



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

***COMPARACIÓN DE COSTOS DE UN SISTEMA TRADICIONAL DE  
TARRAJEO Y MANEJANDO UNA REVOCADORA, UTILIZANDO LA  
METODOLOGÍA LEAN PARA PROPONER SOLUCIONES AL ALTO  
PORCENTAJE DE DESPERDICIO QUE GENERA EL USO DE  
REVOCADORA EN EDIFICIOS EN CAJAMARCA, 2017***

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Bach. Andree Aron Requelme Cholan

**Asesor:**

Ing. Gabriel Cachi Cerna

Cajamarca – Perú

2018

## APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Andree Aron Requelme Cholan**, denominada:

***“COMPARACIÓN DE COSTOS DE UN SISTEMA TRADICIONAL DE TARRAJEO Y MANEJANDO UNA REVOCADORA, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN PARA PROPONER SOLUCIONES AL ALTO PORCENTAJE DE DESPERDICIO QUE GENERA EL USO DE REVOCADORA EN EDIFICIOS EN CAJAMARCA, 2017”***

---

Ing. Gabriel Cachi Cerna  
**ASESOR**

---

Ing. Fanny Rita Valdivieso Garcia  
**JURADO**  
PRESIDENTE

---

Ing. Gabriel Carbonel Reyes  
**JURADO**

---

Ing. Jorge Canta Honores  
**JURADO**

## ÍNDICE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
INTRODUCCIÓN. ....	9
<b>CAPÍTULO 1. REALIDAD Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>11</b>
1. Realidad Problemática.....	11
2. Formulación del problema.....	13
3. Justificación.....	13
4. Limitaciones. ....	14
5. Objetivos. ....	14
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
1. Antecedentes .....	15
2. Bases teóricas.....	17
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>51</b>
1. Formulación de la hipótesis.....	51
<b>CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA.....</b>	<b>52</b>
1. Operacionalización de variables .....	52
2. Diseño de Investigación .....	52
<b>CAPÍTULO 5. INVESTIGACIÓN Y RESULTADOS .....</b>	<b>56</b>
1. Análisis de costos unitarios, costo directo y tiempos. ....	56
2. Caso Aplicativo: Muros en una vivienda. ....	67
3. Análisis de desperdicios mediante la herramienta A3-Lean Construction.....	71
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>CAPÍTULO 8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>79</b>

## ÍNDICE FIGURAS

<b>Figura N° 1:</b> Calor de hidratación de los componentes .....	24
<b>Figura N° 2:</b> “Resistencia de los componentes principales del concreto” .....	24
<b>Figura N° 3</b> “Cristales del cemento hidratado” .....	27
<b>Figura N° 4</b> “Formación de la pasta de cemento” .....	28
<b>Figura N° 5:</b> <i>Buguies</i> .....	41
<b>Figura N° 6:</b> <i>Badilejo</i> .....	41
<b>Figura N° 7:</b> Plancha de Tarrajeo .....	42
<b>Figura N° 8:</b> Muros de Vivienda.....	67
<b>Figura N° 9:</b> <i>Antecedentes uso de la revocadora</i> .....	71
<b>Figura N° 10:</b> Situación Actual de la empresa .....	72
<b>Figura N° 11:</b> <i>Objetivos a plantear en el trabajo</i> .....	72
<b>Figura N° 12:</b> <i>Análisis Causa y Espina de pescado. (5Ws)</i> .....	73
<b>Figura N° 13</b> <i>Situación Propuesta (Objetivos de Mejora)</i> .....	74
<b>Figura N° 14:</b> <i>Contramedidas del trabajo</i> .....	74
<b>Figura N° 15:</b> Responsables del trabajo.....	75
<b>Figura N° 16:</b> Seguimientos del trabajo.....	75

## ÍNDICE TABLAS

<b>Tabla N° 1:</b> “Abreviaturas de los óxidos del cemento” .....	22
<b>Tabla N° 2:</b> “Compuestos principales del cemento” .....	22
<b>Tabla N° 3</b> “Valores típicos de los compuestos de los diferentes tipos de cemento Portland” .....	25
<b>Tabla N° 4</b> “Clasificación según su procedencia” .....	30
<b>Tabla N° 5:</b> “Masas mínimas de las muestras para ensayos” .....	33
<b>Tabla N° 6</b> : Operacionalización de Variables I.....	53
<b>Tabla N° 7:</b> Operacionalización de variables II .....	54
<b>Tabla N° 8:</b> <i>Parámetros para Análisis Costo Unitario para Convencional</i> .....	56
<b>Tabla N° 9:</b> <i>Materiales para el análisis de costo unitario en convencional</i> .....	58
<b>Tabla N° 10:</b> <i>Mano de Obra para el análisis de costo unitario en convencional</i> .....	58
<b>Tabla N° 11:</b> <i>Mano de Obra para el análisis de costo unitario en convencional</i> .....	60
<b>Tabla N° 12:</b> <i>Mano de Obra para el análisis de costo unitario en convencional</i> .....	60
<b>Tabla N° 13:</b> <i>Parámetros para Análisis Costo Unitario para Revocadora</i> .....	62
<b>Tabla N° 14:</b> <i>Parámetros para Análisis Costo Unitario para Revocadora</i> .....	63
<b>Tabla N° 15:</b> <i>Mano de Obra para el análisis de costo unitario en revocadora</i> .....	64
<b>Tabla N° 16:</b> <i>Mano de Obra para el análisis de costo unitario en revocadora</i> .....	66
<b>Tabla N° 17:</b> <i>Mano de Obra para el análisis de costo unitario en convencional</i> .....	66
<b>Tabla N° 18:</b> Cuadro Muros Vivienda .....	68

## DEDICATORIA

A mi Dios, porque me guía por sus caminos que son los mejores y porque me da la fortaleza y sabiduría para cumplir mis metas trazadas, ya que todo lo puedo en Cristo que me fortalece.

A mi madre Marisol Raquel, porque en todo momento están conmigo, brindándome su amor y comprensión e inculcándome sabios consejos, para mi crecimiento espiritual y profesional.

A mis hermanos Haren y Izuan por su apoyo que me brindan cuando se lo solicite y porque sé que siempre desean lo mejor en mi vida.

A mis demás familiares y amigos porque en ellos encontré una mano que sostenía la mía cuando lo necesitaba y por todas las experiencias positivas y agradables que pasamos juntos.

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de investigación no hubiese tenido posibilidad de iniciarse y desarrollarse sin el valioso apoyo de personas y profesionales, quienes con su colaboración y apoyo están logrando llevarlo a buen término, A todos ellos esta nota de agradecimiento.

Agradezco a los Ingenieros y Docentes de la Universidad Privada del Norte, por su dedicación, y valoro su entrega y esfuerzo.

A mi asesor el Ing. Gabriel Cachi Cerna por su apoyo y asesoramiento en el desarrollo de esta tesis.

## RESUMEN

El presente trabajo explica sobre la comparación de costos en un tarrajeo tradicional y uno utilizando una revocadora. Para esto se tomará en cuenta la tesis de la Ing. Sherlay Fiona, la cual en su investigación midió los rendimientos utilizando esta revocadora y comparándola con un tarrajeo tradicional, es importante mencionar esta tesis, porque se tomará en cuenta estos valores de rendimiento para hacer un análisis más profundo de los costos. Se empezará primero con el análisis de costos unitarios de un tarrajeo convencional, para esto se toma en cuenta el formato establecido por la CAPECO, posterior, se realizará un análisis de costos unitarios introduciendo el uso de la revocadora. Finalmente se realizará el cálculo en unos muros a escala real para su mejor entendimiento del uso, estableciendo así una comparación más analista.

También a partir de esta medición, se va a realizar un análisis de los desperdicios generados por la utilización de la revocadora y medir mediante la herramienta A3 los factores que ocasionan ello y como mitigarlos o eliminarlos. Primero para dicho análisis, se tendrá en cuenta analizar los antecedentes que se tienen con el usos de la revocadora, luego la situación actual en donde se encuentra este problema, posterior se analizará los objetivos que se desea realizar con esta herramienta con ello se analiza la causa raíz y la situación propuesta; finalmente un plan de implementación con sus indicadores, fechas de evaluación y un seguimiento.

**PALABRAS CLAVE:** Tarrajeo, Revocadora, Desperdicio.

## ABSTRACT

The present paper explains the comparison of costs in a traditional tamish and one using a revocadora. For this, the thesis of Sherlay Fiona, who in her research measured the yields using this retractor and comparing it with a traditional tarrajeo, is important to mention this thesis, because these values of performance will be taken into account to make a deeper analysis of costs. It will first be started with the analysis of unit costs of a conventional tarrajeo, for this is taken into account the format established by the CAPECO, later, a unit cost analysis will be carried out introducing the use of the revocadora. Finally the calculation will be carried out on real-scale walls for a better understanding of the use, thus establishing a more analytical comparison.

Also from this measurement, an analysis of the wastes generated by the use of the reamer will be carried out and by means of tool A3, the factors that cause it and how to mitigate or eliminate them. First for this analysis, it will be taken into account to analyze the antecedents that have with the uses of the revocadora, then the current situation where this problem is, later will analyze the objectives that it is wanted to realize with this tool with which it is analyzed the root cause and the proposed situation; finally an implementation plan with its indicators, evaluation dates and a follow-up.

KEY WORDS: Tarnish, Revocadora, Waste.

## INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, el éxito en la contratación y ejecución de obras radica principalmente en tres conceptos fundamentales: el rendimiento, el costo del producto terminado evitando el exceso de pérdidas y la calidad de los trabajos. Los dos primeros se encuentran íntimamente relacionados, debido al hecho de que al aumentar el rendimiento decrece el costo o de que al aumentar el volumen de obra disminuye el costo unitario (**Botero, 2002**).

En Brasil según (**Arancibia, 2017**), se está utilizando máquinas especiales que maximizan la productividad en tarrajeos interiores, estas máquinas son robóticas, aún no se tiene un estudio real de este tipo de maquinarias pero si en la práctica. En el Perú se tiene un trabajo de investigación en la ciudad de Cajamarca, esta tesis es de la Ingeniera Sherlay Chilón Idrugo y fue publicado en el año 2015 en la Universidad Privada del Norte, en esta tesis se menciona una comparación de rendimientos entre el tarrajeo convencional y utilizando revocadora llegando a la conclusión que para el tarrajeo de manera convencional con una cuadrilla de un operario, un oficial y un peón se obtuvo un rendimiento promedio de 26.81 m<sup>2</sup>/día (incluyendo Pañeteo y Tarrajeo), en cambio para un tarrajeo utilizando revocadora con la misma cuadrilla se obtiene un rendimiento promedio de 70.72 m<sup>2</sup>/día (incluyendo Pañeteo y Tarrajeo).

En esta tesis el objetivo es calcular los costos a partir de estos rendimientos y determinar económicamente cuál de estos es más factible, y esto porque necesitamos a partir de aumentar los rendimientos hacer más económicamente una actividad para su posterior aplicación en obra. A veces se sigue la lógica de que al aumentar el rendimiento se hace más económica la obra, pero esto en algunas ocasiones no se cumple por la razón de que el uso de algunos equipos es muy costoso y porque el uso de este genera mucho más desperdicios que de manera convencional.

Para está análisis se concluyó que el costo con el método tradicional por m<sup>2</sup> es de S/. 21.17 y con revocadora es de S/. 15.26, con ello vemos que el costo al utilizar disminuye en un 27.91 %. En este caso sigue la lógica de que al aumentar el rendimiento se genere mayor costo, así el desperdicio sea de 15% utilizando revocadora comparado con 7% que es lo que se genera al utilizarlo de manera convencional.

Entonces nos hacemos la pregunta. ¿Qué hacer con este problema de desperdicio?, si bien es cierto el uso de revocadora genera menos costo al utilizarse -mejores rendimientos- pero produce mayores desperdicios, que si encontramos sus causas, podemos disminuir aún más estos porcentajes y así los costos al utilizar este equipo. Es por esto que en esta tesis también se utilizará la filosofía Lean para realizar este cálculo, específicamente la herramienta A3, que es una herramienta de toma de decisiones mediante una serie de análisis, para resolver problemas o mejoras en las actividades o procedimientos de una empresa, que está fundamentado en el Ciclo de Deming (PDCA). En esta tesis se buscará mejorar la actividad al utilizar la revocadora.

Con el uso de esta herramienta se pudo deducir que para utilizar la revocadora se debe de seguir una serie de capacitaciones a las personas encargadas y la utilización de una herramienta para guardar el desperdicio generado. Con ello podríamos disminuir el porcentaje del uso de este material.

## CAPÍTULO 1. REALIDAD Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1. Realidad Problemática.

Hoy en día, el sector de la construcción en Perú es una de las actividades económicas más importantes, ya que a lo largo de los años ha sido una unidad de medición del bienestar económico nacional, por su capacidad de generar empleo intensivo en mano de obra, ligado al desempeño de diversas industrias, a ello se debe su relevancia en la evolución de otros sectores y de las principales variables macroeconómicas (*Chag Breña, 2014*).

Pero que a la vez esto se ha venido en decrecimiento por las razones políticas y la situación que se vive en el País. En una entrevista en mayo de este año al director de la cámara de comercio el *Ing. Guido Valdivia*, dijo que el sector de construcción se encuentra en una situación inestable por los problemas que se tienen actualmente y que el sector construcción crecerá menos que la economía, pero finalmente crecerá con el tiempo.

Por ello en la actualidad, el éxito en la contratación y ejecución de obras radica principalmente en tres conceptos fundamentales: el rendimiento, el costo del producto terminado evitando el exceso de pérdidas y la calidad de los trabajos. Los dos primeros se encuentran íntimamente relacionados, debido al hecho de que al aumentar el rendimiento decrece el costo o de que al aumentar el volumen de obra disminuye el costo unitario (*Botero, 2002*).

Pero que es ¿Desperdicio?, desperdicio es todo uso ineficiente de materiales, equipos, trabajo o capital en la ejecución de una construcción en cualquiera de sus actividades, originando **costos adicionales que no agregan valor al producto**. Existen 7 tipos de desperdicios importantes que se generan en la construcción, tiempo

de espera, movimiento, procesamiento, sobreproducción, transporte, inventario y retrabajos, como se ve todos ellos generan pérdidas en los costos de una construcción. Según **(Arancibia, 2017)** en una investigación en construcciones en Chile se determinó que los retrabajos influyen en el 4% del costo de cualquier actividad, el tiempo de espera un 3% e inventarios también en un 3%. Según este autor también, en Brasil se hizo un estudio de 2 edificios, viéndose que los costos generados por los desperdicios en estos dos, hacían que se construya un edificio más con este dinero.

Razones suficientes para que se tengan investigaciones que conlleven al mejoramiento de rendimientos, costos, procesos constructivos en general; como por ejemplo la tesis que se utilizará en este trabajo, que compara rendimientos de un tarrajeo convencional y utilizando revocadora artesanal.

