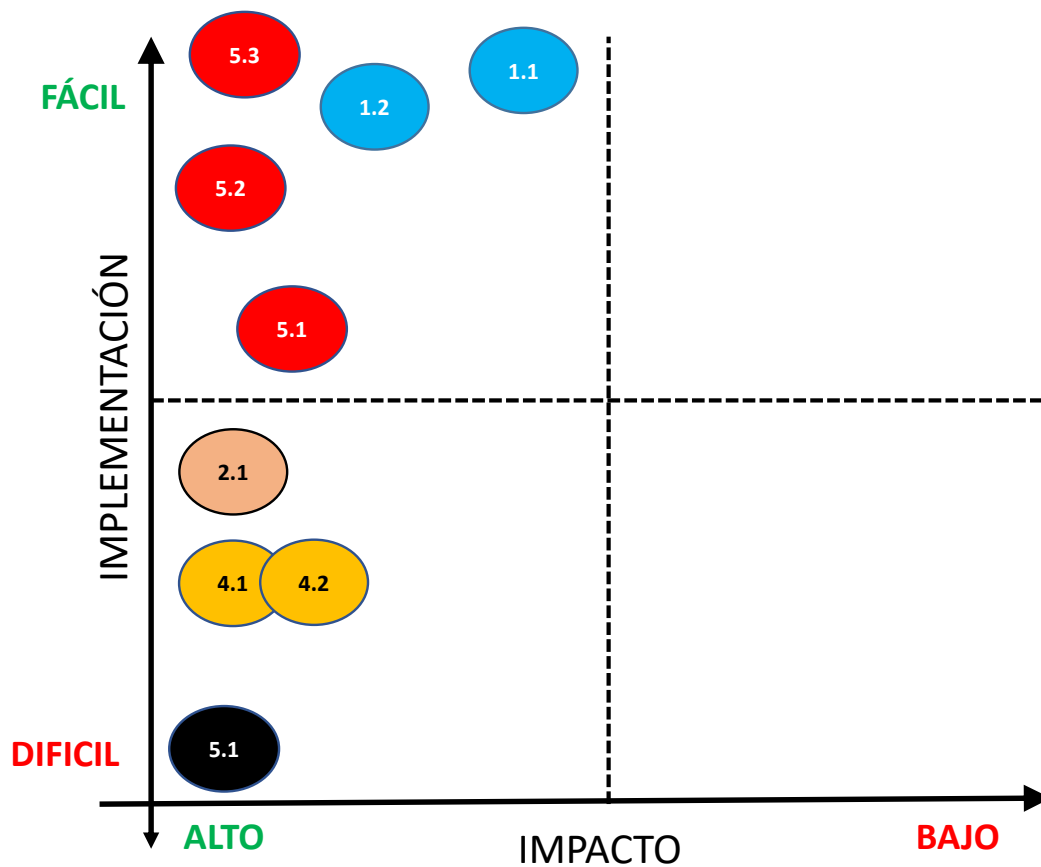


Figura 6. Matriz de priorización para la implementación

Elaborado por: Elaboración propia

#### 7.4. Propuestas de solución

Las posibles propuestas de solución y su factibilidad serán el resultado de un análisis de los factores que se tomó en cuenta en la definición de causa a intervenir. Ver Figura 5.

#### Diagnóstico del Factor Materiales

En el sector en donde se encuentra establecida la fábrica de adoquín, no existen minas o canteras que dispongan materia prima (agregados pétreos) en stock todo el tiempo y tampoco mantienen estándares de calidad que garanticen la homogeneidad en cuanto a granulometría, porcentaje de humedad,

contaminación de material orgánico y altos contenidos de limos finos o arcillas tal como se muestra en la figura 5.



*Figura 7.* Material de la zona

**Elaborado por:** Elaboración propia

Al separar arena de la grava del material que se está utilizando se pudo identificar un alto porcentaje de grava y adicionalmente se confirmó que mantiene una granulometría variada que va desde  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

El no contar con un proveedor de agregados pétreos exclusivo hace que las dosis en la etapa de dosificación tengan una variabilidad alta, especialmente en el porcentaje de humedad, factor clave para obtener un adoquín sin defectos de calidad en textura y compactación.

Esta condición obliga a que sea el operador encargado de la dosificación regule el porcentaje de adición de agua apoyándose en su experiencia y en una prueba empírica de consistencia.

