

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**PLANTA DOSIFICADORA DE CONCRETO EN OBRA PARA  
MEJORAR LA RENTABILIDAD EN UN PROYECTO DE  
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL, LURÍN AÑO 2019**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. JOYO PALOMINO, RENZO GIOVANNI**

**Bach. LOPEZ LIMAYLLA, ANDREY BRYAN**

**ASESOR: Mg. Ing. TORRES PÉREZ, ENRIQUE**

**LIMA – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi familia, en especial a mi padre por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, en acto de reconocimiento por su esfuerzo y compromiso con mi vida y mis metas, a mis amigos y a cada persona partícipe en mi desarrollo personal.

Renzo Giovanni Joyo Palomino

Dedico la presente tesis a mi madre Gloria y a mi papá Americo; por todo el apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi vida y por siempre impulsarme a ser alguien mejor cada día. A mis hermanos; por todos sus consejos, sus enseñanzas y por siempre ser los amigos más confiables que puedo tener.

Andrey Bryan Lopez Limaylla

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro sincero agradecimiento a cada uno de los ingenieros docentes de nuestra casa de estudios por compartir sus conocimientos y encaminar nuestra carrera profesional. Con gratitud a nuestro asesor Mg. Enrique Torres Pérez quién nos orientó y acompañó durante el desarrollo de la investigación brindándonos su constante apoyo, a la empresa constructora e inmobiliaria Desarrollo de Proyectos Inmobiliarios por facilitar la información para desarrollar la investigación y a todas las personas involucradas en la elaboración de nuestra tesis.

Renzo Giovanni Joyo Palomino

Andrey Bryan Lopez Limaylla

## INDICE GENERAL

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. Descripción de la realidad problemática	4
1.2. Formulación del problema	5
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos	5
1.3. Objetivos de la investigación	6
1.3.1. Objetivo general	6
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4. Justificación e importancia de la investigación	6
1.4.1. Justificación	6
1.4.2. Importancia	8
1.5. Limitaciones de la investigación	8
1.6. Viabilidad	9
1.7. Alcances	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1. Marco histórico	11
2.1.1. Investigaciones nacionales	11
2.1.2. Investigaciones internacionales	14
2.2. Bases Teóricas	18
2.2.1. Proyectos de viviendas de interés social	18
2.2.2. Sistemas constructivos	18
2.2.3. Concreto masivo	20

2.2.4.	Transporte del concreto	25
2.2.5.	Colocación del concreto	26
2.2.6.	Análisis económico	27
2.2.7.	Rentabilidad	30
2.2.8.	Productividad	31
2.2.9.	Cronograma	38
2.3.	Definiciones conceptuales	41
2.4.	Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	43
2.5.	Formulación de hipótesis	45
2.5.1.	Hipótesis general	45
2.5.2.	Hipótesis específicas	45
2.5.3.	Variables	46
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b>		<b>48</b>
3.1.	Tipo y nivel de la investigación	48
3.1.1.	Tipo de la Investigación	48
3.1.2.	Nivel de la investigación	48
3.1.3.	Método de la investigación	48
3.2.	Diseño de la investigación	49
3.3.	Población y muestra	49
3.3.1.	Población del estudio	49
3.3.2.	Diseño muestral	50
3.4.	Técnicas de recolección de datos	50
3.4.1.	Tipos de técnicas e instrumentos	50
3.4.2.	Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos	51
3.4.3.	Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	51
<b>CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN</b>		<b>53</b>
4.1.	Descripción del proyecto de viviendas de interés social	53
4.1.1.	Ubicación del proyecto	53
4.1.2.	Características del proyecto	55
4.1.3.	Realidad del proyecto	62

4.2.	Propuesta de planta dosificadora	65
4.2.1.	Propuesta de equipos	66
4.2.2.	Elección del equipo	71
4.2.3.	Calibración del equipo	78
4.3.	Análisis económico	79
4.4.	Flujo de producción	83
4.4.1.	Flujo de producción general de una casa monolítica	83
4.4.2.	Gestión de concreto premezclado y concreto fabricado en obra	84
4.4.3.	Carta balance	86
4.4.4.	Diagrama de procesos de producción de concreto en obra	89
4.4.5.	Parámetros del flujo de producción	90
4.5.	Cronograma	92
4.5.1.	Programación de vaciado con concreto premezclado	92
4.5.2.	Programación de vaciado con concreto fabricado en obra	93
CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN		95
5.1.	Descripción de la fabricación de concreto en obra	95
5.1.1.	Ubicación de la planta dosificadora de concreto Flucooper	95
5.1.2.	Instalación de la planta dosificadora Flucooper	96
5.2.	Flujo de producción de concreto con la planta dosificadora	98
5.3.	Análisis económico	108
CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS		111
6.1.	Resultados de la investigación	111
6.2.	Análisis e interpretación de los resultados	112
6.2.1.	Análisis e interpretación del Análisis económico	112
6.2.2.	Análisis e interpretación de la Producción	113
6.2.3.	Análisis e interpretación del Cronograma	114
6.2.4.	Análisis e interpretación de la Rentabilidad	114
6.3.	Contrastación de hipótesis	115
6.4.	Discusión	117

6.4.1. Análisis económico	117
6.4.2. Flujo de producción	118
6.4.3. Cronograma	118
6.4.4. Planta dosificadora de concreto	119
CONCLUSIONES	120
RECOMENDACIONES	122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
ANEXOS	126
Anexo 1: Diagrama de investigación	126
Anexo 2: Matriz de consistencia	127
Anexo 3: Cotizaciones de plantas dosificadoras	128
Anexo 4: Cronograma del vaciado de concreto	135

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Encofrado para el sistema de construcción monolítico	19
Figura 2 Ciclo de mejora de la productividad.	33
Figura 3. Esquema de trabajo de la planta dosificadora de concreto.	34
Figura 4. Cronograma (Entradas, herramientas, técnicas y salidas)	39
Figura 5. Estructura de las variables	45
Figura 6: Ubicación del conjunto habitacional La Estancia de Lurín	54
Figura 7: Ubicación del proyecto, con coordenadas.	55
Figura 8: Proyección urbanística de las viviendas	56
Figura 9: Distribución de las viviendas en lotes	56
Figura 10: Distribución arquitectónica de una vivienda.	57
Figura 11: Planta de arquitectura de vivienda.	58
Figura 12: Vaciado de concreto de platea	59
Figura 13: Refuerzo de muros de ductilidad limitada	60
Figura 14: Encofrado para sistema monolítico	60
Figura 15: Desencofrado luego de 24 horas del vaciado	61
Figura 16: Producción en serie de las viviendas	62
Figura 17: Ubicación de la planta de Concremax en Lurín.	63
Figura 18: Ruta de ingreso vehicular a la Estancia de Lurín	64
Figura 19: Planta dosificadora de concreto móvil Elkon Mix Master-30	67
Figura 20: Planta dosificadora de agregados Esel MA-50	68
Figura 21: Planta de hormigón Haomei HZS35	69
Figura 22: Planta de concreto Liugong YHZZ25	70
Figura 23: Planta móvil de concreto Flucooper	71
Figura 24: Presentación de la planta móvil Flucooper	72
Figura 25: Abastecimiento de agregados	74
Figura 26: Distribución en la ubicación de la planta de concreto	75
Figura 27: Esquema de actividades.	83
Figura 28: Diagrama de procesos de construcción	84
Figura 29: Diagrama de Ishikawa de la gestión para obtener concreto premezclado.	85
Figura 30: Diagrama de Ishikawa de gestión para concreto fabricado en obra.	85

Figura 31: Carta balance de vaciado con concreto premezclado.	87
Figura 32: Carta balance de vaciado de concreto fabricado en obra.	89
Figura 33: Diagrama de flujo del concreto en obra.	90
Figura 34: Radio de influencia de la planta dosificadora Flucoper	96
Figura 35: Almacenaje de bolsas de cemento en área de trabajo.	97
Figura 36: Primera ubicación de la planta y sus respectivas zonas para cada material.	98
Figura 37: Gráfico de barras de costos por m <sup>3</sup> vs material	100
Figura 38: Cuadrilla en pleno trabajo de vaciado de concreto en losa.	103
Figura 39: Producción de m <sup>3</sup> de concreto por hora	104
Figura 40. Curva de aprendizaje	105
Figura 41: Diagrama Ishikawa para identificar las causas de la baja producción	105
Figura 42: Abastecimiento de agua mediante un motor para la planta dosificadora.	106
Figura 43: Abastecimiento de cemento en la planta dosificadora.	107
Figura 44: Implementación del alimentador de cemento.	107
Figura 45: Conexión del tanque de agua a la planta dosificadora.	108
Figura 46: Diagrama de investigación, con detalles para las variables.	126
Figura 47: Proforma de planta de concreto Elkon	128
Figura 48: Características de planta dosificadora Esel.	129
Figura 49: Cotización de planta de concreto Esel.	130
Figura 50: Cotización de planta de concreto Haomei	131
Figura 51: Cotización de planta de concreto LiuGong.	132
Figura 52: Condiciones de planta de concreto LiuGong.	133
Figura 53: Cotización de planta móvil de concreto Flucoper.	134

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Definición conceptual de variables	46
Tabla 2: Operacionalización de las variables	47
Tabla 3: Requerimiento de concreto por estructura.	59
Tabla 4: Precio unitario de concreto premezclado.	62
Tabla 5: Comparación de capacidad y precios de plantas dosificadoras	72
Tabla 6: Costos de depreciación de la planta dosificadora.	80
Tabla 7: Precios de cemento por proveedores.	82
Tabla 8: Costo de materiales para el proyecto	82
Tabla 9: Carta balance para la colocación de concreto premezclado.	86
Tabla 10: Porcentaje de trabajos productivos.	87
Tabla 11: Resumen de trabajos con concreto premezclado.	87
Tabla 12: Carta balance para vaciado de concreto fabricado en obra.	88
Tabla 13: Porcentaje de trabajos productivos.	88
Tabla 14: Resumen de trabajos con concreto fabricado en obra.	89
Tabla 15: Registros de vaciado de concreto premezclado en el mes de Enero	91
Tabla 16: Registros del vaciado de concreto fabricado en obra en el mes de marzo.	92
Tabla 17: Rendimiento de vaciado con concreto premezclado	93
Tabla 18: Rendimiento de vaciado con planta dosificadora de concreto	94
Tabla 19: Dosificación de concreto con $f_c=175\text{kg/cm}^2$	98
Tabla 20: Producción de concreto semanal.	99
Tabla 21: Costos de material por $\text{m}^3$	99
Tabla 22: Programación de acopio de materiales en el mes de Abril.	101
Tabla 23: Cuadrilla de vaciado de concreto.	103
Tabla 24: Aumento de la producción de $\text{m}^3$ de concreto x hora.	104
Tabla 25: Costo de concreto hecho en obra por $\text{m}^3$	109
Tabla 26: Costo por mantenimiento mensual.	109
Tabla 27. Gastos aplicados a la planta dosificadora.	109
Tabla 28: Ahorro en abastecimiento de concreto por etapa	110
Tabla 29: Resultados del Análisis económico	111
Tabla 30: Resultados de flujo de producción	111
Tabla 31: Resultados del cronograma	111



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación PLANTA DOSIFICADORA DE CONCRETO EN OBRA PARA MEJORAR LA RENTABILIDAD EN UN PROYECTO DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL, LURÍN AÑO-2019, cuyo objetivo principal fue determinar que el abastecimiento de concreto mediante una planta dosificadora en obra incrementa la rentabilidad en proyectos de viviendas de interés social, aplicando la teoría costo-beneficio. La propuesta de implementación del abastecimiento de concreto por una planta dosificadora en obra estuvo aplicada al conjunto habitacional La Estancia de Lurín, que fue tomado como caso de estudio utilizando la recolección de datos propios del proyecto.