La tesis en mención es de la ciudad de Cajamarca y fue publicada en el año 2015, en ella se hace la medición de rendimientos en el tarrajeo de un edificio de 4 pisos más azotea, además de hacerse la medición de costos de manera somero; en esta tesis lo que se quiere, es hacer un análisis más exhaustivo de este proceso, específicamente cuando se usa la revocadora, utilizando además la metodología A3 para proponer soluciones en disminuir los desperdicios que se ocasionan en ambos procesos de tarrajeo, que son bien altos comparados a lo que indica la norma (5%), por ejemplo para el tradicional se llega a un 7% y con revocadora se llega a un 15%, según se menciona en dicha investigación. Lo que podemos predecir es que si utilizamos la herramienta A3 y la implementamos, los desperdicios excesivos en morteros pueden disminuir hasta un 5% o en el mejor de los casos a un 3%; en promedio una disminución del 12% en desperdicios de morteros en tarrajes de interiores en edificios.

## 2. Formulación del problema.

### General

- ¿Los precios unitarios generados con el uso de una revocadora son más económicos, que con el tarrajeo manual?

### Específico

- ¿La herramienta A3 propone soluciones para la disminución de desperdicios con el uso de la revocadora en tarrajesos?

## 3. Justificación.

El trabajo tiene como fin explicar que se pueden utilizar mecanismos artesanales en procesos constructivos que aumentan los rendimientos y por ende pueden disminuir los costos de dichas actividades, generando así mayor productividad en dichos proyectos.

Como ya se mencionó, a veces se sigue la lógica de que al aumentar el rendimiento se hace más económica la obra, pero esto en algunas ocasiones no se cumple por la razón de que el uso de algunos equipos es muy costoso y porque el uso de este genera mucho más desperdicios que de manera convencional. En este caso el uso del equipo si bien no es muy costoso, se genera bastante desperdicio en comparación con lo que establece la norma para un tarrajeo convencional, 15% comparado a 5%, de desperdicios respectivamente.

También el explicar una herramienta muy potente pero a la vez que se desconoce en nuestro ámbito y que puede ayudar a encontrar posibles soluciones a problemas en procesos constructivos, esta herramienta lleva como nombre A3 y se basa en la metodología Lean Construction. Esta herramienta se utilizará para ver primero las

causas que producen el alto % de desperdicios al utilizar revocadoras y finalmente las posibles soluciones que se puedan dar para disminuir este porcentaje.

#### **4. Limitaciones.**

La tesis se realizará de manera descriptiva, basándonos en una tesis que ha medido rendimientos en el uso de tarrajeo convencional y con revocadora.

El trabajo se basará en la ciudad de Cajamarca, por ende todos los costos de mano de obra, materiales y demás serán basados de esta ciudad.

El análisis A3, se realizará todo menos el seguimiento, ya que es un análisis descriptivo, pero se realizará un modelo de seguimiento para una posible utilización.

El análisis que se realizarán solo se hará en tarrajeo de interiores, sin considerar paños, derrames, aristas.

#### **5. Objetivos.**

##### **Objetivo General:**

Comparar los costos de un sistema tradicional de tarrajeo y utilizando una revocadora en la ciudad de Cajamarca

##### **Objetivo Específico:**

Plantear soluciones para disminuir el porcentaje de desperdicios en el tarrajeo con revocadora, utilizando la metodología LEAN.

Realizar el análisis de costos unitarios.

Realizar cotizaciones de precios.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.

### 1. Antecedentes

#### Antecedentes Internacionales:

Hoy en día el uso de máquinas se ha vuelto muy común en otros países como en EE.UU, donde por ejemplo se utiliza robots para la construcción de muros de ladrillo, colocación de barreras de una carretera, rompimiento de estructuras de concreto, realización de túneles de una manera rápida y con calidad, tal como lo muestra en su video **TechZone**, en donde se ve la facilidad y practicidad para realizar estos trabajos. (**TechZone, 2016**). Se hace mención que con la ayuda del Robot en la colocación de muros, se llega a 1000 ladrillos por hora, que si lo llevamos a rendimientos comparativos con nuestra realidad es 8000 lad/jornal. Según la CAPECO la colocación de ladrillos 360 lad/jornal (0.1 Capataz + 1 Operario +0.5 Peón); esto quiere decir que aumentaría al utilizar esta tecnología hasta en 22 veces su rendimiento.

En Brasil según (**Arancibia, 2017**), ya se está utilizando máquinas especiales que maximizan la productividad en tarrajeos interiores, estas máquinas son robóticas, aún no se tiene un estudio real de este tipo de maquinarias pero si en la práctica. Llegándose en algunos casos a tarrajear 400 m<sup>2</sup>/jornal que si lo comparamos con un tarrajeo normal, este puede llegar a 20 m<sup>2</sup>/jornal. Como se observa en este caso la utilización de estos Robots aumentan en la actividad de tarrajeo hasta 20 veces.

Se da cuenta en ambos antecedentes que el uso de nuevas tecnología aumentan los rendimientos de los trabajos, pero que en estos casos la compra o alquiler puede salir fuera del presupuesto

proyectado, por ende se necesita investigar alguna alternativa a estos robots, pero que al igual que ellos, aumenten los rendimientos en los trabajos en las obras, y que además sean de calidad.

### **Antecedentes Nacionales:**

Empresas han elaborado máquinas para el tarrajeo de una pared utilizando una tecnología que mejora los rendimientos de dichos trabajos, pero que el alquiler y la mano de obra son costosos. La empresa Teccilay ha elaborado una máquina que trabaja de manera rápida los tarrajeos, llegando en algunos casos 210 m<sup>2</sup>/día en tarrajeo pero como ya se mencionó son costosos.

En el Perú se tiene un trabajo de investigación en la ciudad de Cajamarca, esta tesis es de la Ingeniera Sherlay Chilón Idrugo y fue publicado en el año 2015 en la Universidad Privada del Norte, en esta tesis se menciona una comparación de rendimientos entre el tarrajeo convencional y utilizando revocadora llegando a la conclusión que para el tarrajeo de manera convencional con una cuadrilla de un operario, un oficial y un peón se obtuvo un rendimiento promedio de 26.81 m<sup>2</sup>/día (incluyendo Pañeteo y Tarrajeo), en cambio para un tarrajeo utilizando revocadora con la misma cuadrilla se obtiene un rendimiento promedio de 70.72 m<sup>2</sup>/día (incluyendo Pañeteo y Tarrajeo).

Además el costo que se obtuvo fue un costo obtenido fue de un 12.06% mayor, se hace mención que este valor es asumiendo una efectividad del 75% de la revocadora y no con un rendimiento real, en esta tesis se quiere calcularlo con un rendimiento real.

## 2. Bases teóricas

### 2.1. Tarrajeo:

Operación que consiste en dar un acabado uniforme a una superficie cualquiera revestida con mortero. **(UNACEN, 2017)**. Al tarrajeo también se le denomina revestimiento.

Denominado también como revoques, es el revestimiento de muros y cielos con una o varias capas de mezcla de arena fina y cemento, llamada mortero, y cuyo fin es el de emparejar la superficie que va a recibir un tipo de acabado tal como pintura o forro, dándole así mayor resistencia y estabilidad a los muros. Consiste en la aplicación de morteros o pastas, en una o más capas sobre la superficie de muros y tabiques, columnas, vigas o estructuras en bruto, con el fin de vestir y formar una superficie de protección y obtener un mejor aspecto en los mismos. Su unidad de medida es el m<sup>2</sup> (Chilón Idrugo, 2017)

#### Tipos de tarrajeo

- **Tarrajeo Interior:** Comprende aquellos tarrajeos constituidos por una capa de mortero que se aplica para obtener una superficie plana y acabada en el interior de una edificación. A veces se requiere el uso de Andamio. La unidad de medida es el m<sup>2</sup> **(Valle, 2014)**
- **Tarrajeo Exterior:** Comprende aquellos tarrajeos constituidos por una capa de mortero que se aplica para obtener una superficie plana y acabada en el exterior de una edificación. En la mayoría de veces se necesita la utilización de un andamio. La unidad de medida es el m<sup>2</sup> (Valle, 2014)

## Clases de tarrajeo

Según (*Chilón Idrugo, 2017*), las clases son:

- **Tarrajeo liso:** Se hace para obtener una superficie lisa y pareja. Se utiliza normalmente en espacios interiores como salas, comedores, alcoba y en exteriores, como fachadas y patios.
- **Tarrajeo rústico:** Se hace para obtener una superficie dispareja y se le da a ciertos tipos de superficies que van a quedar expuestas sin más recubrimientos. El revoque rústico puede tener diferentes modalidades como: el revoque rústico áspero, rústico asentado, rústico con gravilla, rústico guanteado. Se utiliza normalmente en patios, cielorrasos y fachadas.

## Materiales utilizados en Tarrajeo:

Los tipos de materiales que aquí se explican son los que se utilizarán para la realización del mortero, pero que más adelante se explicará de manera más detallada.

- **Cemento.** Se utilizará cemento Portland tipo I.
- **Arena.** En los revoques ha de cuidarse mucho la calidad de la arena, que no debe ser arcillosa. Será arena limpia y libre de materias orgánicas y sales.
- **Agua.** Elemento fundamental en la preparación del mortero, estando relacionado principalmente con la trabajabilidad de la mezcla. Ésta deberá ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que pueden ser nocivas.

- **Cal:** Material de construcción que se utiliza para mejorar algunas propiedades del mortero, por ejemplo la retentividad, adherencia entre otros. (Opcional)

## Proporciones

La dosificación es de 1:5, solo con cemento arena y utilizando adicional la cal es de 1:2:8. Las mismas que de la tesis que se utilizó para el estudio. Estas proporciones fueron determinadas con todas las características y normas que rigen en el Perú.

## 2.2. Análisis de Precio Unitario:

Según (**Delgado , 2017**), un análisis de precio unitario (APU) es un modelo matemático muy sencillo que estima el costo por unidad de medida de una partida. Por ejemplo la construcción de un muro cuesta S/315 /m<sup>2</sup>. Para estimar el costo se toman en cuenta los costos de los **materiales**, de los **equipos** y de la **mano de obra** que se requieren para ejecutar una unidad de partida.

**Materiales:** Según (Cachi, 2017), un material de construcción se define a los materiales como sustancias con cualidades útiles que pueden ser térmicas, mecánicas o de otra clase, que sirven para la construcción, reparación, mantenimiento de una edificación. Para la construcción de un mortero como ya se mencionó se utilizará:

- **Cemento:** El cemento es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión que permiten la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto.

### Tipos de cemento

### **Cemento Portland Tipo I**

De uso general, destinado a obras de concreto que no están sujetos al contacto de factores agresivos, como el ataque de sulfatos que existen en el agua o suelo, o a concretos que tengan un aumento cuestionable de la temperatura debido al calor generado durante la hidratación. Entre sus usos se incluyen pavimentos, pisos, edificios de concreto reforzado, puentes, estructuras para vías férreas, tanques y depósitos, mampostería, y otros productos de concreto reforzado.

### **Cemento Portland Tipo II**

Se usa en obras de concreto expuestas a la acción moderada de sulfatos, como ocurre en estructuras enterradas, en zonas de las concentraciones de esto, en las aguas freáticas, son mayores de lo normal, aunque no son demasiadas severas (Tabla 2). Este cemento genera moderado calor de hidratación lo que hace adecuado para estructuras de volumen considerable, como en pilas de gran masa, estribos grandes y muros de contención. Su empleo reducirá el aumento de la temperatura hecho muy importante al fundir concreto en climas cálidos. EL ataque de los sulfatos ocurre, porque uno de los componentes del cemento, denominado aluminato tricálcico ( $S_3A$ ), reacciona químicamente con los sulfatos presentes en el medio ambiente, formando un compuesto de mayor volumen, llamado sulfo-aluminato de calcio, el cual por ocupar más espacio, origina esfuerzos internos en la pasta de cemento que pueden llegar a desintegrarla. (**ASOCRETO, 2010**)

### **Cemento Portland Tipo III**

Desarrolla altas resistencias a edades tempranas, normalmente a una semana o menos. Su composición química difiere de un cemento tipo I, pero físicamente es similar al cemento tipo I, excepto que sus partículas han sido molidas más finamente. Se emplea cuando los encofrados deben ser removidos rápidamente o cuando se tenga que poner la estructura en servicio pronto.

#### **Cemento Portland Tipo IV**

Se recomienda para mantener al mínimo la velocidad y la cantidad del calor de hidratación. Desarrolla la resistencia a una velocidad muy inferior a los de los otros tipos. Se usa para estructuras de concreto masivo, como presas de gravedad grandes, donde el aumento de temperatura resultante en el transcurso del endurecimiento se tenga que conservar en el menor valor posible.

#### **Cemento Portland Tipo V**

Ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos y se emplea exclusivamente a concretos expuestos a acciones severas de estos, especialmente donde los suelos o aguas freáticas tengan alto contenido de sulfato. Su resistencia se adquiere más lentamente que la de un cemento tipo I. La tabla 2, describe la concentraciones de sulfato, en la que es necesario utilizar cemento portland tipo V. Este tipo al igual que los demás, no resiste el ataque de soluciones ácidas ni de otras sustancias altamente corrosivas.

El cemento a utilizar para el trabajo es el cemento portland Tipo I, que tiene un precio la bolsa de S/. 25.30 en la ciudad de Cajamarca.

#### **Propiedades del cemento**

El estudio de las propiedades del cemento, permite conocer algunos aspectos de su bondad como material cementante. Estas propiedades son de carácter químico, físico y mecánico y dependen del estado en el cual se encuentren

### Propiedades Químicas

El proceso de clinkerización del cemento involucra la transformación de las materias primas a productos más complejos, por medio de reacciones en estado sólido. Razón por la cual, la química del cemento frecuentemente emplea un modelo basado en abreviaturas para las formulas químicas de los óxidos más frecuentes, tal como se ilustra en la tabla 1. Los 4 compuestos principales del cemento se forman a partir de estos óxidos, son los que se enumeran en la tabla 2.