El abastecimiento de agregados pétreos se hace mediante volquetas de 12 a 18 toneladas y los volúmenes que se manejan diariamente son de 20 m<sup>3</sup>/día, esta condición hace que el material pétreo se encuentre a la intemperie siendo vulnerable a la sobresaturación de humedad, especialmente en temporadas de lluvia.

### **Propuesta de solución Factor Materiales**

Mediante la alianza estratégica con 2 volqueteros de la ciudad de Quito se llega al acuerdo que abastezcan de grava de ¼ de pulgada de una cantera localizada por el sector de San Antonio de Pichincha, Cantón Quito; dentro de los acuerdos se establecen los siguientes puntos.

- La grava debe estar dentro de la franja granulométrica de 1/8 a 1/4 de pulgada y provendrá de una cantera específica que será respaldado mediante una guía de remisión de la cantera.
- Se realizará un control visual para garantizar la calidad del material por cada viaje recibido; en caso de estar fuera de especificación el proveedor se compromete a retirar el material y reponerlo.

Con respecto a la dosis arena / grava, se utilizará carretillas con capacidades volumétricas diferentes; con el objetivo de modificar la fórmula de acuerdo con el requerimiento del plan de producción.

Con la implementación de carretillas y sus diferentes capacidades de carga, se puede desarrollar una serie de fórmulas específicas para cada tipo de adoquín y sus características de resistencia (300, 350 y 400 Kg/cm<sup>2</sup>)



## PROPUESTA DE SOLUCIÓN FACTOR MATERIALES



Figura 8. Propuesta de mejora factor materiales

**Elaborado por:** Elaboración propia

### Diagnóstico del Factor Mano de Obra

Existe deficiente capacitación y poca experiencia en el equipo de trabajo que opera la fábrica de adoquín, debido a la alta rotación de personal.

La alta rotación de personal se debe a que la empresa tiene un sistema de producción tipo Pull; determinado por los contratos que pudiera tener con instituciones públicas.

El grupo está compuesto por 2 operadores claves y de 3 a 4 personas de apoyo; los operadores clave tienen la experiencia y le conocimiento que les permite desempeñarse en cualquiera de las 4 etapas principales que conforman el proceso de fabricación de adoquín y las personas de apoyo pueden o no tener experiencia en la fabricación de adoquines.

### Propuesta de solución Factor Mano de Obra

El mantener solo dos trabajadores clave que dominen cada puesto de trabajo, es mantener la sostenibilidad de la fábrica en riesgo; por tal razón se propone desarrollar un plan de capacitación permanente, acompañado de un plan de

rotación de puestos que nos permita disponer de un grupo de trabajadores polivalentes que puedan desempeñarse en cualquier puesto de trabajo.

### **Diagnóstico del Factor Método Y Maquinas**

Existe un único método para la dosificación de los materiales en la etapa de mezclado, este método es de tipo empírico y consiste en agregar los materiales en un orden y cantidades definidos con un tiempo de mezcla en seco de alrededor de 2 minutos, luego dependiendo de las condiciones de humedad de los materiales se agrega agua entre 20 a 25 litros.

El operador hace una prueba de consistencia, sujetando con fuerza un puño de material con la mano esperando que al abrir la mano el material quede momentáneamente unido, si el material está demasiado seco el manojo de material se desprenderá con facilidad y si al contrario el material está demasiado húmedo habrá residuos de agua que se impregnen el guante del operar.

Este método empírico tiene un nivel de asertividad alto dependiendo de la experiencia del operador clave y siempre y cuando el material provenga de un solo proveedor y no haya sido saturado por causa de las lluvias.

El método de comunicación para alertar una anomalía entre la etapa de vibro prensado y la etapa de dosificación es de tipo verbal y consiste en caminar hacia el área de dosificación para avisar que la mezcla se encuentra demasiado seca o saturada de agua; esta anomalía es la principal causa que genera defectos en la compactación del adoquín.

Se denomina “parada” al ciclo que demora en mezclar un saco de cemento de 50 kg con 400 litros (área/grava) y 25 litros de agua que aproximadamente es de 6 minutos. El tiempo que se demora el operador de control de calidad en alertar al operador del área de dosificación es de 18 minutos (3 paradas) y no permite corregir este parámetro inmediatamente, ocasionando un incremento en la tasa de reprocesos; La razón es que generalmente existe 2 paradas en la tolva de recepción de material mezclado y una en proceso de mezcla.



Figura 9. Método de dosificación actual

**Elaborado por:** Elaboración propia

La fábrica de adoquines cuenta con máquinas de fabricación nacional que reciben mantenimiento semanal y la mayoría de estos son del tipo correctivo, sin una bitácora que muestre información detallada de las reparaciones realizadas.