Se utilizó el método de investigación deductivo, debido a que se parte de un marco conceptual general para llegar al caso específico; de orientación aplicada porque propone un nuevo tipo de abastecimiento de concreto, enfoque cuantitativo, de tipo y nivel descriptivo, con un diseño no experimental, de corte transversal y prospectivo. La población de estudio estuvo definida por proyectos de viviendas de interés social que se encuentren en ejecución mediante el sistema estructural de muros de ductilidad limitada y el sistema constructivo monolítico en Lima Metropolitana.

Se determinó que el abastecimiento de concreto mediante una planta dosificadora en obra disminuye los costos, aumenta la productividad y reduce los tiempos; en otras palabras, aumenta la rentabilidad en proyectos de viviendas de interés social.

**Palabras clave:** Abastecimiento de concreto en obra, concreto, planta dosificadora de concreto, rentabilidad, proyecto de viviendas de interés social, sistema estructural de muros de ductilidad limitada, sistema constructivo monolítico.

## **ABSTRACT**

The present research work CONCRETE DOSING PLANT IN WORK TO IMPROVE PROFITABILITY IN A SOCIAL INTEREST HOUSING PROJECT, LURIN YEAR-2019, whose main objective was to determine that the supply of concrete through a dosing plant on site increases profitability in projects of social interest housing, applying the cost-benefit theory. The proposal for the implementation of the supply of concrete by a dosing plant on site was applied to the housing complex La Estancia de Lurín, which was taken as a case study using the collection of data from the project.

The deductive investigation method was used, because it starts from a general conceptual framework to arrive at the specific case; of guidance applied because it proposes a new type of concrete supply, quantitative approach, type and descriptive level, with a non-experimental, cross-sectional and prospective design. The study population was defined by social interest housing projects that are being implemented through the structural system of limited ductility walls and the monolithic construction system in Metropolitan Lima.

It was determined that the supply of concrete through a dosing plant on site reduces costs, increases productivity and reduces time; In other words, profitability increases in social interest housing projects.

**Keywords:** Supply of concrete on site, concrete, concrete dosing plant, profitability, social interest housing project, structural system of limited ductility walls, monolithic construction system.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema de producción de concreto con una planta dosificadora en obra para aumentar la rentabilidad en proyectos de viviendas de interés social. El desarrollo de estos proyectos es promovido por el Estado, considerando el déficit de viviendas en el país en los sectores de escasos recursos. La mayoría de estos proyectos se desarrollan en zonas periféricas a la ciudad, debido a que los precios y extensiones de terreno que se ofertan en estos lugares los hacen atractivos para su desarrollo y construcción. El sistema de construcción para este tipo de proyectos debe ser sencillo, seguro y rápido; el sistema de vivienda monolítica cumple con las características mencionadas, el material principal en este sistema es el concreto, por el complejo manejo de grandes volúmenes de concreto que demandan los proyectos sujetos a este sistema de construcción se acude a proveedores de concreto premezclado que lo puedan. Sin embargo, las condiciones de la zona donde se desarrolla el proyecto presenta inconvenientes en las vías de acceso, la cual hace que el abastecimiento y colocación de concreto no sea constante, generando problemas de retrasos en el cronograma de obra, disminución de la productividad y aumento de costos, influyendo negativamente en la rentabilidad.

En el desarrollo de la investigación presentamos un marco metodológico de tipo y nivel descriptivo, donde identificaremos las causas que afectan la rentabilidad en el proyecto La Estancia de Lurín.

La investigación presenta implementar el sistema de abastecimiento de concreto mediante una planta dosificadora en obra para mejorar la rentabilidad en proyectos de viviendas de interés social, con el apoyo de herramientas como análisis económico para la etapa de operación de la maquinaria. Con el implemento de la planta dosificadora de concreto en obra se analizará el flujo de producción de concreto y se cuantificará la

productividad en la partidas relacionadas al uso del concreto, para el desarrollo se usará las cartas balance. Con herramientas como cronogramas se determinara el impacto en el tiempo de ejecución con el nuevo abastecimiento de concreto implementado.

Al analizar el conjunto habitacional La Estancia de Lurín, se determina que debido al concreto fabricado en obra se genera un incremento en la rentabilidad cumpliendo con los plazos establecidos. Otra de las ventajas de contar con la planta de concreto en obra, es que el proceso de fabricación es controlado por la empresa, lo que hace que la disponibilidad del concreto sea inmediata sin perjudicarse por factores externos.

De esta manera, se afirma que este nuevo sistema de abastecimiento de concreto al ser aplicado en proyectos con similares características al del conjunto habitacional La Estancia de Lurín, obtendría los mismos beneficios.

La presente investigación se divide en 6 capítulos:

En el Capítulo I se presenta la descripción del problema, el problema general y específico, además de los objetivos generales y específicos, la importancia y justificación del estudio, limitaciones, viabilidad y los alcances.

En el Capítulo II se presentan los antecedentes de investigación, bases teóricas y definiciones conceptuales. Además, de la estructura teórica y científica que sustenta el estudio, la hipótesis general y las hipótesis específicas, la definición y operacionalización de las variables.

En el Capítulo III se presenta la metodología de la investigación, población y muestra, diseño muestral y técnicas de recolección de datos.

En el Capítulo IV se realiza el desarrollo de la investigación, según el marco teórico presentado en el Capítulo II.

En el Capítulo V se presenta la aplicación de la investigación, aplicando el desarrollo del capítulo anterior.

En el Capítulo VI se realiza la presentación de resultados de la investigación, análisis e interpretación de los resultados, la contratación de las hipótesis y la discusión de resultados.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Las viviendas de interés social son proyectos destinados a sectores socioeconómicos C, D y E, los cuales según el reporte de Ipsos al 2019 representan al 72.1% de la población y según CPI representan al 72.3% de la población en Lima metropolitana, siendo representado por los sectores más vulnerables de la población.

Los proyectos de viviendas de interés social son construidos mediante técnicas de construcción, que deben de ser los más eficientes y productivos. Como alternativa de construcción el proyecto de viviendas de interés social La Estancia de Lurín emplea el sistema conocido como vaciado monolítico de concreto, que permiten entregar el casco de una vivienda en menor tiempo, reduciendo costos y tiempos de entrega de manera significativa. Mediante este sistema de construcción se tiene al concreto como material predominante, el cual al ser vaciado en el encofrado nos permite construir más rápido la vivienda generando una producción de viviendas constante.

Los proyectos de viviendas de interés social se ven afectados debido a que el concreto se vuelve una prioridad para el desarrollo del proyecto, siendo el abastecimiento usual por concreto premezclado. El principal problema es el ineficiente abastecimiento de concreto premezclado que provoca un suministro discontinuo de concreto, el aumento de costos de operación, la disminución de la producción de viviendas y el incumplimiento del cronograma de obra. Es apreciable la reducción de la productividad debido a las horas muertas del personal a cargo, que en conjunto a los otros problemas mencionados generan costos adicionales disminuyendo la rentabilidad.

Estos problemas son característicos de los proyectos de viviendas de interés social realizados en Lima Metropolitana; debido a su ubicación, la cual es definida por la gran cantidad de unidades de vivienda a construir en un proyecto, se obliga a buscar terrenos

de extensas áreas y de precios económicos. En la actualidad los terrenos con esas características se ubican en las zonas periféricas de la ciudad. La ubicación del proyecto de la presente investigación, es el distrito de Lurín.

El proyecto en estudio cuenta con abastecimiento de concreto premezclado, pero la accidentada accesibilidad y el problema de la congestión vehicular que presenta la zona, genera que el tiempo de llegada de los camiones mixer se extienda y no sea constante, entregando así un concreto con diferentes características al elaborado en su planta. Siendo un punto crítico para mejorar la rentabilidad aplicar un correcto sistema de abastecimiento de concreto.

La investigación plantea una alternativa para elaborar concreto en obra mediante una planta dosificadora la cual no solo estaría enfocada en una disminución de tiempos, aumentar la productividad y reducir los costos, sino también en una mejora de la rentabilidad y del proceso en general, que puedan tener gran influencia en el producto final.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo el uso de una planta dosificadora de concreto en obra mejora la rentabilidad en un proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cómo el análisis económico de concreto en obra afecta en el costo del proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín?
- b) ¿Cómo el flujo de producción para el vaciado de concreto en obra influye en la productividad en el proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín?

- c) ¿Cómo el cronograma de vaciado de concreto en obra influye en el tiempo de ejecución en el proyecto de viviendas de interés social, en el distrito de Lurín?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Probar que a través del uso de una planta dosificadora de concreto en obra se mejora la rentabilidad de un proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a) Realizar el análisis económico de concreto en obra para reducir el costo en el proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín.
- b) Analizar el flujo de producción para el vaciado de concreto en obra a fin de cuantificar la productividad, en el proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín.
- c) Realizar el cronograma de vaciado de concreto en obra a fin de determinar el tiempo de ejecución del proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín.

### **1.4. Justificación e importancia de la investigación**

#### **1.4.1. Justificación**

##### **1.4.1.1. Conveniencia**

En la actualidad el abastecimiento de concreto para proyectos de viviendas de interés social en el Perú es principalmente por empresas de concreto premezclado, que en la mayoría de los casos es de muy buena calidad, pero no permite optimizaciones de insumos, elaboración de un concreto a la medida de la necesidad del día a día y cumplir el cronograma estimado de trabajos, por lo que ocasiona problemas en productividad, costo y tiempo en el proyecto, esto debido principalmente al complejo manejo de volúmenes masivos de concreto. Todos estos percances incrementan los gastos

adicionales y al ser un trabajo donde se maneja volúmenes masivos de concreto, impacta directamente a la rentabilidad del proyecto.