**Tabla N° 1: “Abreviaturas de los óxidos del cemento”**

FÓRMULA	NOMBRE	ABREVIATURA
CaO	Óxido de Calcio "cal"	A
SiO <sub>2</sub>	Dióxido de Sílice "Sílicato"	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de Aluminio "Aluminato"	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de Hierro "Hierro"	F

Adaptado de ASOCRETO, 2010

**Tabla N° 2: “Compuestos principales del cemento”**

NOMBRE	ABREVIATURA
Sílicato tricálcico	C <sub>3</sub> S
Sílicato dicálcico "	C <sub>2</sub> S
Aluminato tricálcico	C <sub>3</sub> A
Ferroaluminato tetracálcico	C <sub>4</sub> Af

Adaptado de ASOCRETO, 2010

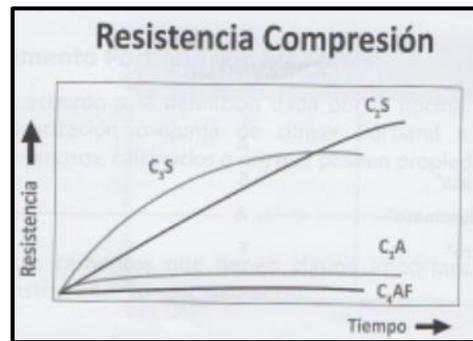
Estos compuestos se forman en el interior del horno, cuando la temperatura alcanza el punto en que la mezcla cruda se transforma en un líquido pastoso, que al enfriarse da origen a sustancias cristalinas de los primeros compuestos citados, rodeados por un material intersticial (espacio entre las células), que contienen  $C_4AF$  y otros elementos secundarios.

Estas composiciones, llamadas potenciales, no se presentan aisladas. Se puede hablar de “FASES” que las contienen en una gran proporción junto con algunas impurezas por lo cual no son verdaderos compuesto en el sentido químico, pero las proporciones calculadas de ellos revelan valiosa información, en cuanto a las propiedades del cemento.

De esta forma se habla de las fases: Alita, con alto contenido de  $C_3S$ , Belita, a base de  $C_2S$ , la aluminato, rica en  $C_3A$  y la ferrito, solución solida compuesta por ferritos y aluminatos de calcio. La Alita ( $C_3S$ ), es la fase principal de los Clinker-Portland y de ella dependen las características de desarrollo de resistencia mecánica; el  $C_3S$  reacciona rápidamente con el agua, endurece en corto tiempo y tiene alto calor de hidratación, de tal manera, que afecta el tiempo de fraguado (fragüe) y la resistencia inicial. La belita, es usualmente la segunda fase en importancia del Clinker y su componente principal es el  $C_2S$ , este reacciona lentamente con el agua, con un consecuente bajo calor de hidratación y una contribución al desarrollo de la resistencia a partir de 7 días.

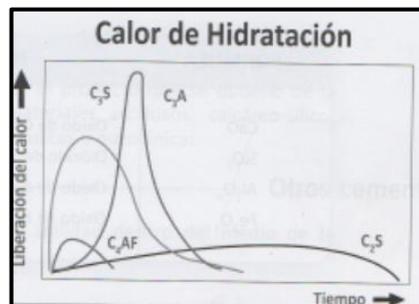
La figura 1, muestra esquemáticamente la contribución de los componentes principales del cemento, en calor de hidratación y la figura 2 en la resistencia a la compresión.

**Figura N° 1: Calor de hidratación de los componentes principales del cemento”**



Fuente: ASOCRETO

**Figura N° 2: “Resistencia de los componentes principales del concreto”**



Fuente: ASOCRETO

La fase belita (C<sub>2</sub>S) y la alita (C<sub>3</sub>S), determinan decisivamente el desarrollo de la resistencia y difieren entre sí en su tasa de endurecimiento y de liberación de calor de hidratación. El contenido de estas dos suma aproximadamente el 75% de cemento.

La fase aluminato, está constituida fundamentalmente por C<sub>3</sub>A; aunque no es un compuesto puro, sino más bien una solución sólida C<sub>3</sub>A con algo de impurezas de SiO<sub>2</sub> y MgO que reacciona rápidamente con agua, contribuye con calor alto de hidratación y a una alta resistencia inicial. Además, confiere al concreto, propiedades indeseables como cambios volumétricos y poca resistencia a la acción de los sulfatos, razón por la cual su contenido se limita entre 5 y 15% según el tipo de cemento.

Fuera de las fases principales citadas anteriormente, tabla 3, existen algunos compuestos o fases menores como cal libre (CaO), periclusa (MgO),  $TiO_2$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $K_2O$  y  $Na_2O$ , que generalmente no sobre pasan un pequeño porcentaje de la masa del cemento. Algunos de estos pueden presentarse puros, especialmente el CaO y el MgO, pero en general las fases no tienen una composición exacta, especialmente las más importantes, pueden todas estas están modificadas por solución sólida, ya sea de los óxidos comunes o de los compuestos menores. Dos elementos menores que revisten interés son:

El  $Na_2O$  y  $K_2OH$  (Soda caustica), conocido como álcalis, debido a que reaccionan con algunos agregados (áridos) creando productos que desintegran el concreto y afectan la velocidad con la que adquieren resistencia.

Finalmente, las cantidades efectivas de los diferentes tipos de compuestos varían considerablemente de un cemento a otro y realmente es posible obtener distintas clases de él agregando en forma proporcional los materiales correspondientes. En la tabla 3, se enumeran algunos valores típicos de la composición de los diferentes tipos de cemento.

**Tabla N° 3 “Valores típicos de los compuestos de los diferentes tipos de cemento Portland”**

CEMENTO	COMPOSICIÓN QUÍMICA EN %			
PORTLAND	C3S	C2S	C3A	C4AF
TIPO I	48	27	12	8
TIPO II	40	35	5	13
TIPO III	62	13	9	8
TIPO IV	25	50	5	12
TIPO V	38	37	4	9

Adaptado de ASOCRETO, 2010

Puede observarse que el cemento portland tipo II, se rebaja la cantidad de silicato tricálcico y del aluminato tricálcico, puesto que son los dos compuestos individualmente mayor calor de hidratación, en el cemento portland tipo IV se reducen, aun mas, los porcentajes de silicato tricálcico y aluminato tricálcico. Naturalmente la reducción del primer componente, hace que este cemento adquiera en forma lenta su resistencia mecánica.

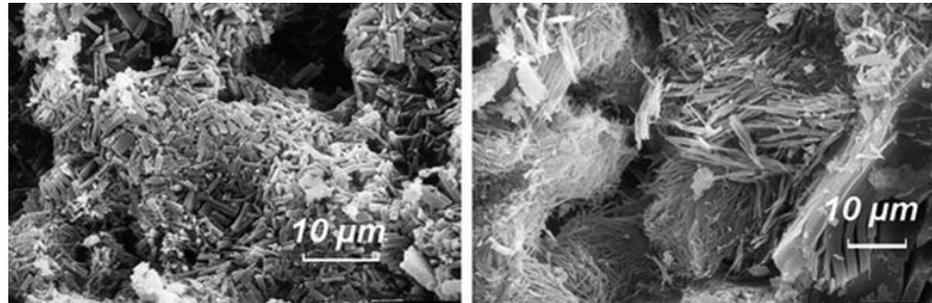
Pero el cemento portland tipo V, se hace una fuerte reducción de contenido sulfo-aluminato de calcio, para que cuando el concreto se ha atacado por los sulfatos, y evitar que la sustancia que se forma cuando esta endurecido, produzca su destrucción.

### Hidratación del cemento

La reacción mediante la cual el cemento portland en un agente de enlace, se genera por los procesos químicos responsables de la formación de compuestos durante la hidratación, las cuales originan propiedades mecánicas útiles en las aplicaciones estructurales. El cemento al entrar en contacto

con agua forma una pasta y se establece un desarrollo lento de estructuras cristalinas cementantes Fig N° 3.

**Figura N° 3 “Cristales del cemento hidratado”**



Fuente: Google

### **Formación de la pasta de cemento**

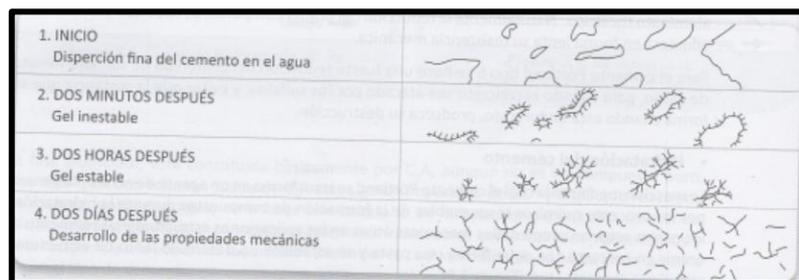
En términos generales puede decirse que se realiza como consecuencia de las reacciones químicas del cemento con el agua. Dependiendo de la composición del cemento y de las condiciones de hidratación (temperatura, humedad, etc) lo cual hace que la pasta sea un sistema dinámico que cambia con el tiempo formando un conjunto complejo de productos de hidratación.

En forma resumida, un gramo de cemento que tiene un diámetro medio aproximado a las 50 micras, después de cierto tiempo de estar en contacto con el agua, empieza a dar señales de actividad química en su superficie y aparecen cristales que van creciendo lentamente para formar una sustancia gelatinosa que los envuelve, llamada gel.

Inicialmente, este gel es inestable por poseer un porcentaje muy elevado de agua, pero al poco tiempo los compuestos cristalinos que necesitan agua para desarrollarse la absorben del gel, haciendo que este a medida que va perdiendo agua, se

transforme en uno estable, el cual es responsable en gran medida de las propiedades mecánicas de las pastas endurecidas. En la figura N°4 se presenta una descripción simplificada de formación de pasta de cemento. Son principalmente la reacciones de hidratación del Clinker, sumándose a ellas, las debidas a la presencia del sulfato de calcio del yeso, las adiciones activas (si las hay), la presencia de aditivos y compuestos menores. Pueden considerarse como principales reacciones de hidratación del Clinker, las correspondientes a los de los silicatos y aluminatos, que en este proceso liberan hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ).

**Figura N° 4 “Formación de la pasta de cemento”**



**Fuente: ASOCRETO**

Los cristales de monosilicato de calcio de hidratado y aluminatos hidratados se presentan alargados, prismáticos o en agujas. Estos se van entrelazando a medida que avanza el proceso de hidratación, dando lugar a una estructura que va a garantizar las resistencia de las pastas, morteros y concretos. Los espacios son ocupados principalmente por gel, hidróxido de calcio y agua.

En términos generales se pueden decir que a los 3 días de edad, el desarrollo de resistencia se debe a hidratación del C3S y C3A. A los 7 días, prácticamente por el aumento de hidratación del C3S, ya los 28 días, el incremento se debe

principalmente al C3S, con pequeña contribución del C2S. Finalmente, después de los 28 días el incremento se debe al C2S

- **Arena Fina:** Según (Cachi, 2017), los agregados son el mayor constituyente del concreto y mortero, generalmente componen más del 70 por ciento del material en un metro cubico de concreto y son los que hacen que este sea un material económico de construcción. En la elaboración de concreto de masa normal, usado en la mayoría de construcciones, los agregados frecuentemente son obtenidos de arenas naturales y de depósitos de grava. La fuente de los materiales debe estar localizada a una distancia del sitio de trabajo. Cada una de ellas puede variar en la mineralogía de sus componentes o las condiciones físicas de sus partículas, tales como la distribución de tamaños, la forma y la textura.

Los agregados son cualquier sustancia solida o partículas añadidas intencionalmente al concreto que ocupan un espacio rodeado por pasta de cemento, de tal forma, que en combinación con esta proporcionan resistencia mecánica, al mortero o concreto en estado endurecido y controlan los cambios volumétricos que normalmente tienen lugar durante el fraguado del cemento, así como los que se producen por las variaciones en el contenido de humedad de las estructuras.

La calidad de los agregados está determinada por el origen, por su distribución granulométrica, densidad, forma y superficie. Se han clasificado en agregado grueso y agregado fino, fijando un valor en tamaño de 4,76 mm (**N° 04**) a 0.075 mm (**N° 200**) para el fino o arena y de 4,76 mm en adelante para el grueso.

## **Clasificación de los agregados**

La clasificación de los agregados para concreto, generalmente se hace desde el punto de vista de su procedencia, tamaño y densidad.

### ***Según su Origen***

Pueden ser naturales o artificiales. Los agregados naturales se obtienen de la explotación de depósitos de arrastres fluviales( arenas, gravas de ríos), o glaciares(cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales. Los agregados artificiales son las que se obtienen a partir de procesos industriales, tales como, arcillas expandidas, escorias de alto horno, Clinker, etc.

### ***Según su tamaño***

La forma más empleada para clasificar los agregados naturales es según su tamaño, el cuál varía desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros en sección transversal. La distribución de tamaños se conoce con el nombre de granulometría. Como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla N° 4 “Clasificación según su procedencia”**

Tamaño De Las Partículas en mm (Tamiz)	Denominación corriente	Clasificación como agregado para concreto
<0.002 0.002-0.074 <b>(N° 200)</b>	Arcilla Limo	Fracción Muy Fina
0.075-4.76 <b>(N° 200-N° 4)</b>	Arena	Agregado Fino
4.76-19.1 <b>(N° 4- ¾")</b>	Gravilla	Agregado Grueso
19.1-50.8 <b>(¾"- 2")</b>	Gra va	
50.8-152.4 <b>(2"- 6")</b>	Piedra	
>152.4 <b>&gt;6"</b>	Rajón De Piedra Bola	

Fuente: ASOCRETO, 2010

### Propiedades de agregados

Depende en gran parte de la calidad de la roca madre de la cual procede, por lo que para su evaluación el examen petrográfico es la gran utilidad. Sin embargo, es posible conocer sus propiedades por medios de ensayos de laboratorios, determinados por organismos normalizadores, tales como el ASTM.

## Criterios para la elección de los agregados

Debido a las propiedades de los agregados empleados en la elaboración de concreto afectan a las características de este, es importante seleccionarlos cuidadosamente. Teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- ✓ **Carácter de trabajo**, las condiciones que se deben cumplir los agregados para presas de concreto, son diferentes a las que se usan para pavimentos en este material, en las presas, las propiedades importantes del agregado son las que tienen efecto en el contenido de agua de la mezcla y las propiedades térmicas del concreto resultante. En pavimentos, la resistencia a la flexión es lo más importante por lo cual la forma de las partículas es lo relevante.
- ✓ **Condiciones climáticas**, especial atención debe prestar a la mineralogía y solidez de los agregados usados en concreto colocados en medios ambientes agresivos, con el objetivo de prevenir problemas de rompimiento o deterioración.
- ✓ **Factores que afectan la durabilidad**, en las condiciones de abrasión y erosión severas, son los agregados que proporcionan la resistencia y no la matriz de cemento, por lo cual en estructuras hidráulicas i de drenaje, las características más importantes de ellos son la dureza, forma de partículas granulometría.
- ✓ **Economía**, Los factores de costo como efecto del costo del agregado sobre el precio del concreto, sobre los costos de construcción, costo de mantenimiento entre otros.

## Toma de muestras y recepción

El muestreo se define como la operación de remoción de una parte conveniente en tamaño para el ensayo, de un todo que es de un volumen mucho más grande, de forma tal que la proporción y distribución de las calidades a ser ensayadas son las mismas en la parte removida y el volumen total. La norma ASTM D75 expone algunas técnicas para el muestreo que son efectivas para asegurar que las muestras de ensayo de agregados sean representativas del suministro de volumen del cual son obtenidas.