La reposición de moldes por desgaste se realiza por número de unidades producidas siendo el promedio 20 mil unidades, por lo general esta actividad se programa para el fin semana, sin embargo, el desgaste de los moldes no es uniforme.

### **Propuesta de solución Factor Métodos y Maquinaria**

El desarrollo de varias fórmulas de dosificación está limitada a la utilización de sacos de cemento de 50 kg; esta condición a obligado mantener una sola dosis orientada a mantener a la obtención de adoquines con una resistencia promedio de 350 kg/cm<sup>2</sup>.

La propuesta de diseñar y construir un dosificador de cemento prevé la posibilidad de controlar la adición de kilos o libras de cemento mediante un

tornillo sin fin y así tener la facilidad de establecer un sin número de combinaciones que involucre la utilización de carretillas de distintas capacidades de carga y un sistema de alimentación de agua controlado con un temporizador regulable para producir adoquín de 300, 350 o 400 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia según sea el caso.

Adicionalmente para reducir el costo de implementación de la maquina se utilizará material reciclado existente que se encuentran en el taller del proveedor de Mantenimiento, tal como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Material reciclado

**Elaborado por:** Elaboración propia

Para mejorar el problema de comunicación de anomalías por variación en el porcentaje de humedad en la mezcla, se recomienda el desarrollo e implementación de un dispositivo visual y auditivo que contenga y corrija el

problema en un reducido tiempo y pueda ser controlado en la etapa de vibro prensado.

La dinámica de comunicación mediante este dispositivo utilizará pulsadores con colores correspondientes para el control de agua en la mezcla que será manejado por el operador que recibe el adoquín recién prensado y que a su vez cumple las funciones de compuerta de calidad en el área de vibro prensado.

En cuanto el operador compuerta de calidad detecte defectos de prensado relacionados al porcentaje de humedad, activará inmediatamente dependiendo del defecto el pulsador que encenderán luces y una sirena intermitente junto a la mezcladora de material.

Luego de varias pruebas piloto de producción se determina que la implementación ha sido un éxito y entre los beneficios identificados hasta ahora se considera los siguientes:

- El abastecimiento de cemento se hace mediante el tornillo sin fin que se controla mediante un temporizador de acuerdo con el peso que se necesita.
- La carga de material a la mezcladora se ha reducido a 200 litros con el objetivo de reducir el tiempo de mezclado a 4 minutos.
- Los ciclos entre paradas son más cortos lo que ayuda a que el material no se seque y así reducir la variabilidad del porcentaje de humedad.
- Con la ayuda de la gestión visual y auditiva de la alerta temprana de anomalías la compuerta de calidad comunica inmediatamente al operador de dosificación para que mediante el temporizador de la bomba de agua pueda aumentar o reducir la alimentación de agua, tal como se muestra en la figura 11.





*Figura 11.* Máquina de dosificación de cemento y alerta de porcentaje de humedad

**Elaborado por:** Elaboración propia

### **Diagnostico Factor Ambiente**

Para la protección del material del sol y la lluvia es necesaria la construcción de una cubierta de aproximadamente 50 m<sup>2</sup>, con un costo aproximado 17500,00 dólares. Dicha inversión deberá ser analizada en un futuro a corto o mediano plazo dependiendo de la liquidez de la empresa; sin embargo, se identifica otras medidas que pueden ayudar a mejorar el ambiente laboral, para que sea mas seguro y eficiente.

### **Propuestas de mejora del Factor Ambiente**

Para mejorar el ambiente laboral, se propone aplicar la herramienta de las 5's y diseñar e implementar un plan de sugerencias que brinde incentivos a los operadores para mantener el ciclo de MEJORA CONTINUA.

## Implementación de la herramienta 5's

Se propone establecer un cronograma de capacitación e implementación de talleres de la herramienta 5's, por puesto de trabajo., hasta generar una cultura de orden y limpieza.

El área de curado y almacenaje comprende ya mayor parte de utilización de espacio físico en la fábrica de adoquín, por tal razón se decidió empezar por aplicar un taller piloto para comprar el impacto visual del antes y después.



*Figura 12. Ambiente laboral antes*

**Elaborado por:** Elaboración propia

- **Seiri: clasificación y descarte**

Para la primera etapa se procedió a identificar todo lo que se posee dentro del área de curado y almacenaje definiendo que es indispensable en cada espacio y que no para analizar si se mantenía o se desechara.