La presente tesis será conveniente porque abarca un método de mejora de la rentabilidad mediante el abastecimiento de concreto por una planta dosificadora en obra que permite controlar su producción a medida de la necesidad del día a día.

#### **1.4.1.2. Relevancia Social**

La investigación propone el uso de una planta dosificadora de concreto en obra que abastecerá inmediatamente de concreto al proyecto de interés social, por consiguiente, se prescindirá de concreto premezclado.

Esta planta dosificadora beneficiaría al personal involucrado en la partida de concreto que recibirá reconocimientos por su desempeño al disminuir el tiempo de vaciado de concreto. También disminuiría el costo de la partida de concreto, por lo que el producto final se entregará a buen precio y de buena calidad, beneficiando así a sectores socioeconómicos de escasos recursos.

#### **1.4.1.3. Aplicaciones prácticas**

Actualmente el ineficiente abastecimiento de concreto en proyectos de viviendas de interés social aumenta los costos del concreto y el tiempo de programación de partidas relacionadas al concreto, por lo que se recurre a emplear horas extra; provocando el aumento del presupuesto del proyecto.

Mediante la aplicación del abastecimiento de concreto con una planta dosificadora en obra y apoyado de la herramienta de costo-beneficio se busca disminuir el costo de concreto, aumentar la productividad y cumplir con los tiempos de vaciado de concreto en un proyecto de viviendas de interés social, mejorando la rentabilidad en el proyecto.

#### **1.4.1.4. Utilidad metodológica**

En la investigación se implementaron metodologías que permiten analizar a proyectos de viviendas de interés social que planeen implementar el sistema de abastecimiento de concreto mediante una planta dosificadora en obra.

#### **1.4.2. Importancia**

En la actualidad, en nuestro país se viene desarrollando proyectos de interés social debido al déficit de viviendas para los sectores socioeconómicos C, D y E que representan más del 70% de la población en solo Lima Metropolitana. El estado promoverá el desarrollo de 70000 viviendas sociales según expresó el ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento en el diario El Peruano a inicios del año 2019.

El desarrollo de estos proyectos en su mayoría se realiza en lugares alejados del centro de las ciudades, además en las regiones donde se desarrollan los proyectos no siempre se cuenta con un proveedor de concreto premezclado, a consecuencia de esto obliga al constructor el retraso del inicio de la construcción y al aumento de precios de las viviendas.

Como alternativa al problema del ineficiente abastecimiento de concreto premezclado, se presenta la investigación solucionando el problema de suministro de concreto, y una consecuencia de ello es que la constructora y/o inmobiliaria entregaría el proyecto según lo planificado y mejorando la rentabilidad del proyecto, también aporta económicamente a promover nuevos puestos de trabajo en la región.

. La planta dosificadora contribuirá de manera directa al conjunto habitacional La Estancia de Lurín, la cual será referente de proyectos de similares características.

#### **1.5. Limitaciones de la investigación**

La presente investigación tendrá las siguientes limitaciones:

En lo referente al espacio, el estudio se llevará a cabo en el distrito de Lurín, provincia de Lima y departamento de Lima.

En lo referente al lugar de propuesta de abastecimiento por una planta dosificadora, el estudio tomará en cuenta las características del conjunto habitacional La Estancia de Lurín, considerando su sistema constructivo, sistema estructural, volumen y costo de concreto por vivienda, así como el cronograma de ejecución.

El trabajo de estudio tiene como limitación la reducida información nacional relacionada directamente al objetivo de estudio. La empresa Desarrollo de Proyectos Inmobiliarios compartirá los datos necesarios para lograr el objetivo del presente estudio.

También se tiene las limitaciones en el estudio teniendo el enfoque particular de la planta dosificadora en obra como medio de mejorar la rentabilidad, pudiendo también abarcar el tema de diseño de mezcla de concreto, pero por tema de investigación no se tomó en consideración. Dejando este tema por desarrollar en futuras investigaciones similares.

### **1.6. Viabilidad**

Se cuenta con acceso a la información de la empresa constructora e inmobiliaria Desarrollo de Proyectos Inmobiliarios que ejecuta el proyecto de viviendas de interés social La Estancia de Lurín, tanto de oficina técnica y de campo. Además, se cuenta con la colaboración de los responsables de la obra, quienes compartieron información del proyecto mediante reportes e informes.

### **1.7. Alcances**

La investigación comprende proyectos de viviendas de interés social que implementen el sistema constructivo monolítico de concreto y con sistema estructural de muros de ductilidad limitada para abastecer de concreto mediante una planta dosificadora en obra, también será necesaria la inclusión de proyectos con otro sistema de

abastecimiento de concreto para comparar resultados entre ellos. Se enfatizó el estudio en las partidas que dependen del concreto, como la producción de concreto y el vaciado de elementos estructurales durante el lapso de 6 meses que duró la investigación.

La presente tesis está destinada a ofrecer una orientación para empresas que realicen proyectos de viviendas de interés social y requieran un nuevo método para mejorar la rentabilidad, teniendo a la planta dosificadora de concreto como un sistema de abastecimiento de concreto eficiente. Aporta también en la toma de decisiones para la inversión en maquinarias.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Marco histórico**

#### **2.1.1. Investigaciones nacionales**

Acosta (2006) en su informe de suficiencia llevó como objetivo principal satisfacer de viviendas en el distrito de Comas. En sus objetivos específicos buscó brindar 201 viviendas al menor costo y minimizando el impacto ambiental, así como, ejecutar el proyecto con un buen margen de utilidad y con el menor tiempo posible. Detalló los estudios técnicos de todas las especialidades, costos y seguimiento desde el estudio de Pre factibilidad hasta la Post-venta. Asimismo, desarrolló el sistema constructivo de muros de ductilidad limitada debido a que es más económico en comparación a otros sistemas. En los detalles que mostró en sus resultados sobre el presupuesto con el sistema de muros de ductilidad limitada, la partida de estructuras supone más del 60% del presupuesto resumen y dentro de ésta se encuentra la subpartida de concreto armado que supone el 80% de su presupuesto. Comparando con los otros sistemas, llegó a la conclusión que el sistema de ductilidad limitada resulta más económico y permite mayor velocidad de ejecución, permitiendo construir una vivienda por día. El concreto empleado en el sistema fue el concreto premezclado y se contó con el uso de bombas de concreto para disminuir tiempos de llenado.

El informe estudió un proyecto de viviendas de interés social que se relaciona con la presente investigación. Se considera las conclusiones a las que llegó el autor para verificar la aplicación del sistema constructivo.

Alca, Maldonado y Reátegui (2015) tuvieron como objetivo eliminar los tiempos muertos optimizando de la mejor manera los equipos que se manejan en la planta para la fabricación de concreto, analizaron el proceso de producción de concreto en la empresa Mixercon e identificaron las deficiencias que padece para desarrollar un plan de mejora. Ofrecieron como resultado que para reducir los tiempos muertos en el carguío de agregados hacia la planta se debe disponer de un adecuado patio de maniobras que permita el libre tránsito y disposición de materiales.

La actual investigación se relaciona con los resultados obtenidos sobre habilitar un correcto patio de maniobras para el correcto abastecimiento de agregados en la planta.

Barreda (2017) presentó las desventajas del concreto premezclado que no permite optimizaciones de insumos ni elaboración de concreto a medida de la necesidad diaria. El objetivo de su investigación fue demostrar las mejoras en la eficiencia que se puede realizar en obra a través de un correcto manejo del concreto, acompañado de buenos procesos constructivos. De los resultados que obtuvo se pudo concluir que el concreto en obra necesita optimizaciones según el requerimiento diario, lo cual es una recomendación que se comparte en la actual investigación. Los resultados obtenidos por Barreda son importantes para la decisión de implementación del sistema de abastecimiento de concreto en obra por una planta dosificadora en la actual investigación

Castillo (2012) expuso el inicio del uso de concreto armado para programas de vivienda económica. Comentó que en las últimas décadas los edificios de vivienda económica se hacían con muros de albañilería confinada,

debido a su mayor difusión de este sistema en nuestro país; pero aparecieron otros sistemas constructivos como: muros de albañilería armada, muros con unidades de albañilería sílico-calcáreos y muros con bloquetas de concreto vibrado. Debido al boom inmobiliario los gobiernos fomentaron la construcción de viviendas populares y se volvió a utilizar el sistema de muros portantes, pero reemplazando los muros de albañilería por muros de concreto armado. Se contó con concreto premezclado y encofrados metálicos, elementos que permiten optimizar los rendimientos en obra y además ofrecen la ventaja de hacer los muros más delgados. Al mismo tiempo ingresan al mercado las mallas electrosoldadas en reemplazo al fierro convencional, denominado sistema de ductilidad limitada. Este sistema es más rápido debido a que el vaciado de muros y techos se realizan al mismo tiempo.

Chang (2015) demostró la factibilidad del uso del sistema constructivo modular (sistema de vaciado monolítico) en obras de mayor escala, para poder disminuir la informalidad en la construcción y tener como consideración el uso de sistemas constructivos innovadores entre las principales opciones para empresas constructoras. En los resultados de su investigación obtuvo que el sistema de vaciado monolítico ofrece una gran ventaja en tiempo y costos para la construcción de obras a gran escala. Según lo investigado por Chang se tiene en común con la actual investigación el sistema de vaciado monolítico.

Torres (2011) desarrolló una metodología para aumentar la productividad en la fabricación de concreto e implementarlo en el sistema de producción. La tesis evaluó los principales factores que aumentan el costo de la

productividad y el de aminorar los costos de producción. El modelo Productor-Abastecedor trajo ventajas y desventajas esto de acuerdo a las condiciones planteadas de la obra. La planta tuvo una capacidad de producción de 10 a 12 m<sup>3</sup>/h. La demanda de la obra estudiada fue de 1600 m<sup>3</sup>, para poder cumplir la demanda requerida se planteó optimizar los procesos, con simulación Cyclone de procesos e Ishikawa para encontrar los factores que generan la baja productividad. Adicional se tomó en cuenta los principios del Lean Construction, minimizando pérdidas y tiempos muertos. El estudio permitió reconocer variables que afectan directamente el rendimiento de la mini planta para ciertas condiciones. Sin embargo, la tesis mencionada no considera como alternativa en el proceso de fabricación de concreto una planta dosificadora la cual aportaría a la reducción de costos y tiempo de fabricación debido a que la capacidad de la dosificadora está entre los 15 y 22.5 m<sup>3</sup>/h de concreto. Finalmente se optó por tomar como base el método, por medio de los cuales podremos obtener el aumento de la productividad, teniendo en cuenta que las condiciones son diferentes y que la demanda del proyecto y el rendimiento son mayores.