**Tabla N° 5: “Masas mínimas de las muestras para ensayos”**

<b>Tamaño Máximo (mm.)</b>	<b>Masa mínima (kg)</b>
<5	13
5-25	25
>25	50

**Fuente: ASOCRETO, 2010**

Como se ve en la tabla 5, la muestra puede ser bastante grande, especialmente cuando es necesario conocer las propiedades del agregado grueso, de modo que es necesario reducirla antes del ensayo. En todas las etapas de reducción es preciso retener el carácter representativo de la muestra, con el objeto de que la ensayada, tenga las mismas propiedades de la principal. Existen 3 formas de reducir el tamaño de la muestra, la cual en este texto nos interesa la de partición por cuartos. **(ASOCRETO, 2010)**

**Partición por cuartos:** La muestra principal se mezcla hasta que tenga aspecto uniforme, en el caso de agregado fino se

humedece para evitar la segregación. El material se amontona en forma de cono y a continuación se revuelve con una pala para formar de nuevo un cono. Esto se repite dos veces, depositando siempre el material en la cúspide del cono, de modo que la caída de partículas se distribuya uniformemente sobre la circunferencia de la base, luego se aplanan el cono, y dividirlo en cuartos. Se descartan dos opuestos, para que los otros dos formen la muestra, o si todavía es demasiado, se reduce nuevamente mediante una partición. **(ASOCRETO, 2010)**

### **Propiedades químicas**

Las exigencias químicas que se deben hacer a los agregados para evitar su reacción en la masa del concreto, son las de evitar sustancias presentes agresivas y componentes geológicos o mineralógicas agresivas, entre las cuales la más frecuente parece ser la sílice activa.

- ✓ **Epitaxia**, la única reacción química favorable de los agregados, conocida hasta el momento, es la llamada epitaxia. De menor adherencia entre ciertos agregados calizos y la pasta del cemento, a medida que transcurre el tiempo.
- ✓ **Reacción álcali-agregado**, la sílice activa, presenta en algunos agregados, reaccionan con los álcalis del cemento produciendo expansiones, destrucción de la masa y pérdida de características resistentes. Las rocas que por lo general la contienen son las silíceas, como el pedernal (Mineral perteneciente a la Silex-Color negro), calizas y dolomitas (Mineral compuesto de Carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y Magnesio); y las volcánicas ácidas a

intermedias, como las riolitas (Roca Ígnea que contiene feldespatos, cuarzo), latitas (Rocas Volcánicas-con Feldespatos potásicos), etc. Para detectar la presencia de **SÍLICE** es necesario efectuar ensayos de reactividad potencial.

### **Propiedades físicas**

Las propiedades de los agregados están definidas por las características tanto de las partículas individuales como por las características del material combinado. Estas propiedades pueden describirse a su vez según sus características física, químicas y mecánicas.

Las propiedades físicas que tienen mayor importancia en el comportamiento mecánico de las mezclas del concreto son: granulometría o gradación, densidad, porosidad, masa unitaria o forma y texturas de las partículas.

### **Forma y textura superficial de las partículas**

La forma de las partículas individuales de los agregados, determinan como podrá aglomerarse el material para obtener una configuración densa así como la movilidad de las piedras dentro de una mezcla. A la hora de juzgar el material, hay que tener presente dos consideraciones: la angularidad y la foliación. La trituración de rocas produce partículas angulares con esquinas afiladas. Debido a la meteorización, las esquinas de las partículas se rompen creando partículas sub-angulares. Cuando las partículas dan vueltas al ser arrastrados por el agua, las esquinas pueden volverse completamente

redondeadas. Generalmente, las partículas de agregado angular dan lugar a capas de materiales con mayor estabilidad que las redondeadas, dado que su forma hace más complicado que puedan deslizarse. La foliación describe la relación entre las dimensiones más pequeñas y más grandes de las partículas del agregado.

La rugosidad de la superficie de las partículas desempeña un papel importante en la forma en que el agregado se compacta y se fija con el material aglomerante. Los agregados con una textura rugosa son más difíciles de compactar para que adopten una configuración densa que los agregados suaves. Normalmente, la textura rugosa mejora la capacidad de aglomeración e incrementa la fricción entre las partículas. Por regla general, la arena y la grava naturales tienen una textura suave mientras que los agregados obtenidos por trituración una textura rugosa.

Para preparar concreto de cemento portland, es deseable utilizar partículas de agregados redondeadas y suaves, para facilitar el trabajo con el hormigón fresco durante las operaciones y mezcla. Sin embargo, es más aconsejable emplear partículas angulares y rugosas en el concreto asfáltico y para las bases de cimentación, con el fin de incrementar la estabilidad de los materiales una vez colocados en su lugar

### **Tenacidad, dureza y resistencia a la abrasión**

La capacidad de los agregados para resistir el efecto dañino de las cargas está relacionada con la dureza de las partículas del

agregado y se describe mediante la tenacidad o la resistencia a la abrasión. El agregado debe resistir ala trituración, la degradación y la desintegración. Cuando se acumula formando montones, cuando se mezcla para obtener concreto de cemento portland, cuando se coloca y compacta o cuando se ve sometido a cargas.

La prueba de abrasión Los Angeles (ASTM C131), evalúa la tenacidad y la resistencia a la abrasión de los agregados. En esta prueba, una muestra de agregados mezclados con una distribución de tamaño fijo se coloca en un gran tambor de acero con bolas de acero de tamaño estándar que actúan como carga abrasiva. El tambor se hace girar normalmente durante 500 revoluciones. Después, el material se extrae de la máquina y se pasa a través de un tamiz que retiene todo el material original. El porcentaje de pérdida de peso será el número de abrasión LA. Este ensayo es una prueba empírica que no posee base científica.

### **Absorción**

Aunque los agregados son inertes, pueden capturar agua y aglomerantes asfálticos en los huecos superficiales. La cantidad de agua que absorbe el agregado es importante en el diseño del concreto de cemento portland, ya que la humedad capturada en los huecos del agregado no estará disponible para mejorar la facilidad de trabajar el concreto y para reaccionar con el cemento. La absorción también es importante para el concreto asfáltico, ya que el asfalto absorbido no estará disponible para actuar como aglomerante. Por tanto, los agregados altamente absorbentes requieren mayores cantidades de aglomerante asfáltico, lo que resulta que la mezcla sea menos económica.

Existen 4 condiciones de humidificación para una partícula de un agregado. Completamente seca quiere decir que el agregado no contiene ninguna humedad, cuando el agregado esta secado al aire puede contener algo de humedad pero el estado de saturación no está cuantificado. En una condición de saturación con superficie seca (**SSD**), los huecos del agregado están llenos de humedad pero el área superficial principal de las partículas del mismo está seca.

La absorción se define como la humedad contenida en la condición **SSD**.

### **Gravedad específica**

Las características de peso-volumen de los agregados no son un indicador importante de la cualidad del agregado, pero sin que son importantes en el diseño de mezclas de concreto. La **densidad**, la masa por unidad de volumen, podría utilizarse para estos cálculos. Sin embargo, la gravedad específica, la densidad de un material dividida entre la densidad de un volumen igual de agua destilada, se emplea más comúnmente.

### **Granulometría y tamaño máximo**

La granulometría describe la distribución de tamaños de las partículas del agregado. Esta distribución es un atributo importante de los agregados. Los agregados de gran tamaños son económicamente ventajosos en el concreto de cemento portland y el concreto asfáltico; ya que poseen menor área superficial y, por tanto, requieren menor aglomerante. Sin embargo, las mezclas del agregado grueso, ya sean de concreto asfáltico o de concreto de cemento portland son mas toscas y es más difícil trabajar con ellas en el punto de

colocación. Por tanto, una serie de consideraciones de construcción, como la capacidad de equipos, las dimensiones de los elementos constructivos, el espacio disponible entre los elementos de la armadura de acero y el espesor de capas, limitan el tamaño máximo de las partículas del agregado.

Se utilizan 2 definiciones para describir el tamaño máximo de partícula en mezclas de agregados.

**Tamaño máximo del agregado:** Es el tamaño del tamiz más pequeño a través del cual puede pasar el 100% de las partículas de la muestra del agregado.

**Tamaño máximo nominal del agregado:** Se define como un número más del primer tamiz que puede retener el 10% del material.

### **Análisis granulométrico:**

La granulometría del agregado se evalúa haciéndole pasar a través de una serie de tamices. Los tamices retienen todas las partículas que sean más grandes que los agujeros, mientras que las partículas más pequeñas pasarán a través del mismo.

Los resultados del análisis granulométrico se describen mediante los porcentajes acumulados de agregados que pasan a través de, o que son retenidos por un tamaño de tamiz específico. Los porcentajes se redondean al número entero más próximo, salvo si el porcentaje que pasa el tamiz de 0.075 mm (N°200) es inferior al 10%, en cuyo caso se redondea al múltiplo del 0.1% más próximo.

Los resultados se dibujan en una gráfica semi-logarítmica. En lo siguiente se muestra una tabla que muestra los tamices con su abertura que se utilizan en un ensayo granulométrico.

### **Módulo de Finura**

El módulo de finura es una medida de la granulometría de los agregados y se utiliza principalmente en el diseño de mezclas de concreto de cemento portland. El módulo de finura es igual a la centésima parte de la suma del porcentaje de peso acumulado retenido en los tamices de 0.15 mm, 0.3 mm, 0.6 mm, 1.18 mm, 2.36 mm, 4.75 mm, 9.5 mm, 19 mm, 37.5 mm, 75 mm y 150 mm (N° 100, 50, 30, 16, 8 y 4

Según hemos podido analizar, el agregado a utilizar esta dentro de los tamices N°4 (4.75 mm.) y N°200 (0.075 mm.), con un módulo de finura que puede estar entre 1.7 y 2.0.

**Equipos y herramientas:** Según (Cachi, 2017), un equipo es aquel elemento compuesto de poleas, palancas que funciona con elementos de combustión y sirven para cualquier actividad Industrial o Civil; mientras que una herramienta es todo aquel elemento que mejora o ayuda las actividades del hombre. Dentro de la tesis se encuentra las siguientes:

**Buguie:** *Elemento pequeño que se compone de una rueda y un armazón que sirve para transportar cualquier tipo de material o herramientas.*

**Figura N° 5: Buguies**



**Fuente: Google, 2017**

**Badilejo:** Herramienta de albañilería para extender el Yeso, cemento o cualquier aglomerante en las superficies.

**Figura N° 6: Badilejo**



**Fuente: Google, 2016**

**Plancha de tarrajeo:** Aquella herramienta que sirve para emparejar una superficie de trabajo que se halla trabajo con algún aglomerante. En este caso el tarrajeo.

**Figura N° 7: Plancha de Tarrajeo**



**Fuente:** Google, 2017

**Revocadora:** Es un equipo compuesto de una soplete unido por una manguera a un depósito donde se guarda material. Esto para que al accionar el soplete el material salga a presión y comience a tarrajear.

**Fotografía N° 1: Compresor de aire**



**Fuente:** Chilón, 2015

**Fotografía N° 2: Revocadora**



**Fuente: Chilón, 2015**

- **Método utilizando una revocadora**

Este método puede ser empleado en el tarrajeo de interiores que incluyen muros, cielos rasos y derrames. Su sistema se basa en el uso de un instrumentos llamado revocadora, como se verá más adelante, este trabajo realiza mejores rendimientos minimizando así costos y tiempos en las obras. (Chilón Idrugo, 2017)

- **Procedimiento constructivo con revocadora**

Según (Chilón Idrugo, 2017), el procedimiento es el siguiente:

- ✓ Preparación de la mezcla de mortero bajo las especificaciones técnicas requeridas.
- ✓ Llenado del dispensador con la mezcla de mortero.
- ✓ Aplicación del mortero en el elemento de forma ascendente.
- ✓ Eliminación del excedente de mortero con la regla.

**Fotografía N° 3: Aplicación del mortero con la revocadora**



**Fuente: Chilón, 2015**

**Fotografía N° 4: Aplicación del mortero de forma ascendente**



**Fuente: Chilón, 2015**

**Mano de Obra:** Según (Cachi, 2017), la mano de obra viene hacer los trabajadores que realizan cualquier trabajo de infraestructura civil, obviamente estos están dentro del régimen de construcción civil. Los trabajadores que están dentro del régimen de construcción civil son **operario, oficial y peón**. El capataz es considerado como un operario en cuestión de pagos, pero está encargado de manejar todo el trabajo de la obra, se hace mención a él, ya que no se encuentra dentro del régimen de construcción civil, pero se lo considera dentro de un análisis de costos unitario.

### 2.3. Lean Management:

Sistema de gestión de las actividades de diseño y desarrollo de productos, producción, administración, proveedores, servicio al cliente y planificación, tal como se llevan a cabo en el sistema de producción de Toyota Comparado con los métodos tradicionales de producción a gran escala, este sistema requiere (mucho) menos tiempo, consumo de recursos, actividades, capital y espacio para producir productos con menos defectos y en una variedad más amplia. **(Casanovas, 2016)**

De estas parten varias ramas, una de ellas es el Lean Construction, que fue creada en 1992 por Koskela y es aplicado en la construcción. Lean Construction, es un enfoque dirigido a la gestión de proyectos de construcción y diseño, este enfoque maximiza el valor y minimiza las pérdidas de los proyectos, mediante la aplicación de técnicas conducentes al incremento de la productividad de los procesos operacionales, de diseño y construcción en algún proyecto civil. **(Casanovas, 2016)**

Para poder medir y evaluar lo anteriormente mencionado se utilizan herramientas como el DMAIC, 8D, A3 entre otros. Para este trabajo se utilizará la metodología A3, está es una herramienta de toma de decisiones mediante una serie de análisis, para resolver problemas o mejoras en una empresa, que está fundamentado en el Ciclo de Deming (PDCA). Se llama A3 porque se recoge en una hoja tamaño A3 (ver figura 01) y su uso permite desarrollar e implantar dentro de la organización la cultura y filosofía de mejora continua Lean. **(Casanovas, 2016)**

**Herramienta DMAIC:** DMAIC, es una metodología desarrollada por Motorola a principios de los 90's, la primer letra "D" fue agregada por General Electric, la cual comprende una estrategia

de 5 pasos estructurados de aplicaciones generales. Six Sigma consiste en la ejecución constante de proyectos de mejora siguiendo la metodología conocida como DMAIC. (USON, 2017)

Para poder establecer esta metodología, define los objetivos del proyecto, define los requerimientos críticos para el cliente, documenta el proceso (crea un mapeo del mismo), crea la definición más fácil de entender de dicho problema, construye al equipo efectivo.