- **Seiton: organización**

En esta etapa fue el momento de organizar en función a su frecuencia de uso y diseñar ayudas visuales que identificarán cada lugar, para posteriormente ubicarlo adecuadamente.

- **Seiso: limpieza**

Al llegar esta etapa la tarea fue más sencilla, así que solo se procedió a limpiar apropiadamente y colocar en los lugares acordados previamente la producción, adoquín scrap, tanques de almacenamiento de separadores, parqueadero de motocicletas y bicicletas

- **Seiketsu: estandarización**

Para esta etapa se acordó y se delimitó el espacio correspondiente a cada uso del espacio físico en el área de curado y almacenamiento.

- **Shitsuke: disciplina y compromiso**

La última etapa de las 5's ciertamente no le resta importancia a las anteriores pues con ella aseguramos que todo se maneje con cuidado para mantener el trabajo previamente hecho en las otras 4 etapas, y lograr un espacio adecuado de trabajo.



*Figura 13. Ambiente laboral después*

**Elaborado por:** Elaboración propia



## 8. Conclusiones

- Existe la incertidumbre de abastecimiento de arena por parte del proveedor actual, ya que la cantera de donde se extrae el material tiene problemas de stock out. Esta condición ha obligado a la fábrica en muchas ocasiones a generar sobre inventarios.
- El sobre inventario de arena ha obligado a la fábrica a contratar los servicios de una retroexcavadora para aproximar el material hasta el área de dosificación incrementando así los costos de mantenimiento de inventarios.
- Ha pesar que el estudio no se enfocó en la muda de transporte desde el stock de material hacia el área de dosificación, mediante la decisión tomada de desarrollar una nueva fórmula de dosificación con materiales de fácil adquisición se solucionó este problema, ya que el proveedor no tiene inconveniente de coordinar la entrega con el líder de equipo, justo en el momento que está por terminarse, reduciendo al mínimo la distancia que los operadores tiene que recorrer con la carretillas hasta la maquina mezcladora.
- En la etapa de prueba de la maquina dosificadora de cemento se desarrolló una fórmula de 64 litros de grava, 210 litros de polvo rosado, 75 libras de cemento y 21 litros de agua; la reducción de tiempo de ciclo de la mezcladora a 4 minutos eliminó el sobre inventario que existía en la tolva de recepción de mezcla y el porcentaje de humedad en la misma se mantuvo estable.
- Hasta antes de la implementación la maquina dosificadora de cemento la mezcladora trabajaba con una carga de 400 litros de material y eventualmente presentaba problemas de recalentamiento en el sistema de transmisión; al reducir la carga de trabajo se evidencio una temperatura moderada y disminución de ruido.
- La posibilidad de controlar el abastecimiento de cemento mediante el tornillo sin fin de maquina abre la posibilidad de diseñar formulas con arenas y gravas de alta disponibilidad garantizando manejo controlado de abastecimiento de materiales en general.

- La utilización de carretillas de menor capacidad facilita la manipulación de estas y reduce la fatiga de los operadores al transporte el material hacia la maquina mezcladora.
- Existe la posibilidad de establecer un método de abastecimiento Just in Time y así reducir la exposición de los materiales a las lluvias.
- En las corridas de prueba para la fabricación de adoquín vehicular de 300 kg/cm<sup>2</sup>, se cumplió con el objetivo general de reducir el costo de fabricación en un 14%.
- Se cumplió con los objetivos específicos, a razón que el estudio utilizó herramientas de la metodología Lean manufacturing y la implantación de las oportunidades de mejora.

## 9. Recomendaciones

- Para sacarle el mayor rendimiento a la maquina dosificadora de cemento, se recomienda el diseño fórmulas de dosificación con otros materiales de fácil accesibilidad con el objetivo de tener plane de acción en caso de déficit de abastecimiento de los materiales existentes.
- Se recomienda la construcción de una cubierta de aproximadamente 50 m2 que proteja de las lluvias al material arena y grava.
- Las oportunidades de mejora resultaron de talleres de lluvia de ideas, por lo que se recomienda establecer un plan de sugerencias que fortalezca la filosofía de mejoramiento continuo.
- Establecer un plan de capacitación permanente para conformar un equipo de operadores polivalentes.

## 10. Bibliografía

Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2014). Productividad y Competitividad (Primera ed.). Buenos Aires: Nueva Librería.