### **2.1.2. Investigaciones internacionales**

Carrillo, Alcocer y Aperador (2012) en su artículo realizaron un estudio experimental para caracterizar las propiedades mecánicas del concreto y así proponen recomendaciones respecto a la resistencia mínima a compresión del concreto para viviendas de baja altura y de bajo costo. Las conclusiones a las que llegaron los autores fue que la construcción

de viviendas con muros de concreto es una opción integralmente eficiente, pues satisface requisitos sismorresistentes.

De León (2013) expuso los cambios necesarios en los procedimientos, uso de materiales y tecnología que permitan optimizar el uso del cemento en la fabricación de concreto en Guatemala. Es importante el cemento en la fabricación del concreto ya que no solo aporta la resistencia deseada, sino que también es el material que económicamente más incide en el costo de fabricación. El cemento constituye un 47% del costo unitario de producción. En su tesis proporciona la cantidad de cemento usado por cada  $m^3$ , para una resistencia de  $175 \text{ kg/cm}^2$ , esta resistencia es la misma que se usa en el proyecto. Se tomará en cuenta la cantidad de cemento y las proporciones de agregado fino y grueso. La tesis no consideró que el concreto que se diseña tiene que ser bombeable, para llegar al objetivo que nuestro concreto sea bombeable se considera el slump del diseño siendo conservadores con la relación agua-cemento(a/c). A su vez se debe tener en consideración la optimización del cemento en el diseño de mezcla para reducir los costos.

Hernández y Sánchez (2015) presentaron la forma de evaluación financiera que contribuye a la toma de decisión entre dos alternativas de comprar o alquilar una maquinaria pesada destinada al movimiento de tierras, para una empresa ya constituida y operante, buscando la optimización de los recursos y por ende la maximización de los beneficios de la ejecución de obras civiles en Colombia. Uno de los motivos por la cual surgió la investigación se debe a que la cantidad de recursos disponibles del sector privado o sector estatal, siendo este último el que a través de contratos

y/o concesiones otorgan la autorización de la construcción de las obras civiles. Para una empresa de construcción, la decisión de obtener equipos, tiene trascendentales conveniencias estratégicas y a su vez, importantes cargas financieras. El potencial de producción de los equipos para la ejecución de movimientos de tierra se puede ver afectada por la no continuidad o la terminación del proyecto como es normal en la actividad de la construcción. Por el contrario, en la opción de alquiler, es posible afirmar que en caso de que haya continuidad de los proyectos de movimientos de tierra, los gastos por concepto de alquiler de equipo, se puede considerar despilfarros al no tomar el riesgo de invertir el valor de los alquileres en activos fijos de equipo. Otro aspecto muy importante a considerar, es el arrendamiento financiero- leasing, que se presenta como opción importante dentro del alquiler, dicha sub-opción, entraña diferentes implicaciones financieras, legales y tributarias a imputar en el proyecto, motivo por el cual es tomada en cuenta dentro la evaluación de las alternativas.

Hernández y Valderrama (2015) presentaron un modelo de mejoramiento de la productividad en una planta de concreto, con la finalidad de optimizar los estándares de producción y cumplir con sus metas. Evaluaron la eficiencia en el proceso de producción, diseñaron una herramienta de mejoramiento continuo en el sistema de producción e identificaron las actividades que no aportaban al objetivo del sistema. Con todo lo anterior incrementaron la capacidad instalada de la planta dosificadora de concreto.

Meza (2016) expuso que los proyectos de interés social se fomentan para los sectores socioeconómicos C, D y E. La vivienda social busca en principio acercar a la población con pocos recursos económicos a la obtención de una propiedad. Indicó que el problema de la vivienda en el Perú se debe subsanar inicialmente desde un nivel más profundo de desarrollo de políticas del Estado. Siendo más del 60% del déficit habitacional dentro del sector urbano, y mucha de esta problemática ocasionada por la constante migración, se debe asegurar que las personas puedan permanecer en su lugar de origen contando con la correcta atención a sus necesidades para no sobre poblar las ciudades y aumentar el problema del déficit habitacional. Por otro lado, indicó que la vivienda es un producto en el que se utiliza una gran cantidad de insumos y es habitual encontrar listas de 100 o más insumos en un proyecto; por tal motivo, es posible encontrar una amplia gama de variaciones, que pueden producir cambios en los costos. Recomendó estudiar estas variaciones, teniendo la precaución de respetar las condiciones del estándar mínimo, en sus diversos aspectos, que ha sido fijado por la autoridad, establecido en la política o es de común aceptación en la población. En otras palabras, se encontró aquí un punto en que es posible ajustar los costos de los proyectos, pero respetando cuidadosamente los límites impuestos por los estándares.

Sandoval (2013) presentó el análisis de los aspectos más importantes en el proceso de avalúo de equipos y maquinaria del sector construcción. Incluyó conceptos y aplicaciones que apoyará posteriormente. Ofreció una guía con información necesaria para estimar el costo real de la reposición de

una maquinaria, así como el costo de reemplazo de cada pieza según el nivel de desgaste que presente. Recomendó que el tiempo de vida de un equipo debe estar en función del mantenimiento que se le dé, lo cual también aumentaría su producción.

Duarte, Jiménez y Ruiz (2007) El análisis económico consiste en determinar el precio de producción, excluyendo las deformaciones existentes en el mercado y la subvaloración o sobrevaloración de los bienes en el mercado, en conjunto para determinar los beneficios y costos. La evaluación económica ofrece dos metodologías para su cálculo, la metodología de los criterios parciales y los métodos integrales. Para la presente investigación se empleará la metodología de los criterios parciales, teniendo como referencia la aplicación que se ejecuta en la publicación.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Proyectos de viviendas de interés social**

Los proyectos de viviendas de interés social están destinados a sectores socioeconómicos de escasos recursos, siendo los sectores más vulnerables de la población. El sistema constructivo debe ser el más eficiente y productivo posible.

### **2.2.2. Sistemas constructivos**

Se puede entender como sistema constructivo al conjunto de elementos y unidades de una estructura que son ejecutadas mediante una técnica adecuada y forman un solo elemento, según la norma G.040 de generalidades (MVCS, 2016, p. 2).

- **Sistema de vivienda monolítica de concreto.** Es un sistema que consiste en el vaciado de concreto a un molde prediseñado, obteniendo una sola

pieza como resultado una sola pieza de muros y losas, Además del concreto también participa el acero de refuerzo que gracias a sus propiedades hace que el sistema tenga un mejor comportamiento ante los sismos.

#### Ventajas

- Permite la construcción masiva en serie reduciendo los tiempos de ejecución y ahorrando gastos en la mano de obra.
- Fácil de colocación de tuberías para instalaciones eléctricas y sanitarias.
- Permite una entrega más rápida de obras terminadas.
- Mayor rigidez estructural debido a que el concreto posee una alta resistencia a la compresión y el acero flexibiliza la rigidez del concreto, actuando de manera portante y sismo resistente.
- Promueve que el trabajo sea más económico

Según las características mencionadas se presenta un encofrado que se adecua a cubrir las demandas necesarias para las labores de obra, como se señala en la Figura 1.

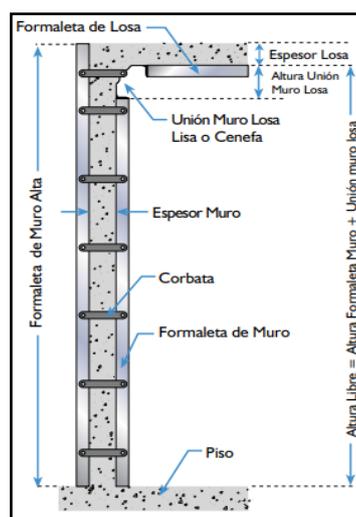


Figura 1: Encofrado para el sistema de construcción monolítico

Fuente: Encofrados Forsa

### **2.2.3. Concreto masivo**

#### **2.2.3.1. Aspectos fundamentales del concreto**

El concreto es una mezcla que contiene por lo menos cemento, agua y agregados de diferentes diámetros, en ocasiones se le puede agregar aditivos para modificar alguna de sus propiedades que se requiera. El cemento y el agua forman una pasta adherente que mantiene unidos a los agregados cuando se endurece. El concreto en estado fresco es una mezcla fluida y trabajable que se adapta en casi cualquier forma del molde que lo contenga. Al momento de mezclar, el concreto se va endureciendo lentamente, a este proceso se le denomina fragua, pero permanece fluido y trabajable por varias horas. Luego de alcanzar el fraguado inicial, el concreto va aumentando resistencia durante varios meses y en ocasiones años, pero la resistencia a la compresión requerida se debería alcanzar a los 28 días. El incremento de la resistencia se da mientras se evita que el concreto seque. Al momento que el concreto se seca, las reacciones químicas se detienen. El concreto endurecido sufre mínimos cambios de volumen, debido a la variación de temperatura, contenido de humedad y esfuerzos soportados. El concreto se contrae cuando se seca. Pese a que el concreto fresco permanece fluido por poco tiempo, sus propiedades son importantes, debido a que influyen en la calidad y costo del concreto endurecido. Por lo general, la mezcla más económica es aquella que posee mayor proporción agregado/cemento, pero controlando la relación agua/cemento necesario para desarrollar la resistencia, durabilidad y otras propiedades requeridas (IMCYC, 1991, p. 9).

La compra y venta de concreto se da por unidad de metro cúbico. La especificación ASTM C 94 para concreto premezclado es un documento que

incluye los requisitos para ordenar, dosificar y suministrar concreto premezclado. El volumen real de concreto producido en un lote de concreto premezclado se calcula con el rendimiento del lote en metros cúbicos, mediante la suma de cada uno de los pesos de los componentes que se agregan en la revolvedora. El comprador de concreto, además de solicitar el volumen necesario también indicará una o más propiedades del concreto que requiera, según las funciones correspondientes a su aplicación. Las propiedades a especificar son las siguientes:

- Resistencia a la compresión, se expresa en  $\text{kg/cm}^2$ . La resistencia final del concreto se puede calcular mediante muestras del concreto colocadas en moldes cilíndricos de 30 cm de longitud y 15 cm de diámetro, llamados probetas, las cuales se someten a pruebas en una máquina a compresión, la que aplica carga constante hasta llegar a la falla, esta fuerza se registra y luego se utiliza para hallar la resistencia a la compresión.
- Tamaño máximo de agregado, las partículas mayores del concreto deben ser capaces de pasar entre el armado de acero de refuerzo y otros puntos obstruidos, por lo cual es necesario especificar el tamaño máximo de agregado grueso.
- Asentamiento, es un indicador de la trabajabilidad. La prueba de asentamiento consiste en llenar 3 capas de concreto en un molde en forma de cono de 30 cm de altura y 10 cm de diámetro en el círculo menor, cada capa se compacta 25 veces con una varilla de 5/8". Al momento que se llena, se levanta el molde y la magnitud del asentamiento es la medida entre el molde retirado y el concreto revenido, esta medida se halla colocando el molde cónico al lado del concreto revenido y sosteniendo la

varilla sobre la parte superior del molde para medir con una regla el asentamiento en cm de la superficie superior del concreto.