**Herramienta 8D:** Las 8D son una metodología que permite a los equipos trabajar juntos en la resolución de problemas, usando un proceso estructurado de 8 pasos que ayuda a focalizarse en los hechos y no en las opiniones. Se denomina 8D porque son 8 disciplinas o hábitos que los grupos deben poner en práctica si quieren resolver exitosamente los problemas.

Las 8D disciplinas son:

- **Disciplina 1:** Construir el equipo, reúna un pequeño grupo de personas con la mezcla correcta de habilidades, experiencia y autoridad para resolver el problema e implementar las soluciones. Asegúrese que esas personas tienen el tiempo y la inclinación para trabajar en pos de un objetivo común.
- **Disciplina 2:** Describir el problema, ¿Cómo podemos arreglar algo si no sabemos qué es lo que no funciona? Cuánto más clara la descripción, más posibilidades de resolverlo. Debe ser específico y cuantificar lo más posible. Le recomendamos utilizar herramientas tales como 5W2H.

- **Disciplina 3:** Implementar una solución provisoria, ¿Qué tipo de “curita” puede usar hasta saber qué es lo que realmente está causando el problema? Implemente una solución provisoria y monitoree el impacto para asegurarse que las cosas no empeoran.
- **Disciplina 4:** Eliminar la causa raíz, puede haber muchas sospechas sobre la causa del problema, pero usualmente sólo unas pocas “culpables”. La clave es descubrir cuál o cuáles. Es importante utilizar herramientas estadísticas e indicadores para evitar las opiniones y basarse en datos lo más objetivos posible.
- **Disciplina 5:** Verificar la acción correctiva ahora ya sabe qué está causando el problema. ¿Qué hará para arreglarlo? Pruebe para estar seguro de que las correcciones planificadas no tienen efectos no deseados. Si es así, ¿hay correcciones complementarias que los eliminan?
- **Disciplina 6:** Implemente una solución, permanente hora sí. Implemente las soluciones principales y complementarias y monitoree para asegurarse que todo funciona. Sino, vuelva atrás y pruebe de nuevo.
- **Disciplina 7:** Evitar que el problema se repita, si hizo todo este proceso, no querrá que el tema aparezca nuevamente. Prevenga que eso suceda actualizando todo lo relacionado al proceso: especificaciones, manuales de entrenamiento, procedimientos de control de errores, comunicación, etc.
- **Disciplina 8:** Celebrar el éxito, el equipo es quien logró el resultado. Entonces es hora de festejar: comuníquelo al resto de la organización y reconozca el esfuerzo. Replique los aprendizajes en otras áreas de la organización.  
Por último, vale la pena recordar algunos puntos
- La clave de la metodología de las 8D es focalizarse en hechos y no en opiniones.

- Ser lo suficientemente disciplinados para seguir el proceso paso a paso.
- Recordar que los resultados de un buen equipo son mayores a las posibilidades individuales. (Perez, 2008)

### **Herramienta A3:**

El Informe A3 es una herramienta de gestión clave que forma parte del sistema de producción de Toyota TPS. Es una herramienta de toma de decisiones y a la vez es el proceso de resolución de problemas, que está fundamentado en el Ciclo de Deming (PDCA).

Se llama A3 porque se recoge en una hoja tamaño A3 y su uso permite desarrollar e implantar dentro de la organización la cultura y filosofía de mejora continua Lean. La estructura de un informe A3 es simple: Se trata de un modelo estándar que se estructura en una serie de apartados. Se lee de arriba abajo, primero la columna de la izquierda y después la de la derecha. El informe A3 comienza con un profundo conocimiento de la situación actual.

Un informe A3 debe contener los siguientes puntos:

#### **1. Antecedentes.**

¿Cuál es el contexto estratégico y operacional para entender el problema?

¿Cuál es el motivo para la elección de este problema?

¿Qué indicador específico necesita ser mejorado?

#### **2. Situación Actual.**

Observa el proceso en su contexto actual.

Mapea el proceso actual.

Cuantifica la magnitud del problema.

#### **3. El análisis de las causas.**

Realiza el análisis detallado de los problemas y sus causas empleando la técnica de la **espina de pescado** y los 5 **Por qué**.

Pondero o indicó los problemas principales o principal.

#### **4. Objetivos de mejora**

Establece los objetivos concretos de mejora que deberán estar alineados con la estrategia operativa de la compañía.

#### **5. Acciones de mejora.**

Involucra a las personas afectadas, recoge sus ideas.

Desarrolla las posibles medidas a aplicar.

Genera un consenso sobre cuáles son las mejores soluciones.

Diseña las medidas específicas a aplicar:

Documentar una condición de destino.

Estimar los resultados deseados a nivel cuantitativo.

#### **6. El plan de acción.**

Desarrolla el plan de acción con las contramedidas detalladas, determinando responsables, que se espera obtener con cada medida y la fecha prevista de inicio y fin.

Determina los indicadores de evaluación de la implantación del evento de mejora.

#### **7. Seguimiento de los resultados.**

Desarrolla el plan de acción tal cual se ha diseñado.

En la fecha especificada en el plan de seguimiento, mide los resultados de la ejecución y documéntalo.

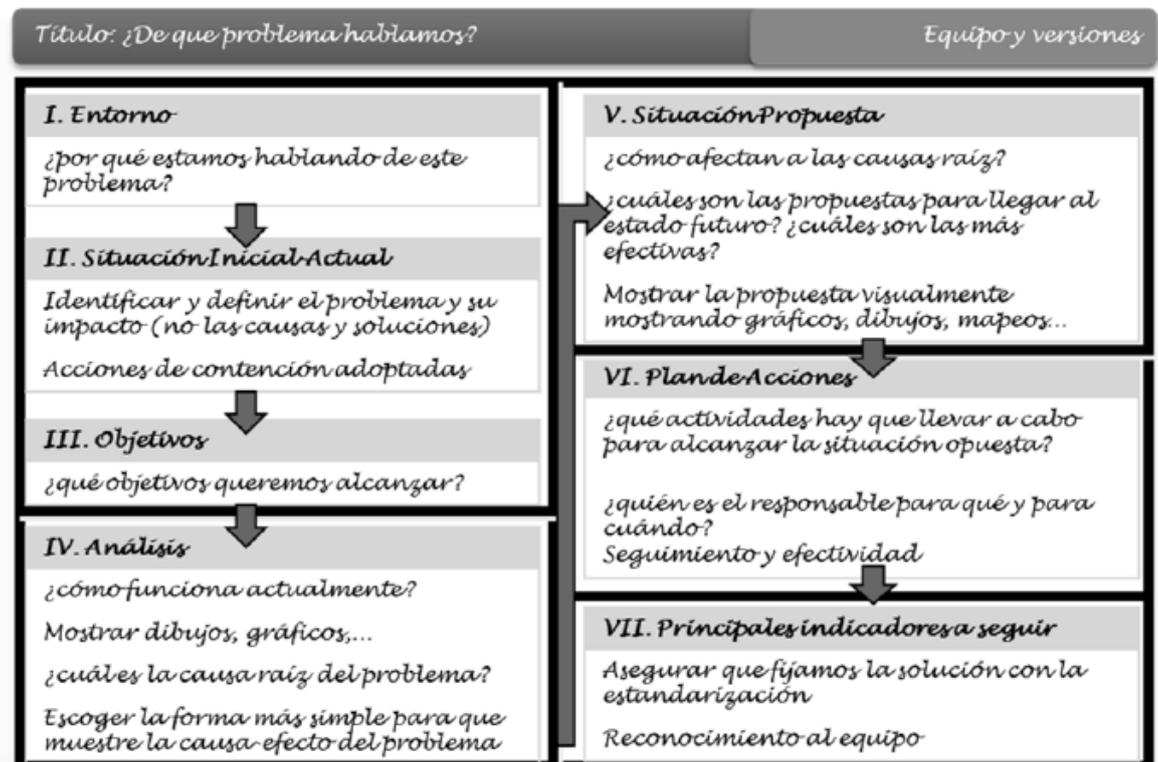
Si los resultados obtenidos difieren de los esperados investiga por qué. Aplica las contramedidas que permitan obtener los resultados previstos. ¿Cada problema requiere tener que desarrollar un Informe A3?. La respuesta es no.

Sólo si la causa raíz del problema es demasiado evidente y se necesita un único recurso para implementar una contramedida (incluso si no hay un estándar definido) no sería necesario el desarrollar un Informe A3.

En el resto de los casos recomendamos la realización del Informe A3 para asegurar que se analizan convenientemente los problemas, identificando sus causas raíces y se plantean las soluciones consensuadas, que generen un mayor impacto desde la perspectiva del valor añadido a los clientes.

En resumen el A3 es una herramienta de toma de decisiones mediante una serie de análisis, para resolver problemas o mejoras en las actividades o procedimientos de una empresa, que está fundamentado en el Ciclo de Deming (PDCA). Se llama A3 porque se recoge en una hoja tamaño A3 (ver figura 01) y su uso permite desarrollar e implantar dentro de la organización la cultura y filosofía de mejora continua Lean. Para su mayor comprensión dejamos un esquema de un A3 y que se utilizará para esta tesis.

### Esquema N°01: Herramienta A3 de evaluación



Fuente: Universidad Politécnica de Cataluña, 2016

## **CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS**

### **1. Formulación de la hipótesis.**

#### **Hipótesis general**

El precio unitario utilizando una revocadora en tarrajeo de interiores es más económica en un 10% con respecto al precio unitario de un tarrajeo de manera tradicional.

#### **Hipótesis específicas**

La herramienta A3 propone soluciones que disminuyen los desperdicios utilizando revocadora en tarrajes.

## CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

### 1. Operacionalización de variables

Ver Tabla N° 01 y 02.

### 2. Diseño de Investigación

La presente investigación ha sido realizada siguiendo el método descriptivo e histórico, **puesto** que solo se está basando en teorías ya determinadas y analizadas en investigaciones pasadas.

Tabla N° 6 : Operacionalización de Variables I

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTO	
COMPARACIÓN DE COSTOS DE UN SISTEMA TRADICIONAL DE TARRAJEO Y MANEJANDO UNA REVOCADORA, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN PARA PROPONER SOLUCIONES AL ALTO PORCENTAJE DE DESPERDICIO QUE GENERA EL USO DE REVOCADORA EN EDIFICIOS EN CAJAMARCA, 2017	¿Los precios unitarios generados con el uso de una revocadora son más económicos, que con el tarrajeo manual?	El precio unitario utilizando una revocadora en tarrajeo de interiores es más económica en un 10% con respecto al precio unitario de un tarrajeo de manera tradicional.	TARRAJEO CON REVOCADORA	Tarrajeo es aquella operación que consiste en dar un acabado uniforme a una superficie cualquiera revestida con mortero. <b>(UNACEN, 2017).</b>	Tiempo de Tarrajeo	Rendimiento o Cuadrilla	m <sup>2</sup> /día	Formatos	
			INDEPENDIENTE			Nivel de Acabado	-	Visual	
					Desperdicios en Tarrajeo	Cantidad desperdicio	%	Formatos	
			FACTOR ECONÓMICO	DEPENDIENTE	El factor económico, viene hacer el dinero a gastar en costos directos al tarrajar de manera manual o con revocadora.	Costo Directo	Análisis de Costo Unitario	S/.	Formato Costo Unitario
			Dinero por desperdicios			Materiales	S/.	Formatos	

**Tabla N° 7: Operacionalización de variables II**

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ESPECÍFICO	HIPÓTESIS	VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTO
COMPARACIÓN DE COSTOS DE UN SISTEMA TRADICIONAL DE TARRAJEO Y MANEJANDO UNA REVOCADORA, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN PARA PROPONER SOLUCIONES AL ALTO PORCENTAJE DE DESPERDICIO QUE GENERA EL USO DE REVOCADORA EN EDIFICIOS EN CAJAMARCA, 2017	¿La herramienta A3 propone soluciones para la disminución de desperdicios con el uso de la revocadora en tarrajeos?	La herramienta A3 propone soluciones que disminuyen los desperdicios utilizando revocadora en tarrajeos.	LA HERRAMIENTA A3	INDEPENDIENTE	A3 es una herramienta de toma de decisiones mediante una serie de análisis, para resolver problemas o mejoras en una empresa, que está fundamentado en el Ciclo de Deming (PDCA). <b>(Casanovas, 2015)</b>	Causa Raíz	Causas encontradas	Und.	Formato Herramienta A3.
							Situación Actual	-	
							Situación Futura	-	

			ALTERNATIVAS PARA DISMINUIR DESPERDICIO	DEPENDIENTE	La alternativas, son las soluciones encontradas al realizar evaluación mediante herramienta A3	Soluciones a Causa Raíz	Soluciones Encontrada s	-	Formato Herramienta A3.
--	--	--	---	-------------	---	----------------------------	-------------------------------	---	-------------------------------

## CAPÍTULO 5. INVESTIGACIÓN Y RESULTADOS

### 1. Análisis de costos unitarios, costo directo y tiempos.

#### *Tarrajeo Convencional*

Basándonos en los rendimientos calculados en la tesis de la Ing. Sherlay Fiona, podemos determinar el análisis de Costos Unitarios que se muestran en el siguiente análisis. Para este análisis se tendrá en cuenta también los costos que se están pagando a los de régimen laboral de construcción en Cajamarca. También se realizó las respectivas cotizaciones para sacar los precios de cada uno de los materiales, tal como se muestran en los Anexos.

- **Parámetros Iniciales:** En la tabla N° 02 se ve considera los parámetros a considerar para el tarrajeo interior de manera convencional, para ello se basó en datos de la CAPECO y la tesis de la Ing. Sherlay. Debe darse cuenta que el rendimiento para el tarrajeo es de 36.36 m<sup>2</sup>/día y para el pañeteo es de 16.63 m<sup>2</sup>/día.

**Tabla N° 8:** *Parámetros para Análisis Costo Unitario para Convencional*

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO TARRAJEO CONVENCIONAL				
<b>OBRA:</b>	Edificación Multifamiliar de Viviendas	<b>HECHO POR:</b>	Andree Aron Requelme			
<b>CURSO:</b>	Construcciones Especiales e Innovación en la construcción.	<b>HOJA N°:</b>	1			
<b>UNIDAD DE PARTIDA:</b>	m <sup>2</sup>	<b>FECHA:</b>	28/08/2017			
<b>Partida N°:</b>	Tarrajeo convencional de muro.					
<b>Especificaciones:</b>	Mortero: 1:5, Junta de 1.5 cm. Cemento: Portland Tipo I. Arena fina de cerro. Asentado de Soga.					
<b>Cuadrilla:</b>	Tarrajeo	0.1 Capataz	+	1.0 Operario	+	0.5 Peón
	Pañeteo	0.1 Capataz	+	1.0 Operario	+	0.5 Peón
<b>Rendimiento:</b>	Tarrajeo	36.36 m <sup>2</sup> /día				
	Pañeteo	16.63 m <sup>2</sup> /día				

**Fuente:** Propia

- **Materiales:** En la tabla N° se tiene el cuadro resumen de los materiales a utilizar teniendo en cuenta las especificaciones y consideraciones del cuadro anterior. Para el cálculo procederemos de la siguiente manera.