Código Orgánico De Organización Territorial, Autonomía y Descentralización [COOTAD]. Art. 54. 11 de octubre del 2010. Ecuador

Evans, J. R., Lidsay, W. M., & Sanchez, F. F. (2008). Administración y control de la calidad (Séptima).

García, T. (2022). Presentación Proyecto MDO. Universidad de las Américas. <https://udla.brightspace.com/d2l/le/lessons/44310/lessons/610594>

Gobierno De Pichincha. (2020). Rendición de Cuentas 2019. [https://www.pichincha.gob.ec/images/2020/pdf/Rendici%C3%B3n%20de%20Cuentas 2019.pdf? t=1602018930](https://www.pichincha.gob.ec/images/2020/pdf/Rendici%C3%B3n%20de%20Cuentas%202019.pdf?t=1602018930)

Heizer, J., & Render, B. (2009). Principios de la Administración de Operaciones. México: Prentice Hall.

Hernandez, H., Martinez, D., & Cardona, D. (2015). Enfoque basado en procesos como estrategia de dirección para las empresas de transformación. Saber, Ciencia y Libertad.

Lean Solutions. (2011). Conceptos. Recuperado el 22 de octubre de 2017, Value Stream Mapping. <http://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/vsm-value-stream-mapping/>

Martinez, A. M. (2014). Gestión por procesos de negocio: Organización horizontal. Mercader, J., Aragón, C., Barccelón, S., Carrero, C., Díaz de Atauri, P., Moreno, A., Morón, R., Nieto, P., Quintero, M., & Valdueza, M. D. (2008). Productividad y conciliación en la vida laboral y personal (Editorial Ariel (ed.); Primera ed). Fundación Telefónica.

Montalvo Larco, J. S. (2022). Presentación Proyecto MDO. Universidad de las Américas. <https://udla.brightspace.com/d2l/le/lessons/44313/topics/698255>.

Pardo Álvarez, J. M. (2017). Gestión por procesos y riesgo operacional. AENOR Internacional.

SOCCONINI PÉREZ GÓMEZ, L. V. Lean Manufacturing: paso a paso. ed. Barcelona: Marge Books, 2019.

Valdés Hernández, L. A. (Noviembre de 2003). MANUAL PARA LA DIAGRAMACIÓN DE PROCESOS.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Levantamiento de información de reprocesos en el mes de mayo del 2022

Levantamiento de Información de reprocesos en el mes de mayo del 2022								Ensamblamiento lateral del adoquín	Rebabas en la cara vista.	Rebabas en el asiento del adoquín	Fisuras en el asiento del adoquín	Fisuras en la cara vista del adoquín	Porosidad excesiva	Deformación cara vista del adoquín	Descamación cara vista del adoquín	Grava expuesta cara vista	Grava expuesta base
FECHA:	DIA:	BADES REPROCESO	UNIDADES OK	UNIDADES NOK	UNIDADES VIBRO PRENSADAS	% REPROCESO	% SCRAP										
5/2/2022	lunes	425	3850	18	4293	9.90%	0.42%	25	28	75	40	40	84	25	48	25	35
5/3/2022	martes	380	3875	18	4273	8.89%	0.42%	22	25	80	32	38	74	22	35	22	30
5/4/2022	miércoles	405	3505	25	3935	10.29%	0.64%	18	23	65	50	35	58	28	42	38	48
5/5/2022	jueves	404	3780	35	4219	9.58%	0.83%	32	27	78	66	22	65	17	22	30	45
5/6/2022	viernes	406	3450	25	3881	10.46%	0.64%	35	15	64	59	32	75	21	50	27	28
5/9/2022	lunes	486	3875	25	4386	11.08%	0.57%	33	39	94	68	37	86	27	35	31	36
5/10/2022	martes	490	3650	26	4166	11.76%	0.62%	38	35	120	78	34	60	25	24	27	49
5/11/2022	miércoles	435	3478	37	3950	11.01%	0.94%	32	30	98	63	38	70	26	38	25	15
5/12/2022	jueves	439	3485	40	3964	11.07%	1.01%	29	33	82	54	32	68	31	51	30	29
5/13/2022	viernes	460	3658	35	4153	11.08%	0.84%	38	24	60	45	50	105	22	32	49	35
5/16/2022	lunes	487	3458	45	3990	12.21%	1.13%	22	31	62	45	65	120	19	38	42	43
5/17/2022	martes	456	3900	26	4382	10.41%	0.59%	22	33	98	65	40	65	25	51	22	35
5/18/2022	miércoles	490	3756	24	4270	11.48%	0.56%	38	42	89	47	48	96	25	45	24	36
5/19/2022	jueves	495	3650	23	4168	11.88%	0.55%	35	38	82	44	44	99	28	52	30	43
5/20/2022	viernes	468	3670	22	4160	11.25%	0.53%	28	27	81	43	39	94	27	52	33	44
5/23/2022	lunes	445	3601	19	4065	10.95%	0.47%	24	27	104	44	36	72	28	46	28	36
5/24/2022	martes	487	3485	30	4002	12.17%	0.75%	32	27	82	38	50	99	28	53	29	49
5/25/2022	miércoles	435	3584	28	4047	10.75%	0.69%	25	32	66	49	45	81	27	45	33	32
5/26/2022	jueves	468	3408	32	3908	11.98%	0.82%	35	29	79	42	45	95	25	31	50	37
5/27/2022	viernes	478	3605	26	4109	11.63%	0.63%	35	32	85	42	48	92	29	47	30	38
5/30/2022	lunes	408	3947	21	4376	9.32%	0.48%	27	25	87	42	32	77	28	32	28	30
5/31/2022	martes	429	3845	18	4292	10.00%	0.42%	30	29	87	64	30	74	25	40	28	22
TOTALES		9876	80515	598	90989			655	651	1818	1120	880	1809	558	909	681	795
PROMEDIOS						10.87%	0.66%										