Según el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC, 1991, p.133).

### **2.2.3.2. Planta dosificadora de concreto**

Es una instalación utilizada para producir lotes de concreto, un lote es la suma de los componentes: agregados, cemento y agua (adicional se puede incluir aditivos o fibras de refuerzos), los componentes son dosificados en las proporciones adecuadas según el pedido requerido. Básicamente existen dos tipos de plantas de dosificación según el tipo de concreto que produce; el concreto seco y el concreto húmedo. Un concreto seco se refiere a que la planta donde se dosifica carece de un mezclador, la mezcla y la homogenización de los componentes se realiza en un camión revolvedor o mixer (IMCYC, 1991, p.19).

A diferencia de la planta de concreto seco la planta de producción de concreto húmedo incluye una, mezcladora que es la encargada de homogenizar la mezcla de concreto. Según la movilidad de la planta se clasifican en plantas fijas y móviles. Las plantas fijas son instalaciones que tiene una localización fija, el diseño de la planta se diseña e instala con la idea de no ser trasladada a lo largo de su vida útil. Las plantas móviles son destinadas a trabajar en una obra o proyecto, después de la finalización del proyecto, la planta es desmontada, trasladada y ensamblada en otro lugar de trabajo. Además, la capacidad productiva de una planta se determina por la combinación de detalles como: sistema de manejo de materiales, tamaño de los silos, tamaño de la mezcladora y la dosificación de los materiales. La dosificación es la tarea

más importante de la operación de la producción de concreto pues dependerá de esta tarea para cumplir con los requisitos solicitados por el proyecto; por eso es importante saber el tipo de sistema de dosificación, pues éste apoyara y marcara el ritmo de la producción de la planta. En el mercado existen plantas de producción de concreto que tienen sistemas de dosificación manual, semiautomática y automática. La dosificación manual, las operaciones de pesado y dosificación de materiales se realiza manualmente. Las plantas manuales son aceptables para volúmenes de vaciado diario inferiores a 100 m<sup>3</sup> diarios, la capacidad de producción de estas plantas esta entre los 15 y 50 m<sup>3</sup>/hora (IMCYC, 1991, p. 20).

En el sistema de dosificación semiautomática las compuertas de los agregados para cargar las tolvas medidoras, se operan manualmente mediante botones o interruptores de presión. Las puertas se cierran automáticamente cuando el peso estipulado ha sido pesado. La capacidad de producción varía entre 50 y 80 m<sup>3</sup>/ hora. Un sistema de dosificación automática la dosificación se maneja eléctricamente por medio de un solo control de mando, este sistema proporciona una dosificación de mayor exactitud en la producción a alta velocidad, debido a ello la capacidad de producción varía entre los 90 y 180 m<sup>3</sup>/hora (IMCYC, 1991, p. 21).

La planta dosificadora de concreto es una fábrica, tenemos dos tipos de dosificación:

- En un camión mixer, por medio de la dosificación seca, el operador de la planta mide y descarga los componentes dentro de la revolvedora del camión para mezclarlos. Una planta para camiones revolvedoras no

necesita revolvedora estacionaria, el concreto producido por este sistema se denomina concreto mezclado en camión.

- En una planta mezcladora central, donde se descargan los componentes dosificados en una planta interna, revolvedora estacionaria que los mezcla antes de descargarlos en la unidad de entrega. En lenguaje técnico, a este concreto producido por planta mezcladora se le denomina concreto premezclado o concreto parcialmente premezclado. La diferencia es que el concreto premezclado se entrega al usuario final listo para ser aplicado, mientras que el concreto parcialmente premezclado se mezcla en parte dentro de la revolvedora central para combinar inicialmente los componentes y se tiene que mezclar antes de la entrega al usuario final (IMCYC, 1991, p. 21).

#### **2.2.3.3. Mezclado**

El proceso de mezclado es trascendental para completar el proceso de producción de concreto, por lo tanto, el equipo debe de realizar una mezcla uniforme. Los tipos más comunes de mezcladoras son las de tambor, de eje vertical y la de aspas de eje en espiral. Las mezclas de concreto deben tener ciertas propiedades como la trabajabilidad, ya que debido a esta propiedad podrá ser transportado, colocado, vibrado y acabado con el mínimo esfuerzo, además debe ser consistente (fluidez) y tener cohesividad que permita su adecuada colocación en los encofrados. Debe de considerarse que el tiempo de mezclado empieza desde momento en el cual están todos los materiales dentro de la mezcladora, pues a partir de ese punto empieza a obtener nuevas propiedades, debido a las reacciones químicas (IMCYC, 1991, p. 47).

## **2.2.4. Transporte del concreto**

### **2.2.4.1. Consideraciones generales**

El concreto puede ser transportado por diferentes métodos y equipos, como un camión mixer, camión de caja fija, cucharones de maquinarias, bombas, tubo tremie, camión pluma, entre otros. Además, el método para elegir el transporte del concreto dependerá de las condiciones de la obra y que el costo no sea muy elevado (IMCYC, 1991, pp. 9-12).

### **2.2.4.2. Mezclado y transporte en camiones de tambor giratorio**

El mezclado en camión de tambor giratorio (mixer) es un proceso en el cual los materiales debidamente dosificados en una planta dosificadora se transfieran a un camión mixer en donde se realiza la operación de mezclado, la velocidad del tambor debe de estar entre las 70 y 100 revoluciones; antes de empezar la descarga se debe hacer girar el tambor a una velocidad de 10 a 15 revoluciones. El concreto mezclado parcialmente en la planta y terminado en tránsito se debe a que se realiza una mezcla de 15 a 30 segundos en la mezcladora y después se transfiera al mixer para que lo complete durante la trayectoria hacia su punto de descarga (Rivera, 2000, pp. 63-64).

Excepcionalmente y en muy pocos casos se realiza una dosificación en seco y directamente se transfiere al mixer y cuando está cerca del punto de descarga se agrega el agua para empezar con la operación de mezclado con una velocidad de 70 a 100 revoluciones. Este método es aplicado cuando el punto de descarga se ubica lejos de la planta o existen demoras en la trayectoria.

Una característica importante en el método de transportar concreto a través de camiones mixer es la capacidad de volumen a transportar ya que solo es posible

aprovechar un 65% del volumen total, debido a que con este porcentaje se realizará una óptima mezcla homogénea (Rivera, 2000, p.64).

## **2.2.5. Colocación del concreto**

### **2.2.5.1. Consideraciones generales**

La colocación de concreto se efectúa con recipientes, tolvas, carretillas de mano o de motor, conductos o tubos de caída, bandas transportadoras, aire comprimido, bombeo y entre otros. La selección del equipo debe basarse en su capacidad para manejar eficientemente el concreto en las condiciones más ventajosas, de tal manera que pueda ser fácilmente consolidado en su lugar mediante el vibrado, además se debe controlar el tiempo de vibrado para evitar problemas de separación del agregado grueso del concreto.

### **2.2.5.2. Equipos de colocación**

Se menciona el equipo involucrado en la investigación:

#### **a. Bombas de concreto**

El sistema de colocación de concreto a través de bombas es empleado en casi todas las construcciones, además que son útiles en donde el espacio es reducido o el acceso para el equipo es difícil.

La industria actualmente ofrece múltiples tipos de bombas, cada una de ellas de acuerdo a las necesidades de cada caso.

Las bombas se dividen en dos grupos: las bombas estacionarias y las autobombas.

Las bombas estacionarias tienen la ventaja de poder realizar el vaciado en lugares donde el acceso y las condiciones del lugar no lo permiten. La ventaja se debe que desde el punto de estacionamiento de la bomba se

empieza a realizar el bombeo a través del tendido de tuberías (Putmeizter, 2007, p.2)

La desventaja de contar con una bomba estacionaria es el tiempo de tendido de tuberías y posterior recojo y lavado de las tuberías. A diferencia de las bombas estacionarias las autobombas o bombas plumas tienen la ventaja de poder contar con las tuberías ensambladas y se pueden movilizar para abastecer en otro punto. La desventaja de este sistema es que el punto de abastecimiento es limitado debido a que solo cuenta con un número limitado de tuberías ensamblada.

#### **2.2.6. Análisis económico**

El análisis económico es fundamental para la toma de decisiones, no solo se realiza en la etapa de inicio del proyecto, sino también durante cada etapa. Los proyectos se dividen en etapas, al finalizar cada una de las etapas se debe comprobar que los objetivos se cumplieron y establecer los nuevos objetivos de las siguientes etapas.

Para la incorporación de una nueva maquinaria en el proyecto se realizará el análisis económico. Para obtener los costos se realizará el análisis económico con ambas alternativas.

Para determinar los costos en el equipo, es necesario considerar las especificaciones técnicas y económicas, desde el estudio de materiales hasta los medios y procedimientos para aplicarlos en obras. Se suele llamar como la sumatoria de los gastos que se generaron en el momento de adquirirse, construirse o montarse una máquina o equipo, para maquinaria ubicada en el país, sin importar su procedencia, dicho costo será el que pague por su precio al contado, sin incluir gastos de intereses por la venta al crédito.

En equipos o máquinas importados dicho costo será el de la mercancía nacionalizada. Para maquinaria, equipos e instalaciones especiales, fabricados, contruidos o armados en sitio en la empresa, dicho costo viene dado por la suma de los gastos de ingeniería y gastos generales imputables a fabricación, montaje o construcción de los mismos. La maquinaria presenta costos de operación, para lo cual es necesario realizar el análisis económico que abarque toda la inversión a realizar para obtener el producto final. (Díaz, 2001, pp.19-40)

El análisis económico tiene como objetivo, determinar los beneficios y costos. La evaluación económica, se encamina en determinar el precio económico de los factores de producción, eliminando las distorsiones existentes en el mercado y la subvaloración o sobrevaloración de los bienes en el mercado. Se presenta un método que transforma los precios financieros en precios económicos. Para comprender mejor los métodos empleados, se procede a realizar aproximaciones sucesivas; partiendo primero de los precios económicos en un mercado sin distorsiones (competencia perfecta) y luego se procede a analizar los efectos producidos por los diferentes tipos de distorsiones que eventualmente existen en el mercado. (Duarte et al., 2007, p.334).

Los costos provenientes del equipo se calculan por todo su tiempo de uso en el proyecto, incluido el mantenimiento.

- Adquisición: Se refiere al costo de compra de la maquinaria, incluye costos de instalación de maquinaria y transporte.