**Procedimiento:**

1. Para una dosificación 1:5, se tiene por m<sup>3</sup> de mortero según la CAPECO:

Bolsas de Cemento: 7.4 bls.

Arena Fina: 1.05 m<sup>3</sup>

Agua: 268 lts

Para determinar el volumen de mortero, consideraremos que el espesor de tarrajeo es de 1.5 cm. (0.015 mts), con ello obtenemos el volumen de mortero:

$$V_{mortero} = 1 * 1 * 0.015 = 0.015 m^3$$

Al considerar el 7% de desperdicios el volumen de mortero es, este valor es considerado de la tesis de la Ing. Sherlay.

$$V_{mortero} = 0.015 m^3 * 1.07 = 0.0161 m^3$$

Por tanto la cantidad de materiales es:

Bolsas de Cemento: 7.4 bls\*0.0161= 0.119 bls

Arena Fina: 1.05 m<sup>3</sup>\*0.0161= 0.017 m<sup>3</sup>

Agua: 268 lts\*0.0161=4.3 lts

2. Para el cálculo de precios se tuvo en cuenta las cotizaciones hechas para todos los materiales a utilizar. Obteniendo que para el cemento, considerando la marca Pacasmayo, el valor es de S/. 25.30 por bolsa y para la arena de S/. 36.90 /m<sup>3</sup>. Todo esto determina un valor parcial de S/. 3.63 por m<sup>2</sup> de tarrajeo de manera convencional, teniendo en cuenta todas las consideraciones explicadas anteriormente.

**Tabla N° 9: Materiales para el análisis de costo unitario en convencional**

Descripción Recurso	Und	Cantidad (C)	Precio S/. (P)	Parcial (C*P)	Total
<b>Materiales</b>					
Cemento Portland Tipo I	bls.	0.119	S/. 25.30	S/. 3.00	
Arena Fina	m <sup>3</sup>	0.017	S/. 36.90	S/. 0.62	
<b>Costo de Material</b>					<b>S/. 3.63</b>

**Fuente:** Propia

- **Mano de Obra:** Posterior en la Tabla N°, se ve el análisis de la mano de obra. En ella se ha tenido en cuenta las horas hombre de cada uno de ellos dependiendo a su incidencia. La fórmula para las horas hombres (HH) es:

$$hh = \frac{nx8}{R} \dots (1)$$

Teniendo en cuenta que:

*hh: Horas Hombre, n: Incidencia, R: rendimiento*

**Tabla N° 10: Mano de Obra para el análisis de costo unitario en convencional**

<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	0.07	S/. 19.18	S/. 1.34	
Oficial	hh	0.70	S/. 15.90	S/. 11.15	
Peón	hh	0.35	S/. 14.30	S/. 5.01	
<b>Costo de Mano de Obra</b>					<b>S/. 17.50</b>

**Fuente:** Propia

El valor del precio se determina por el costo HH en la ciudad de Cajamarca, que se muestra en el Anexo N°...Se determina que el costo

de la mano de obra por m<sup>2</sup> para la construcción de un tarrajeo interior de manera convencional es de S/ 17.50 por m<sup>2</sup>.

**Procedimiento:**

1. Para el operario se tendrá en cuenta que trabajará tanto en Tarrajeo como en Pañeteo.

$$HH = \frac{1 * 8}{36.36} + \frac{1 * 8}{16.63} = 0.70$$

El procedimiento se repite para el capataz y para peón dando los siguientes valores:

Capataz: 0.07 HH

Operario: 0.70 HH

Peón: 0.35 HH

2. Para considerar los precios se tuvo en cuenta el pago de hora que se tiene a los trabajadores en dicha ciudad. Obteniendo como valores.

Capataz: S/. 19.80

Operario: S/. 15.90

Peón: S/. 14.30

- **Equipo y Herramientas:** Como ya se explicó en la teoría en esta parte solo se tiene el uso de Badilejo, Plancha de Tarrajeo, Bandejas que esto se considera como herramientas y no se tiene el uso de ningún equipo.

**Procedimiento**

1. Para calcular este valor, primero se tuvo que obtener el costo de la mano de obra, que en este caso es de S/ 17.50 por m<sup>2</sup>, para calcular las herramientas se determina sacando el 3% del costo de la mano de obra, entonces 3%(S/. 17.50)=S/ 0.52

**Tabla N° 11: Mano de Obra para el análisis de costo unitario en convencional**

Equipos y Herramientas				
Herramientas 3%(MO)	%MO	0.0300	S/. 17.50	S/. 0.53
Costo equipo y Herramienta				S/. 0.53

**Fuente:** Propia

En la tabla N° se obtiene un cuadro resumen del **Análisis de Costo Unitario**, de un **tarrajeo interior de manera convencional. (S/. 21.66 /m<sup>2</sup>)**

**Tabla N° 12: Mano de Obra para el análisis de costo unitario en convencional**

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO TARRAJEO CONVENCIONAL						
<b>OBRA:</b>	Edificación Multifamiliar de Viviendas			<b>HECHO POR:</b>	Andree Aron Requelme	
<b>CURSO:</b>	Construcciones Especiales e Innovación en la construcción.			<b>HOJA N°:</b>	1	
<b>UNIDAD DE PARTIDA:</b>	m <sup>2</sup>			<b>FECHA:</b>	28/08/2017	
<b>Partida N°:</b>	Tarrajeo convencional de muro.					
<b>Especificaciones:</b>	Mortero: 1:5, Junta de 1.5 cm. Cemento: Portland Tipo I. Arena fina de cerro. Asentado de Soga.					
<b>Cuadrilla:</b>	<b>Tarrajeo</b>	0.1 Capataz	+	1.0 Operario	+	0.5 Peón
	<b>Pañeteo</b>	0.1 Capataz	+	1.0 Operario	+	0.5 Peón
<b>Rendimiento:</b>	<b>Tarrajeo</b>	36.36 m <sup>2</sup> /día				
	<b>Pañeteo</b>	16.63 m <sup>2</sup> /día				
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad (C)</b>		<b>Precio S/. (P)</b>	<b>Parcial (C*P)</b>	<b>Total</b>

<b>Materiales</b>				
Cemento Portland Tipo I	bls.	0.119	S/. 25.30	S/. 3.00
Arena Fina	m <sup>3</sup>	0.017	S/. 36.90	S/. 0.62
<b>Costo de Material</b>				<b>S/. 3.63</b>
<b>Mano de Obra</b>				
Operario	hh	0.07	S/. 19.18	S/. 1.34
Oficial	hh	0.70	S/. 15.90	S/. 11.15
Peón	hh	0.35	S/. 14.30	S/. 5.01
<b>Costo de Mano de Obra</b>				<b>S/. 17.50</b>
<b>Equipos y Herramientas</b>				
Herramientas 3%(MO)	%MO	0.0300	S/. 17.50	S/. 0.53
<b>Costo equipo y Herramienta</b>				<b>S/. 0.53</b>
<b>El costo directo para pintar con base un muro por m<sup>2</sup> es:</b>				<b>S/. 21.66</b>

Fuente: Propia

### **Tarrajeo utilizando Revocadora**

Ahora podemos determinar el **Análisis de Costos Unitarios** en un tarrajeo convencional utilizando **Revocadora**

- **Parámetros Iniciales:** En la tabla N° 02, igual que en el caso anterior, en esta tabla se considera los parámetros iniciales pero ahora utilizando una revocadora. Como se da cuenta, lo único que varía es los rendimientos, los materiales y equipos se mantienen igual. Hacemos mención, que si bien los materiales se mantienen constantes, el valor del desperdicio no, ya que al utilizar la revocadora están generando un mayor desperdicio (15%), el rendimiento para el tarrajeo es de 20.84 m<sup>2</sup>/día y para el pañeteo es de 123.63 m<sup>2</sup>/día.

**Tabla N° 13: Parámetros para Análisis Costo Unitario para Revocadora**

 <b>Tabla N° 03</b> ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO TARRAJEO UTILIZANDO REVOCADORA			
<b>OBRA:</b>	Edificación Multifamiliar de Viviendas	<b>HECHO POR:</b>	Grupo N° 01
<b>CURSO:</b>	Construcciones Especiales e Innovación en la construcción.	<b>HOJA N°:</b>	2
<b>UNIDAD DE PARTIDA:</b>	m <sup>2</sup>	<b>FECHA:</b>	19/07/2017
<b>Partida N°:</b>	Tarrajeo utilizando revocadora de muro.		
<b>Especificaciones:</b>	Mortero: 1:5, Junta de 1.5 cm. Cemento: Portland Tipo I. Arena fina de cerro. Asentado de Soga.		
<b>Cuadrilla:</b>	Tarrajeo 0.1 Capataz + 1.0 Operario + 0.3 Peón Pañeteo 0.1 Capataz + 1.0 Operario + 0.3 Peón		
<b>Rendimiento:</b>	Tarrajeo 20.77 m <sup>2</sup> /día Pañeteo 120.66 m <sup>2</sup> /día		

**Fuente:** Propia

- **Materiales:** En la tabla N° se tiene el cuadro resumen de los materiales a utilizar teniendo en cuenta las especificaciones y consideraciones del cuadro anterior. Para el cálculo procederemos de la siguiente manera.

**Procedimiento:**

1. Para una dosificación 1:5, se tiene por m<sup>3</sup> de mortero según la CAPECO:

Bolsas de Cemento: 7.4 bls.

Arena Fina: 1.05 m<sup>3</sup>

Agua: 268 lts

Para determinar el volumen de mortero, consideraremos que el espesor de tarrajeo es de 1.5 cm. (0.015 mts), con ello obtenemos el volumen de mortero

$$V_{mortero} = 1 * 1 * 0.015 = 0.015 m^3$$

Al considerar el 15% de desperdicios el volumen de mortero, este valor es diferente al anterior ya que, según la investigación, al utilizar revocadora se desperdicia más.

$$V_{mortero} = 0.015 m^3 * 1.15 = 0.017 m^3$$

Por tanto la cantidad de materiales es:

Bolsas de Cemento:  $7.4 \text{ bls} * 0.017 = 0.128 \text{ bls}$

Arena Fina:  $1.05 m^3 * 0.017 = 0.018 m^3$

Agua:  $268 \text{ lts} * 0.017 = 4.56 \text{ lts}$

2. Los precios, son los mismos que los considerados para un convencional.

**Tabla N° 14:** *Parámetros para Análisis Costo Unitario para Revocadora*

Descripción Recurso	Und	Cantidad (C)	Precio S/. (P)	Parcial (C*P)	Total
<b>Materiales</b>					
Cemento Portland Tipo I	bls.	0.128	S/. 25.30	S/. 3.23	
Arena Fina	m <sup>3</sup>	0.018	S/. 36.90	S/. 0.67	
<b>Costo de Material</b>					<b>S/. 3.90</b>

**Fuente:** Propia

Se da cuenta que el valor es mayor que el de convencional, esto por que los desperdicios generados en convencional es 7% y en revocadora llega al 15%.

- **Mano de Obra:** Posterior en la Tabla N°, se ve el análisis de la mano de obra. En ella se ha tenido en cuenta las horas hombre de cada uno de ellos dependiendo a su incidencia. La fórmula para las horas hombres (HH) es:

$$hh = \frac{nx8}{R} \dots (1)$$

Teniendo en cuenta que:

*hh: Horas Hombre, n: Incidencia, R: rendimiento*

**Tabla N° 15:** Mano de Obra para el análisis de costo unitario en revocadora

Mano de Obra				
Capataz	hh	0.05	S/. 19.18	0.87
Operario	hh	0.45	S/. 15.90	7.18
Peón	hh	0.14	S/. 14.30	1.94
<b>Costo de Mano de Obra</b>				<b>S/. 9.98</b>

**Fuente:** Propia

El valor del precio se determina por el costo HH en la ciudad de Cajamarca, que se muestra en el Anexo N°...Se determina que el costo de la mano de obra por m<sup>2</sup> para la construcción de un tarrajeo interior de manera convencional es de S/ 9.98 por m<sup>2</sup>. Se da cuenta que el valor es menor que en la convencional, la razón los rendimientos han aumentado por el uso de la revocadora.

**Procedimiento:**

1. Para el operario se tendrá en cuenta que trabajará tanto en Tarrajeo como en Pañeteo.

$$HH = \frac{1 * 8}{20.77} + \frac{1 * 8}{120.66} = 0.70$$

El procedimiento se repite para el capataz y para peón dando los siguientes valores:

Capataz: 0.04 HH

Operario: 0.45 HH

Peón: 0.14 HH

2. Para considerar los precios se tuvo en cuenta el pago de hora que se tiene a los trabajadores en dicha ciudad. Obteniendo como valores.

Capataz: S/. 19.80

Operario: S/. 15.90

Peón: S/. 14.30

- **Equipo y Herramientas:** Como ya se explicó en la teoría en esta parte solo se tiene el uso de Badilejo, Plancha de Tarrajeo, Bandejas que esto se considera como herramientas y no se tiene el uso de ningún equipo.