## Anexo 2. Análisis de reducción de costos de fabricación

SITUACIÓN ACTUAL						
Costo de Fabricación Adoquín 350 kg/cm <sup>2</sup> (ANTES DEL ESTUDIO)						0.2575
Nro. Rubro	unidad	Costo	Rendimiento	Costo Unit	Participacion %	
1 Arena gruesa de la zona (40%) MP	Volqueta 8 m3	110.00	4000.00	0.0275		
2 Grava de zona (60%) MP	Volqueta 8 m3	110.00	2666.67	0.0413	27%	
3 Cemento	Saco 50 kg	8.00	60.00	0.1333	54%	
4 Mano de Obra	Cuadrilla (6) / Mes	3300.00	80515.00	0.0410	17%	
5 servicios básicos	Mes	178.00	80515.00	0.0022	1%	
6 Costos Indirectos	Mes	5% * Costo Directos		0.0123	5%	
<b>Nota:</b> Considerando el 10.87 % de reprocesos						

HIPÓTESIS 1						
Costo de Fabricación Adoquín 350 kg/cm <sup>2</sup> (HIPÓTESIS 1 LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN)						0.2466
Nro. Rubro	unidad	Costo	Rendimiento	Costo Unit	Participacion %	% Mejora
1 Polvo Rosado de de la zona (70%) MP	Volqueta 8 m3	80.00	2285.71	0.0350		
2 Grava 1/4 de Quito (30%) MP	Volqueta 8 m3	140.00	5333.33	0.0263	25%	10.91%
3 Cemento	Saco 50 kg	8.00	60.00	0.1333	54%	0%
4 Mano de Obra	Cuadrilla (6) / mes	3300.00	86440.00	0.0382	15%	7%
5 servicios básicos	Mes	178.00	86440.00	0.0021	1%	7%
6 Costos Indirectos	Mes	5% * Costo Directos		0.0117	5%	4%
<b>Nota:</b> Considerando el 5 % de reprocesos						
Hipótesis 1 de reducción del costo.			4%			

HIPÓTESIS 2						
Costo de Fabricación Adoquín 300 kg/cm <sup>2</sup> (HIPÓTESIS 2 LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN)						0.2219
Nro. Rubro	unidad	Costo	Rendimiento	Costo Unit	Participacion %	% Mejora
1 Polvo Rosado de de la zona (70%) MP	Volqueta 8 m3	80.00	2285.71	0.0350		
2 Grava 1/4 de Quito (30%) MP	Volqueta 8 m3	140.00	5333.33	0.0263	28%	10.91%
3 Cemento	Saco 50 kg	8.00	72.00	0.1111	50%	17%
4 Mano de Obra	Cuadrilla (6) / mes	3300.00	86440.00	0.0382	17%	7%
5 servicios básicos	Mes	178.00	86440.00	0.0021	1%	7%
6 Costos Indirectos	Mes	5% * Costo Directos		0.0093	4%	24%
<b>Nota:</b> Considerando el 5 % de reprocesos						
Hipótesis 2, considerando la maquina dosificadora de Cemento			14%			