- **Mantenimiento:** Posterior a la compra de la maquinaria, para evitar percances que reduzcan el rendimiento y calidad de la maquinaria, se requiere hacer mantenimientos cada determinado tiempo.
- **Valor de depreciación:** Los altos costos de las maquinarias en la actualidad obligan al comprador a revender la máquina para calcular la inversión neta despreciable y establecer el punto de equilibrio de la inversión. La planta dosificadora de concreto sufrirá una depreciación en su costo en relación al tiempo y tipo de uso que afronte. Es muy útil para calcular el precio de reventa de la maquinaria al finalizar el proyecto.

Se refiere a la pérdida de valor de un activo tangible, por diversos motivos.

Se experimenta a la desvalorización que ocurre con el bien material a medida que pasa el tiempo.

Se presenta los siguientes modelos de cálculo de depreciación:

- **Método de línea recta.** Es el método más usado, consiste en otorgar el tiempo de vida útil a la máquina y que su valor se deprecie hasta la nulidad al final de su vida útil.
- **Método de Ross.** Varía el factor de depreciación comparado al método lineal, se reemplazó la relación de años de uso entre vida útil por la semisuma de esta misma relación y el cuadrado de este.

Debido al alto costo de las maquinarias, se debe considerar el valor de reventa para calcular la inversión neta. Los factores más importantes para definir el valor de reventa son: horas de servicio de la máquina, tipos de trabajo realizado, condiciones de operación y estado en el que se encuentra.

Materiales e insumos: Se calculará por cada metro cúbico de concreto producido.

Con materiales se refiere a la materia prima que se utiliza en la elaboración de concreto, tales como: cemento, piedra chancada Huso 67, arena y agua. Por insumos se refiere al combustible necesario para la planta dosificadora y para la retroexcavadora de abastecimiento.

Recurso humano: Se debe estimar la cuadrilla de trabajo para la partida en trabajo, considerando operario de maquinaria, operario de planta y ayudantes.

### **2.2.7. Rentabilidad**

Carro y Gonzales (2011) expresa a la rentabilidad como la relación entre la utilidad obtenida y el valor total de activos en generarla. El índice de rentabilidad comenzó a usarse en 1990, por la empresa DuPont como un sistema de control interno tomándolo como medida clave del desempeño de la gestión. Posteriormente, muchas empresas han usado este índice con distintas variantes en el numerador y el denominador a fin de lograr medidas más realistas o simples. (p. 5)

Se entiende como rentable aquella inversión en la que el valor de los rendimientos que proporciona es superior al de los recursos que utiliza. Para determinar la rentabilidad de una inversión, o para decidir entre varias inversiones alternativas en términos de rentabilidad se puede calcular los ingresos, que es el dinero que se obtiene de las ventas de los productos y/o servicios; otra son los beneficios, que es la diferencia entre esos ingresos y los gastos también se pueden apreciar otro tipo de beneficios consecuentes a la

toma de decisiones; y finalmente está la rentabilidad, que es el porcentaje de la inversión que suponen los beneficios (Duarte, Jiménez y Ruiz, 2007, p. 338). La rentabilidad se puede calcular en la etapa de planeación como de ejecución de un proyecto, dependiendo de la acción que se analizará. Para la investigación se analizará la rentabilidad específicamente en el aporte de una maquinaria a un proyecto. Para poder aceptar que la decisión de adquirir la maquinaria es rentable, se debe hacer un análisis comparativo con el anterior método de trabajo y comparar con la propuesta. El método de cálculo del índice de rentabilidad es el análisis económico que se apoyará en el Costo-Beneficio. Esta relación se obtiene al obtener el valor actual de los ingresos o beneficios y el valor actual de los costos de inversión de un proyecto (Duarte et al., 2007, p.338).

Para la investigación se considera como el ahorro que se obtiene al comparar alternativas. El proyecto será rentable si en la relación Costo-Beneficio el valor de los beneficios es mayor a los costos. Para obtener el cálculo de los beneficios se presentan las variables: flujo de producción para el vaciado de concreto y cronograma del vaciado de concreto.

### **2.2.8. Productividad**

Carro y Gonzales (2012) especifican que la productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos) (p.1)

La productividad, en términos simples, es la relación entre los recursos utilizados y el trabajo producido en la obra. La productividad es un parámetro que se debe

procurar mantener de manera continua y minuciosa, para el correcto manejo de los recursos y obtener el producto final en el tiempo correcto. La productividad en la construcción, según los distintos tipos de recursos se pueden clasificar en: productividad de los materiales (cantidad consumida/avance), productividad de la mano de obra (hh/avance), productividad de la maquinaria (hm/avance) (Torres, 2011, pp.32-33).

Botero (2004) definió:

- Productividad de la mano de obra (hh/avance) como el recurso que generalmente establece el ritmo del trabajo en la construcción, por lo tanto, depende en gran medida para la productividad de los otros recursos.
- Productividad de la maquinaria (hm/avance) como el recurso que incluye un alto costo de los equipos, por lo tanto, es muy importante manejarlo eficientemente.

Para la investigación se tomará la cuadrilla que se empleará para el manejo de la planta dosificadora y la planta dosificadora realiza una actividad restrictiva en la cadena de procesos (p.52).

Con apoyo de las anteriores definiciones se deduce que mientras los indicadores de productividad (h. recurso/avance) sean menores, más productivo será el proceso en estudio. Existen diversas formas de calcular la productividad, pero para efectos de la actual investigación se buscará demostrar los beneficios en las condiciones presentadas, representando el uso de una planta dosificadora que produce concreto en obra. Se basa en una mejora de la producción, fluidez en las actividades y los beneficios económicos que se obtiene por el uso de dicho equipo. Se debe tener en cuenta

que, en la productividad de la maquinaria, no solo se debe procurar disminuir su indicador de productividad, sino emplear un adecuado uso del equipo, lo cual conlleva su mantenimiento, limpieza y calibración, todo lo anterior es para no disminuir la vida útil del equipo (Torres, 2011, pp.37-38).

Mejora de la productividad: Para un correcto manejo de la productividad se debe identificar los factores que influyen en esta y adoptar las acciones correctivas para brindar solución ante los problemas identificados para mejorar la productividad. Para mejorar la productividad se recomienda seguir el ciclo de mejoramiento.

De acuerdo a las fuentes teóricas consultadas se presenta el ciclo de mejora de la productividad como se aprecia en la Figura 2.

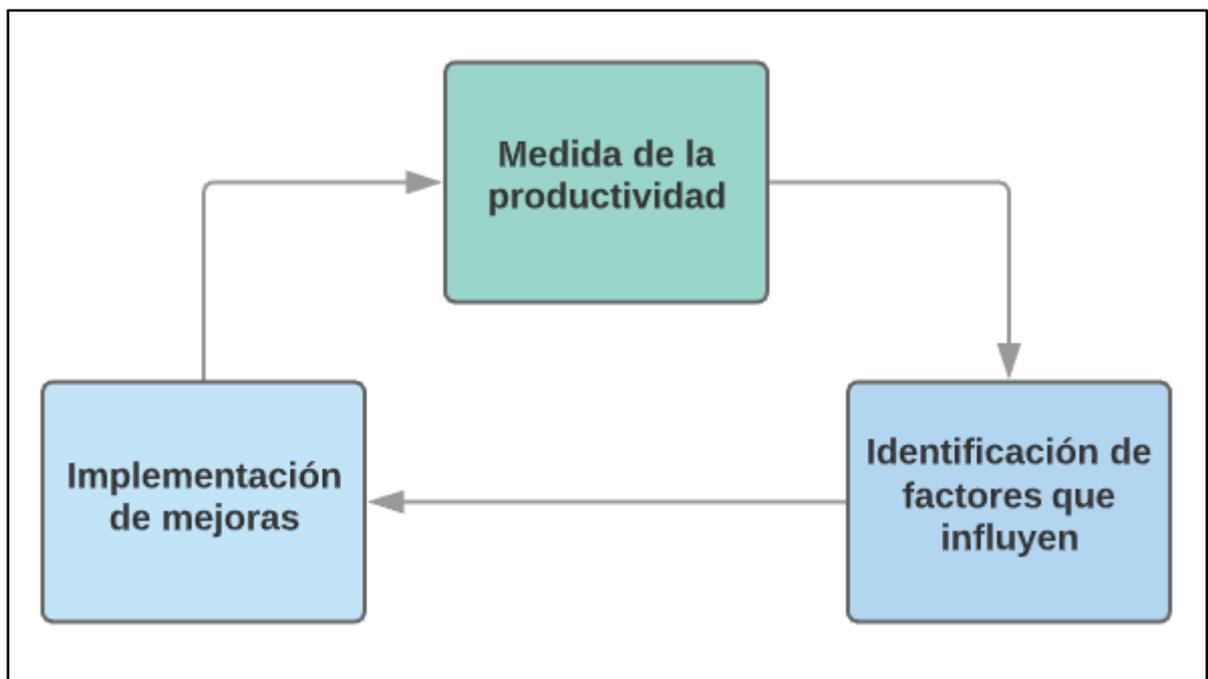


Figura 2 Ciclo de mejora de la productividad.

Fuente: Elaboración propia

Las etapas del ciclo abarcan las siguientes actividades:

- Medida de la productividad. Se realiza tomando datos y procesándolos para realizar su análisis estadístico respectivo. Para tal fin se requiere diseñar formatos, llamados formularios de muestreo de trabajo.

- Identificación de factores que influyen. Según los datos obtenidos se puede identificar los factores que crean problemas en la partida. De este modo se puede implementar el plan de acción para la mejora.
- Implementación de mejoras. Se formulan las estrategias y acciones de mejora, para los factores que se identificaron anteriormente. Requiere de un seguimiento permanente para evaluar su eficacia y luego obtener sus resultados.

Para implementar el sistema y poder identificar todos los detalles encontrados en la obra, correspondientes a actividades del proceso, se debe partir de un modelo, que se presenta en la Figura 3, donde se aprecia las acciones y recursos en proceso de fabricación de concreto.