### Procedimiento

1. Para calcular este valor, primero se tuvo que obtener el costo de la mano de obra, que en este caso es de S/ 9.98 por m<sup>2</sup>, para calcular las herramientas se determina sacando el 3% del costo de la mano de obra, entonces  $3\%(S/. 9.98)=S/ 0.49$
2. En este caso si se tiene el uso de una revocadora, por ello es importante tener que considerarla en este análisis. Para poder cuantificar el uso de la revocadora, debemos de calcular la hora máquina de la siguiente manera.

$$HM = \frac{1 * 8}{(20.77 + 120.66)/2} = 0.113$$

Con este valor, se obtiene una incidencia de 0.113, el precio como ya se mencionó y se analizó en su momento, es de S/ 15.00 la hora máquina. Con esto obtenemos la tabla N°02:

**Tabla N° 16:** Mano de Obra para el análisis de costo unitario en revocadora

Equipos y Herramientas				
Revocadora	hm	0.1131	S/. 15.00	1.70
Herramientas 3%(MO)	%MO	0.0300	S/. 9.98	0.30
<b>Costo equipo y Herramienta</b>				<b>S/. 2.00</b>

**Fuente:** Propia

En la tabla N° se obtiene un cuadro resumen del **Análisis de Costo Unitario**, de un **tarrajeo interior utilizando Revocadora. (S/. 15.88 /m<sup>2</sup>)**

**Tabla N° 17:** Mano de Obra para el análisis de costo unitario en convencional

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO TARRAJEO UTILIZANDO REVOCADORA						
<b>OBRA:</b>	Edificación Multifamiliar de Viviendas			<b>HECHO POR:</b> Grupo N° 01		
<b>CURSO:</b>	Construcciones Especiales e Innovación en la construcción.		en		<b>HOJA N°:</b> 2	
<b>UNIDAD DE PARTIDA:</b>	m <sup>2</sup>			<b>FECHA:</b>		19/07/2017
<b>Partida N°:</b>	Tarrajeo utilizando revocadora de muro.					
<b>Especificaciones:</b>	Mortero:1:5, Junta de 1.5 cm. Cemento: Portland Tipo I. Arena fina de cerro. Asentado de Soga.					
<b>Cuadrilla:</b>	<b>Tarrajeo</b>	0.1 Capataz	+	1.0 Operario	+	0.3 Peón
	<b>Pañeteo</b>	0.1 Capataz	+	1.0 Operario	+	0.3 Peón
<b>Rendimiento:</b>	<b>Tarrajeo</b>	20.77 m <sup>2</sup> /día				
	<b>Pañeteo</b>	120.66 m <sup>2</sup> /día				
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad (C)</b>	<b>Precio (P)</b>	<b>S/. Parcial (C*P)</b>	<b>Total</b>	
<b>Materiales</b>						
Cemento Portland Tipo I	bls.	0.128	S/. 25.30	S/. 3.23		

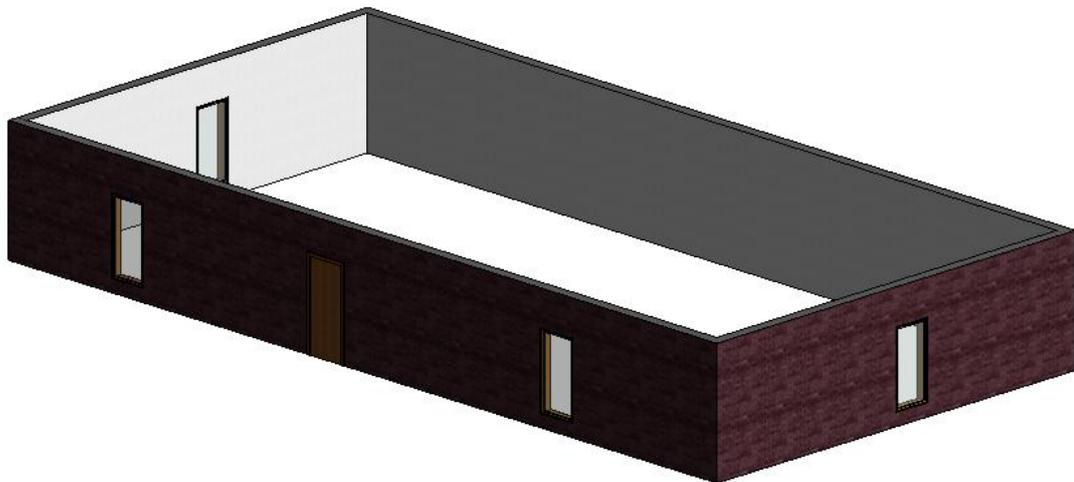
Arena Fina	m <sup>3</sup>	0.018	S/. 36.90	S/. 0.67	
				<b>Costo de Material</b>	<b>S/. 3.90</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	hh	0.04	S/. 19.18	0.86	
Operario	hh	0.45	S/. 15.90	7.13	
Peón	hh	0.13	S/. 14.30	1.92	
				<b>Costo de Mano de Obra</b>	<b>S/. 9.92</b>
<b>Equipos y Herramientas</b>					
Revocadora	hm	0.1107	S/. 15.00	1.66	
Herramientas 3%(MO)	%MO	0.0300	S/. 9.92	0.30	
				<b>Costo equipo y Herramienta</b>	<b>S/. 1.96</b>
					<b>El costo directo para pintar con base un muro por m<sup>2</sup> es: S/. 15.77</b>

Fuente: Propia

## 2. Caso Aplicativo: Muros en una vivienda.

Si todo esto lo llevamos a un caso real, por ejemplo en la construcción de muros de una vivienda, tal y como se muestra en la siguiente figura N°8, para ello se muestran las dimensiones y vanos en la tabla N° 18 de estos muros.

**Figura N° 8:** Muros de Vivienda



**Tabla N° 18:** Cuadro Muros Vivienda

N° Muro	Muro	Puerta	Ventana	Total
1	20x3 m <sup>2</sup>	2.00x2.50 m <sup>2</sup>	2x(1.00x1.50)	52.00 m <sup>2</sup>
2	10x3 m <sup>2</sup>	-	(1.00x1.50)	28.50 m <sup>2</sup>
3	10x3 m <sup>2</sup>	-	(1.00x1.50)	28.50 m <sup>2</sup>
4	20x3 m <sup>2</sup>	-	-	60.00 m <sup>2</sup>

**Total: 169 m<sup>2</sup>**

Vamos a determinar el costo y el tiempo que se utiliza para el siguiente trabajo, teniendo en cuenta lo anteriormente calculado:

**Para un Tarrajeo Convencional:**

1. Primero determinaremos el tiempo:

- ✓ **Pañeteo:** Si el rendimiento de esta actividad es de 16.63 m<sup>2</sup>/ día. Con esto podemos determinar la duración de la actividad, sabiendo que se va a pañetear 169 m<sup>2</sup>.

$$16.63 \text{ m}^2 - 1 \text{ día}$$

$$169 \text{ m}^2 - x$$

$$X = \frac{169}{16.63} = 10 \text{ días}$$

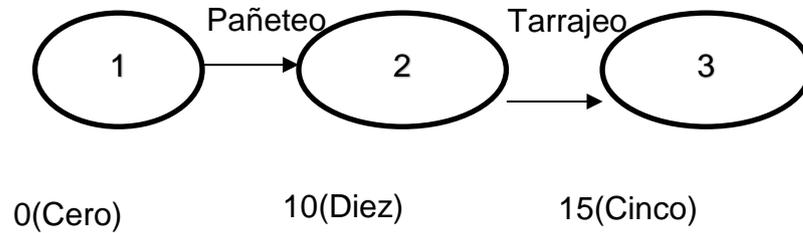
- ✓ **Tarrajeo:** Si el rendimiento de esta actividad es de 36.36 m<sup>2</sup>/ día. Con esto podemos determinar la duración de la actividad, sabiendo que se va a pañetear 169 m<sup>2</sup>.

$$36.36 \text{ m}^2 - 1 \text{ día}$$

$$169 \text{ m}^2 - x$$

$$X = \frac{169}{36.36} = 5 \text{ días}$$

Para calcular el tiempo utilizaremos el modelo C.P.M/PERT



Con esto determinamos que el tiempo para realizar el tarrajeo de un muro de manera convencional es de 15 días, para el caso mostrado.

2. Posterior a ello, determinaremos el costo:

Si por m<sup>2</sup> se gasta S/. 21.17 al considerar un tarrajeo tradicional considerando (Mano de Obra, Materiales y Equipo y Herramientas), entonces el costo directo para este trabajo es de

$$1 \text{ m}^2 - \text{S}/. 21.66$$

$$169 \text{ m}^2 - x$$

$$x = \text{S}/. 3660.54$$

Este valor indica el tarrajeo de todos estos muros utilizando el método tradicional es de **S/. 3660.54**

### Para un Tarrajeo con Revocadora:

1. Primero determinaremos el tiempo:

- ✓ **Pañeteo:** Si el rendimiento de esta actividad es de 123.63 m<sup>2</sup>/ día. Con esto podemos determinar la duración de la actividad, sabiendo que se va a pañetear 169 m<sup>2</sup>.

$$123.63 \text{ m}^2 - 1 \text{ día}$$

$$169 \text{ m}^2 - x$$

$$X = \frac{169}{126.63} = 2 \text{ días}$$

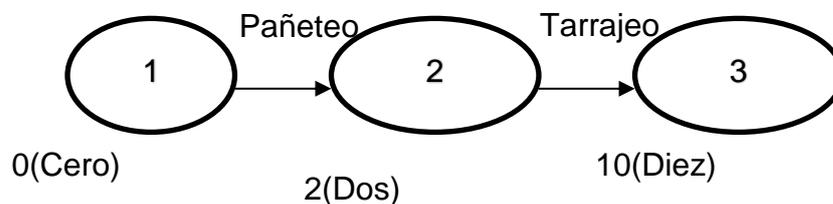
- ✓ **Tarrajeo:** Si el rendimiento de esta actividad es de 20.84 m<sup>2</sup>/ día. Con esto podemos determinar la duración de la actividad, sabiendo que se va a pañetear 169 m<sup>2</sup>.

$$20.84 \text{ m}^2 - 1 \text{ día}$$

$$169 \text{ m}^2 - x$$

$$X = \frac{169}{20.84} = 8 \text{ días}$$

Para calcular el tiempo utilizaremos el modelo C.P.M/PERT



Con esto determinamos que el tiempo para realizar el tarrajeo de un muro de manera convencional es de 10 días, para el caso mostrado.

2. Posterior a ello, determinaremos el costo:

Si por m<sup>2</sup> se gasta S/. 15.26 al considerar un tarrajeo con revocadora considerando (Mano de Obra, Materiales y Equipo y Herramientas), entonces el costo directo para este trabajo es de

$$1 \text{ m}^2 - \text{S}/. 15.77$$

$$169 \text{ m}^2 - x$$

$$x = \text{S}/. 2665.13$$

Este valor indica el tarrajeo de todos estos muros utilizando el método con revocadora es de **S/. 2665.13**

### 3. Análisis de desperdicios mediante la herramienta A3-Lean Construction.

Para el análisis A3, se seguirá la metodología explicada en el marco teórico. Empezando entonces con la situación actual.

3.1. Se empezará con los antecedentes en el que se enmarca nuestro problema. Se enmarca el contexto operacional de la actividad, esto se explica

**Figura N° 9: Antecedentes uso de la revocadora.**

#### I. Antecedentes

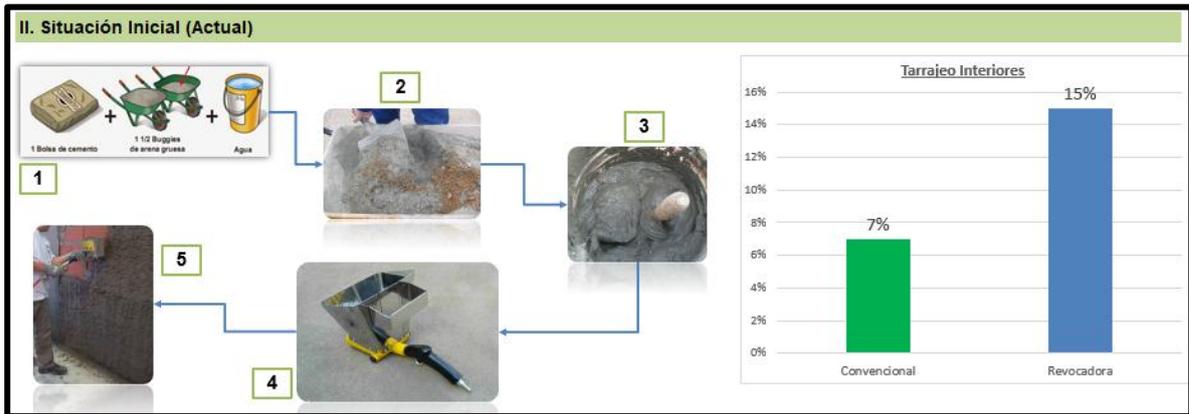
La constructora que está viniendo desarrollando este trabajo, es una pequeña empresa que viene funcionando hace 5 años y opera en Cajamarca, tiene como core business la construcción de edificios inmobiliarios. Consecuentemente, en el año 2014, tras construir un multifamiliar, vieron que en la actividad de tarrajeo se podría emplear una revocadora para el uso, ya que el dueño vio que se estaba realizando en Brasil, y que llevaba muchos beneficios en esta partida (mejora de rendimientos). Al ver este tema la Ing. Shertay Fiona, hija del dueño, realizó una tesis para medir los rendimientos en el uso de una revocadora y comparar estos resultados con una convencional y ratificar lo que sucedía en campo, que la revocadora mejora tiempos en tarrajeos. Si bien al hacer la tesis se obtuvieron resultados buenos, se determinó que al usar la revocadora se generaba más desperdicio que de al hacerlo de manera convencional, esto genera a la empresa:

- Demoras en tiempos para eliminar material inservible producto del uso de revocadora.
- Gastos en más compras de bolsas de cemento y agregados para la realización de este trabajo.
- Mano de obra utilizada para la eliminación del material inservible.

**Fuente: Propia**

3.2. Posterior a ello se enmarca la situación Inicial actual, es decir como se viene desarrollando la actividad y que problemas o inconvenientes se vienen dando.