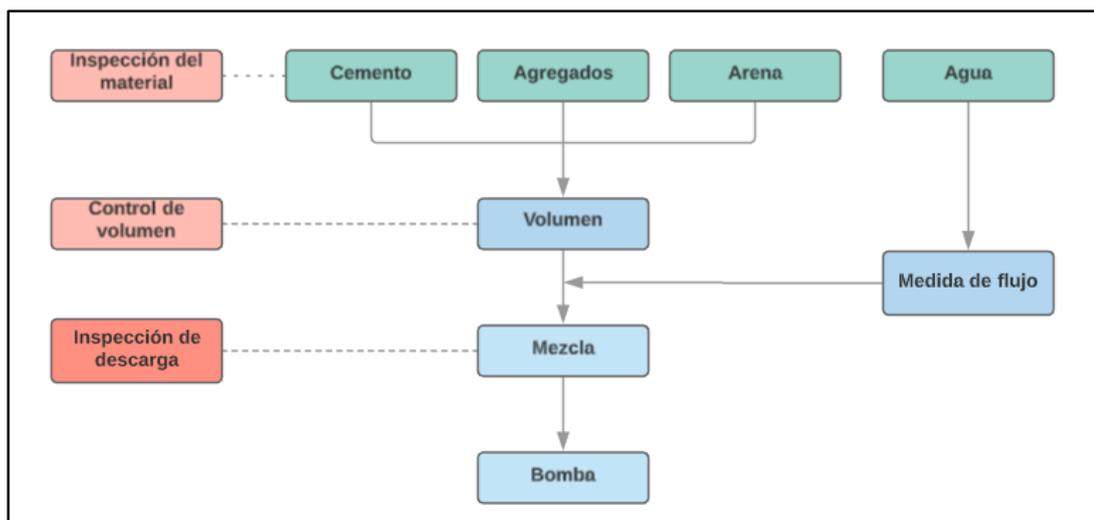


Figura 3. Esquema de trabajo de la planta dosificadora de concreto.

Fuente: Elaboración propia

El modelo de trabajo presentado en la figura 3 representa el proceso de actividades para producir concreto en la planta dosificadora.

Carro y Gonzales (2012) indican las técnicas para medir y controlar la productividad, pretende encontrar la duración de la actividad, a fin de establecer el ritmo del personal a un ritmo normal. Esta es la labor de los analistas que armados con un

cronometro y una tabla anotan junto al puesto de trabajo, la duración de una serie de ciclos a fin de encontrar un estándar razonable y aceptable. (p. 10)

Serpell y Verbal (1990) contemplan el análisis de operaciones por medio de una carta de balance ha sido empleado por muchos años en la Ingeniería Industrial, para estudiar la eficiencia de las combinaciones hombre-máquina. En esta oportunidad se aprovechará de mostrar su aplicabilidad en la industria de la Construcción, gracias a los análisis realizados como parte de un servicio contratado en dos proyectos de construcción de edificios y uno de construcción de un conjunto de viviendas. Las cartas de balance permiten resolver la necesidad de describir formalmente el proceso de una operación de construcción, de una manera detallada; además, permite comentar el método usado y determinar la cantidad de obreros más adecuada para cada cuadrilla. El objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia de la tarea que se desea analizar (p. 1).

La carta balance es un gráfico que nos muestra el tiempo en minutos en función a los recursos que son empleados en una actividad (mano de obra, equipos, herramientas, entre otros). La carta balance nos ayuda a obtener un diagnóstico de los tiempos de la mano de obra de una cuadrilla respecto a una actividad y se clasifica en:

- a) Trabajo Productivo (TP): Corresponde a las actividades que aportan en forma directa a la producción de alguna unidad de construcción. Para nuestro caso será el ejemplo, vaciado de concreto.
- b) Trabajo Contributorio (TC): Es el trabajo de apoyo, se define como el trabajo que es necesario para que se pueda ejecutar el trabajo productivo, pero que no aporta valor a la unidad de construcción. Es considerado una pérdida de segunda categoría y se debe minimizar al máximo posible para mejorar la

productividad. Ejemplo, recibir y dar indicaciones, leer planos, transporte de material, entre otros.

- c) Trabajo No Contributorio (TNC): Corresponde a cualquier otra actividad que se consideran pérdidas, ya que son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor por lo que se busca eliminarlas para mejorar el proceso productivo. Ejemplo, esperas, descansos, trabajo rehecho.

Se debe de realizar una carta balance adecuada, para que los resultados reflejen el verdadero desempeño del rendimiento de la cuadrilla:

- Cantidad de obreros: Lo ideal es tratar de medir la cantidad correcta del personal para que sea posible el llenado de casillas de manera eficiente e imparcial. Esta cantidad puede ser de 5 a 8 obreros, dependiendo de la actividad.
- Tiempo de medición: Para obtener datos estadísticamente válidos, se debe de cubrir las actividades de mayor cantidad de tiempo o la actividad que quiera ser investigada específicamente.

Número de mediciones: Una misma actividad necesita más de una medición, para ser más confiable. Se recomienda hacer como mínimo dos mediciones por cada actividad para poder comparar los porcentajes de variación (Ghio, 2001, pp.39-55).

Carro y Gonzales (2010) establecen a la curva de aprendizaje para cualquier persona que realice una operación de manera repetitiva consiga mejorar su rapidez y su precisión a medida que aumenta el número de veces que lleva a cabo la operación. Esta mejora tiene su origen en el aprendizaje. El fenómeno del aprendizaje hace posible que, cada vez que el personal realice de manera repetitiva la labor el tiempo de realizar disminuye y los errores son mínimos. Las curvas de aprendizaje

son importantes para fijar objetivos de productividad, para formular estrategias competitivas (pp. 11-12).

Diagrama de Ishikawa: También llamado diagrama de espina de pescado, es otra técnica de diagnóstico que permite el análisis de las causas y efectos mediante una representación gráfica que se asemeja a una espina de pescado, de lo cual proviene su nombre. Su estructura es intuitiva, inicialmente identifica el problema o efecto y a continuación enumera el conjunto de causas que explican dicho comportamiento. Para las causas principales se pueden desgajar para ser analizados a mayor detalle para obtener una mejor precisión.

Gerencia de Procura (Adquisiciones) en Proyectos: describe los procesos requeridos para adquirir bienes y servicios (productos) desde fuera de la organización ejecutante del proyecto. La Gestión de las Adquisiciones del Proyecto incluye los procesos de gestión del contrato y de control de cambios necesarios para administrar contratos u órdenes de compra emitidas por miembros autorizados del equipo del proyecto, también incluye la administración de cualquier contrato emitido por una organización externa (el comprador) que esté adquiriendo el proyecto a la organización ejecutante (el vendedor), y la administración de las obligaciones contractuales que corresponden al equipo del proyecto en virtud del contrato (PMI, 2013, pp.355-380).

Incluye los siguientes procesos:

- 1) Planificación de las adquisiciones: consiste en la identificación de los proveedores externos a la organización necesarios para la satisfacción de los proyectos y debe ser realizado para cada producto, y cuándo y cómo hacerlo. Este

proceso está vinculado con la gestión del alcance donde se prevé la definición de los productos necesarios para ejecutar con éxito el proyecto.

2) Planificación de la búsqueda de proveedores: El éxito del proceso depende del diligenciamiento de la documentación necesaria (requisitos de los productos, servicios y resultados) para la elección del proveedor adecuado.

3) Búsqueda de los proveedores: tiene como objeto la recopilación de ofertas y propuestas de proveedores potenciales del proyecto.

4) Selección de proveedores: es el proceso seguido y consiste en la aplicación de criterios de selección a las propuestas obtenidas con el fin de escoger el mejor proveedor del producto. Generalmente cada organización establece su criterio, sin embargo, según el PMBOK el precio puede ser determinante primario.

5) Administración del contrato: se encarga de procurar que el (los) proveedor (es) cumplan con los requisitos exigidos.

6) Cierre del contrato: tiene como fin la verificación de que el (los) proveedor (es) hayan cumplido con los requerimientos exigidos, además de la documentación correspondiente la cual debe incluir la aceptación de (los) producto(s).

### **2.2.9. Cronograma**

El cronograma de obra sustenta que es el proceso de analizar las secuencias de actividades, las duraciones, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para crear el modelo de programación del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que, al incorporar actividades del cronograma, duraciones, recursos, disponibilidad de los recursos y relaciones lógicas en la herramienta de programación, ésta genera un modelo de programación con fechas planificadas para completar las actividades del proyecto. Presenta tres grupos entradas, herramientas y salidas como se presenta en la Figura 4.

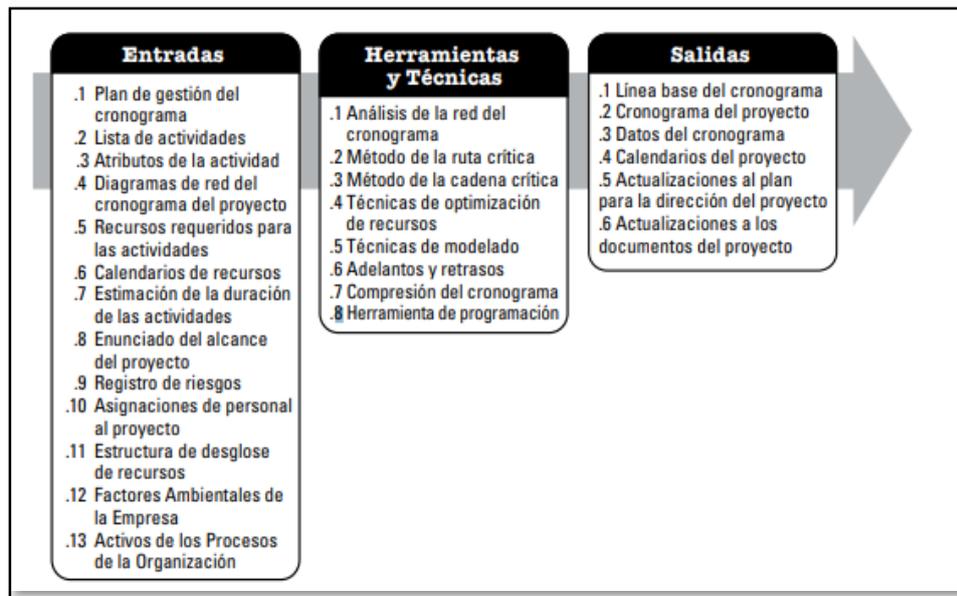


Figura 4. Cronograma (Entradas, herramientas, técnicas y salidas)

Fuente: Guía del PMBOK (2013)

PMI (2013) indica que el desarrollo de un cronograma aceptable del proyecto es a menudo un proceso iterativo. Se utiliza el modelo de programación para determinar las fechas planificadas de inicio y fin de las actividades del proyecto, así como los hitos del mismo, sobre la base de la exactitud de los datos de entrada. El desarrollo del cronograma puede requerir el repaso y la revisión de las estimaciones de duración y de recursos para crear el modelo de programación del proyecto que establezca un cronograma aprobado del mismo, que pueda a su vez servir como línea base con respecto a la cual se pueda medir el avance. Por regla general, una vez determinadas las fechas de inicio y fin de una actividad, se encomienda al personal asignado a las tareas la revisión de las mismas y la confirmación de que las fechas de inicio y fin establecidas no entran en conflicto con los calendarios de los recursos o con las actividades asignadas en el ámbito de otros proyectos o tareas, y de este modo siguen siendo válidas. Conforme el trabajo avanza, la revisión y el mantenimiento del modelo de programación del

proyecto continúan a lo largo del mismo para mantener un cronograma realista (pp.140-169).