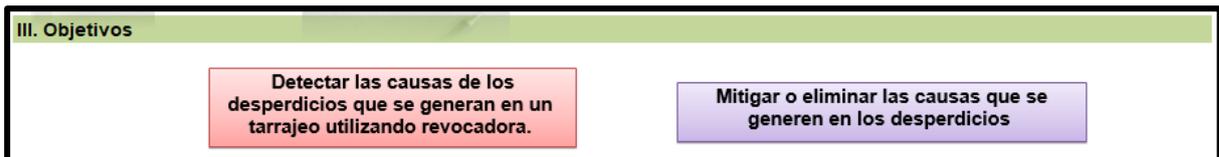
**Figura N° 10: Situación Actual de la empresa**



**Fuente: Propia**

3.3. Luego a partir de esta situación actual, se enmarcan los objetivos del proyecto a realizar.

**Figura N° 11: Objetivos a plantear en el trabajo**

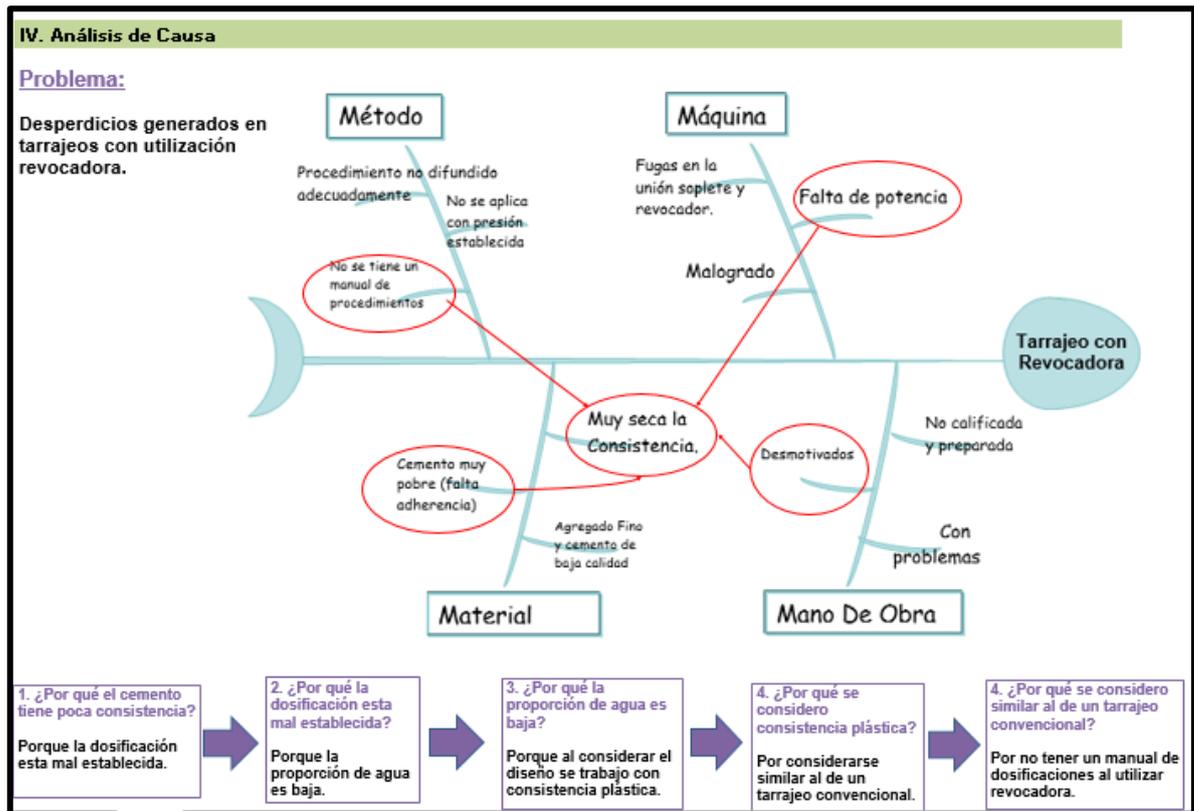


**Fuente: Propia**

3.4. Ahora se analizan las causas utilizando el método de espina de pescado, teniendo en cuenta las siguientes categorías: Método, Máquina, Mano de Obra y Material. Con ellos se identificaron con los datos obtenidos en la tesis de la Ing. Sherlay, los posibles daños que se enmarcarán en cada uno de estas categorías. Ver la siguiente figura.

Luego se obtiene los ítems que ocasionan los daños mayores a la actividad, y a ellos se analiza mediante los 5 porqués (5W's). Con esto se identifica cual o cuales son los problemas raíz en cada una de las categorías si las hay.

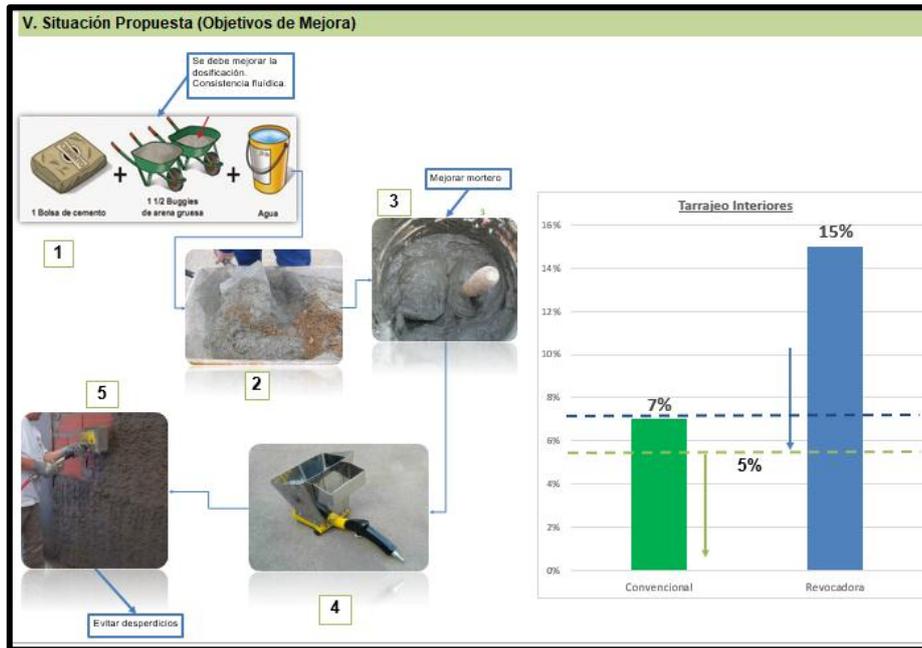
**Figura N° 12: Análisis Causa y Espina de pescado. (5Ws)**



**Fuente: Propia**

**3.5.** Consiguientemente se realiza una situación propuesta de mejora para que eliminar las posibles causas encontradas en el análisis de causa. A la vez se analiza y se propone una meta, en la cual con la eliminación de la causa se pueda llegar en el tiempo. Esto va a servir para llevar el proceso de seguimiento en las otras etapas.

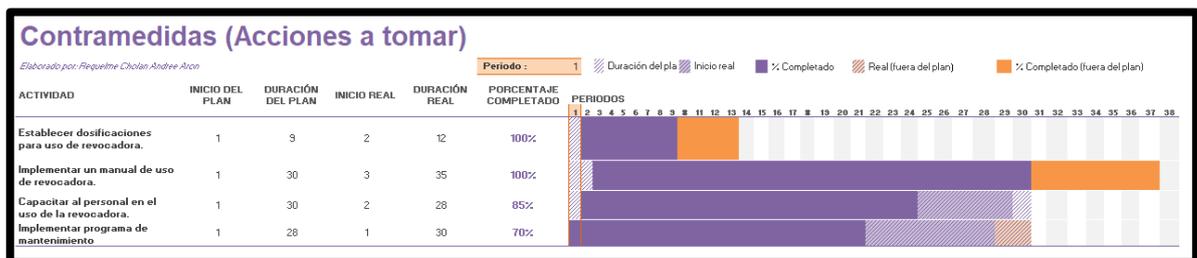
**Figura N° 13 Situación Propuesta (Objetivos de Mejora)**



**Fuente: Propia**

3.6. Consiguientemente se implementa acciones, con las propuestas anteriormente, indicando actividades y los tiempos en los que se realizaran.

**Figura N° 14: Contramedidas del trabajo**



**Fuente: Propia**

3.7. Posterior a cada una de estas actividades, se les pone responsable, indicadores de medición para su posterior seguimiento.

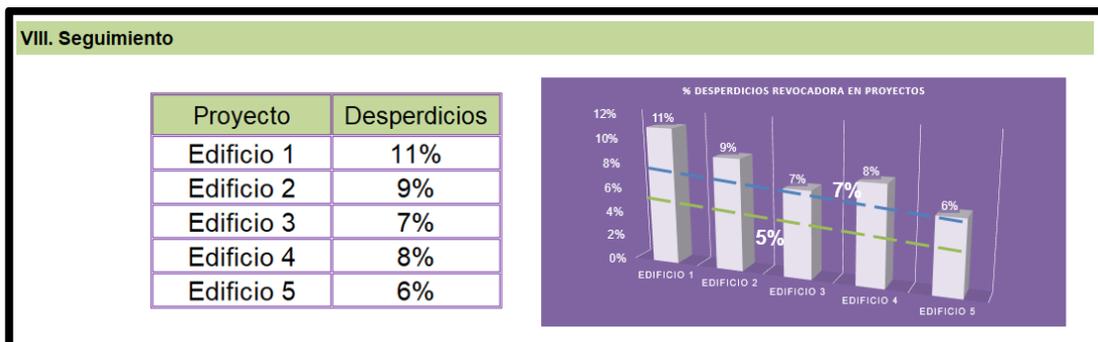
**Figura N° 15:** Responsables del trabajo.

PROPUESTA DESARROLLO (¿QUÉ?)	RESPONSABLE (¿QUIÉN?)	¿CUÁNDO?	¿DÓNDE?
Establecer dosificaciones para uso de revocadora.	Gerente de Operaciones	de 9 días a 15 días máximo.	En el centro de labores de la empresa.
Implementar manuales de uso de revocadoras.	Gerente de Operaciones	en 30 días	En el centro de labores de la empresa.
Capacitar al personal en el uso de la revocadora.	Gerente General	de 7 días a 13 días máximo	En el centro de labores de la empresa o en alguna empresa encargada para capacitaciones.
Implementar programas de mantenimiento	Gerente de Operaciones	de 9 días a 15 días máximo.	En el centro de labores de la empresa.
Medir resultados en edificios realizados	Gerente de Proyectos	En todas las actividades de tarrajeo, utilizando revocadora, de todos los	En el lugar del Proyecto.

**Fuente: Propia**

**3.8.** Finalmente se hace un seguimiento y se determina si el proceso fue bien implementado (ver si se está cumpliendo con el objetivo), sino proponer otros procesos de mejora.

**Figura N° 16:** Seguimientos del trabajo.



**Fuente: Propia**

## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

1. Al comparar los costos en el trabajo, se puede apreciar que los costos con el método tradicional por m<sup>2</sup> es de S/. 21.66 y con revocadora es de S/.15.88, con ello vemos que se disminuye en un 26% al utilizar la revocadora, produciendo así una mejora en el proceso productivo.
2. Con el análisis y la herramienta A3 (Lean Construction), se determinó posibles soluciones al alto desperdicio generado por el uso de una revocadora en el Tarrajeo de interiores en edificios. En este análisis se basó primero en determinar una situación actual (como es el uso actual), para que a partir de ello se analice la causa raíz. Las posibles soluciones analizadas fueron, realizar una capacitación previa al personal que utilizaría la revocadora y colocar en cada proceso de trabajo con la revocadora un depósito que sirva para que el material desperdiciado caiga dentro de él. (Ver Excel de análisis de control de desperdicios-A3)
3. En el análisis de costos unitarios se vio que en el tarrajeo tradicional los materiales salen menos que cuando se utiliza tarrajeo con revocadora, ya que este último genera 15% de desperdicios, mientras que el tradicional el 7%. En el caso de la mano de obra, para el tarrajeo tradicional el valor en costos disminuye en un 17% comparado con la revocadora, esto porque los rendimientos aumentan. Finalmente al utilizar revocadora, el valor de los instrumentos y equipos aumentan en un 72%, pero que esto queda menguado con el aumento del rendimiento.
4. Los precios tomados fueron de la ciudad de Cajamarca, y se ven que son acordes al mercado. La bolsa de cemento es de S/ 25.30 la bolsa y la arena de S/ 36.90 el m<sup>3</sup>. Estos valores fueron considerados de una cotización exhaustiva en toda la zona de Cajamarca, teniendo en cuenta todas las tiendas grandes y ferreterías.
5. Si los desperdicios generados no han podido disminuir después del análisis de la herramienta A3, quiere decir que el problema encontrado no fue la

causa raíz y sólo realizamos una solución correctiva, entonces debemos de evaluar nuevamente esta herramienta (específicamente la parte de la espina de pescado con los 5W's para poder encontrar el problema), hasta que los desperdicios disminuyan a lo largo del tiempo.

## CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES

1. Se debe de analizar rendimientos en actividades incluyendo nuevas tecnologías para ver mejoras tanto en costos y tiempos, con ello mejorar la productividad de las obras.
2. Aplicar estas nuevas tecnologías a la construcción, incentivando a los empresarios mediante charlas con el apoyo de esta casa superior de estudios, en beneficio del sector construcción.
3. Se sugiere utilizar este análisis de costo unitario en edificaciones, considerando la operación y el mantenimiento en el análisis, para ello se debería de realizar una investigación de como es el gasto en la operación y mantenimiento tanto de un tarrajeo convencional como uno utilizando revocadora en una edificación, en un tiempo por ejemplo, 10 años.
4. El uso de las herramientas A3 es muy importante hoy en la construcción (Filosofía Lean), ya que aumentan la productividad en los trabajos, disminuyendo así por ejemplo desperdicios tal como se mostró en esta tesis, por esto se recomienda la implementación y el uso en la mayoría de trabajos de obras civiles.
5. Realizar análisis de costos unitarios optimizando el uso de los recursos (herramientas A3), de actividades importantes en la construcción para compararlos con la CAPECO y APU de las zonas, para poder implementarlos en actividades típicas en la construcción o tomarlas como referencia, tal y como se trabajó en esta tesis.
6. Capacitar a los trabajadores en optimización de los recursos utilizando la metodología A3 (Lean Construction) en las obras que se tengan a cargo para que la productividad aumente y así también los desperdicios disminuyan.

## CAPÍTULO 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Arancibia, M. (2017). *Uso de Revocadoras en Brasil*. Lima: UPC.
2. ASOCRETO. (2010). Tecnología del Concreto. En ASOCRETO, Tecnología del Concreto. Barranquilla: Colombia.
3. Botero, L. (2002). Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. Colombia: Universidad EAFIT.
4. Cachi, G. (2017). *Materiales de Construcción-Guía UPN*. Lima: UPN.
5. Chag Breña, M. (Diciembre de 2014). Propuesta y Evaluación de la aplicación del sistema de construcción industrializada modular. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
6. Chilón Idrugo, S. F. (2017). Comparación del tarrajeo de muros interiores mediante el método convencional y el uso de una revocadora en un edificio multifamiliar de Baños del Inca - Cajamarca. Cajamarca: UPN.
7. Delgado , J. S. (27 de 01 de 2017). SlidShare. Obtenido de SlidShare: <https://es.slideshare.net/JonathanDelgado39/anlisis-de-precio-unitario-apu>
8. GestioPolis. (13 de 09 de 2017). GestioPolis. Obtenido de GestioPolis: <https://www.gestiopolis.com/manual-de-costos-basico/>
9. Perez, R. (26 de 03 de 2008). Action Grup. Obtenido de Action Grup: <http://www.actiongroup.com.ar/news/news26/Las8D-proceso-para-resolucion-de-problemas.htm>
10. TechZone. (06 de 07 de 2016). 10 MÁQUINAS DE CONSTRUCCIÓN MÁS INCREIBLES. Obtenido de 10 MÁQUINAS DE CONSTRUCCIÓN MÁS INCREIBLES: <https://www.youtube.com/watch?v=YwXnUDw5eMk>
11. UNACEN. (07 de 08 de 2017). Manual del Constructor. Obtenido de Manual del Constructor: <http://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2014/12/MCons.pdf>
12. USON. (20 de 09 de 2017). TESIS DIGITAL. Obtenido de TESIS DIGITAL: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20189/Capitulo2.pdf>
13. Valle, S. (02 de 07 de 2014). Revoques y Revestimientos. Obtenido de Revoques y Revestimientos: <https://prezi.com/9-fchqojykxz/revoques-y-revestimientos/>

# ANEXOS