PMI (2013) establece:

Programación lineal: Formación de trenes de trabajo, se basa en obtener volúmenes de trabajo similares para cada día en cada cuadrilla, de tal forma de eliminar las holguras o márgenes de demora total, que, por definición son una pérdida. La programación de una determinada actividad dependerá del rendimiento que tiene la cuadrilla para realizar esta, teniendo en cuenta que se tendrá que equilibrar los volúmenes de trabajo de cada sector, por ejemplo, la cantidad de fierro, encofrado y concreto de una fracción de obra, deberá ser compatible con otra, de tal forma que se consiga eliminar tiempos de espera y tiempos muertos, depurando las holguras que existen de una actividad a otra. Es cierto que al no contar con holguras todas las partidas se vuelven críticas, es decir, si se atrasa una de ellas, al día siguiente todo el tren de trabajo se verá afectado por ello y por ende se retrasa la obra, pero es un reto que se tiene que asumir para conseguir una mayor eficiencia y productividad. Los trenes de trabajo presentan cuadrillas designadas a realizar una actividad específica desde que ingresan a la obra hasta que concluyen estas y se retiran; se logra optimizar la producción de los trabajadores mediante el trabajo repetitivo, por otro lado, se tiene un mayor control sobre las partidas de producción, calidad y programación. Por estos motivos se requiere que el personal este comprometido con la obra y las funciones de cada uno de ellos se encuentren bien designadas.

Plan de obra y cronograma es un diagrama que tiene la función de definir la repartición de los gastos y de las obras en el tiempo. Simplificando, el cronograma podría realizarse mediante la elaboración de una tabla con dos columnas en las que se muestra:

- Los períodos de referencia.
- Los importes que se asignarán en el periodo correspondiente.

En práctica, se elabora un documento a través del cual es posible definir los tiempos para la ejecución de las obras. Para conocer la velocidad y el ritmo de cualquier obra, el cronograma es una herramienta. (pp 165-166)

### **2.3. Definiciones conceptuales**

- **Análisis económico:** Consiste en hacer un estudio de los ingresos y egresos en un tiempo determinado, con la cual ayuda a ver el estado económico de la obra en estudio.
- **Carguío:** Actividad que consiste en la carga y traslado de material en una zona específica, es realizado mediante maquinaria que facilite el trabajo.
- **Concreto premezclado:** concreto preparado total o parcialmente en una planta de concreto con instalaciones fijas, que debe ser transportado hasta el lugar de vaciado mediante camiones especiales, llamados mixer.
- **Conjunto habitacional:** Grupo de viviendas compuesto de varias edificaciones independientes, con predios de propiedad exclusiva y que comparten bienes comunes.
- **Costo:** Es el valor económico que representa el desarrollo de una actividad o partida.
- **Eficiencia:** Es la obtención del máximo rendimiento de un proceso en los factores productivos que utiliza, sin derrochar recursos.

- Equipo de bombeo: Máquina utilizada para transferir hormigón líquido, es el equipo en cual la planta dosificadora de concreto y los mixer de concreto vacían el producto para poder elevarlo o trasladarlo por una tubería hacia un punto de difícil acceso, ya sea por la altura o por la ubicación.
- Flujo de producción: Proceso mediante el cual los factores de la producción se combinan para poder obtener un bien o servicio.
- Mixer: Camión equipado con una tolva mezcladora. Debido a esta disposición, es posible transportar hormigón premezclado al mismo tiempo que procede a su amasado.
- Planta dosificadora: Es una maquinaria que se utiliza para la preparación de concreto a partir de la mezcla de agregados, cemento y agua.
- Productividad: Relación entre el total de los servicios y/o bienes producidos con los recursos utilizados.
- Programación de obra: Es ordenar de manera lógica y secuencial la ejecución de actividades necesarias de la obra.
- Programación de producción: Es la actividad en la que todos los recursos que se utilizan para las actividades de producción, ya sea materia prima, capital, mano de obra, logística y cualquier otra actividad, se asignan en un período de tiempo y se programan en un calendario con las actividades de producción.
- Punto de equilibrio de producción: nivel de producción que una empresa o negocio debe alcanzar para lograr cubrir los costos y gastos con sus ingresos obtenidos.
- Rentabilidad: Es la relación entre costo y beneficio que ofrece una actividad.

- Rentable: Capacidad de la actividad para generar beneficios económicos, se expresa cuando se recibe mayores ingresos que egresos. Se puede entender como el ahorro total que ofrece una inversión.
- Tiempo de ejecución: es el tiempo empleado en la realización de una actividad o partida.
- Vivienda de interés social: Viviendas masivas destinadas a sectores socioeconómicos C, D y E, la distribución de las viviendas es típico.

#### **2.4. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio**

Carrillo, Alcocer y Aperador recomiendan emplear el sistema constructivo de muros de concreto para viviendas de interés social y Castillo propone el uso de muros de ductilidad limitada para este tipo de proyectos; Acosta desarrolló la comparación del presupuesto entre sistemas de construcción, llegando a la conclusión que el sistema de muros de ductilidad limitada es más económico y ofrece mayor velocidad de ejecución. En base a lo anterior la investigación propone el sistema de producción de concreto en obra con una planta dosificadora de concreto para el proyecto de viviendas de interés social La Estancia de Lurín.

Según Barreda, con un correcto manejo de volúmenes de concreto y buenos procesos constructivos se mejora la eficiencia del proyecto de interés social. Con la planta dosificadora se busca tener mayor control de volúmenes de concreto y mejor optimización del producto.

Torres demuestra que se puede mejorar la productividad de una planta de concreto mediante variables que afectan directamente al rendimiento de la planta de concreto. En la investigación se plantea mejorar la productividad para lo cual se tendrá de referencia la investigación de Torres.

Según las investigaciones de referencia, para mejorar la rentabilidad de un proyecto de interés social se tiene que estudiar las variables que le afectan directamente, los cuales son: productividad, costo y tiempo de ejecución. Dichas variables se verán afectadas con el uso de una planta dosificadora de concreto en obra.

La finalidad de la investigación es probar que se mejora la rentabilidad de un proyecto con el uso de una planta dosificadora de concreto, para lo cual se tiene como variable principal a la rentabilidad que la dividimos en 3 variables secundarias que se influirán por la implementación de la planta que son: Productividad, Tiempo y Costo, como se parecía en la Figura 5. Estas variables secundarias serán las que se modifiquen por el uso de la planta dosificadora de concreto, se crean a partir que la rentabilidad es la relación entre Gastos y Beneficios, por lo tanto, los beneficios se verán referenciados en la parte de productividad y tiempo que se verán mejorados, así como los gastos de inversión se verán reflejados en los costos. Ver resumen del diagrama de investigación en la Figura 5 y el diagrama completo en el Anexo 1.

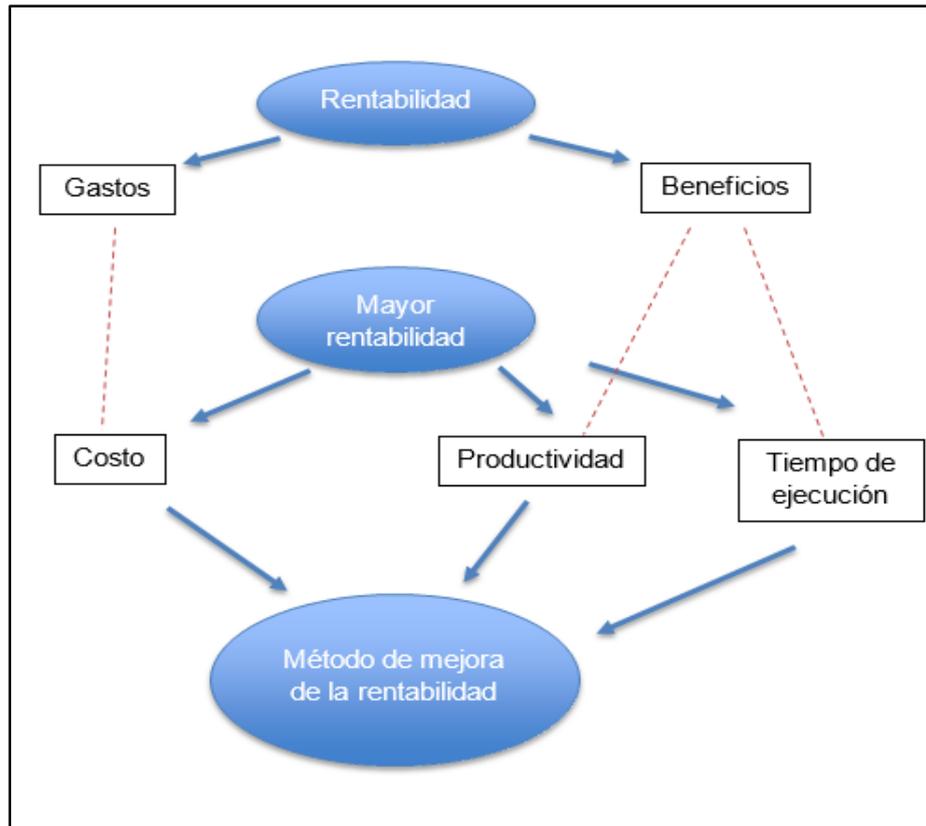


Figura 5. Estructura de las variables

Fuente: Elaboración propia

## 2.5. Formulación de hipótesis

### 2.5.1. Hipótesis general

Con el uso de una planta dosificadora de concreto en obra, se mejorará la rentabilidad en un proyecto de interés social en el distrito de Lurín.

### 2.5.2. Hipótesis específicas

- a) Realizando el análisis económico de concreto en obra se reducirá el costo en el proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín.
- b) Analizando el flujo de producción para el vaciado de concreto en obra se cuantificará la productividad en el proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín.

- b) Realizando el cronograma de vaciado de concreto en obra se determinará el tiempo de ejecución del proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín.

### 2.5.3. Variables

#### 2.5.3.1. Definición conceptual de las variables

En la Tabla 1 se presenta las variables definidas conceptualmente para la investigación.

Tabla 1: Definición conceptual de variables

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>
<b>V.I.</b> <b>Planta dosificadora</b>	Herramienta mecánica que se encarga de producir concreto mediante dosificaciones establecidas para la resistencia requerida.
<b>V.D.</b> <b>Rentabilidad</b>	Capacidad que se tiene para generar suficiente utilidad o beneficio, un área o departamento de empresa. Es rentable cuando genera mayores ingresos que egresos.
<b>V.I.</b> <b>Flujo de producción</b>	Actividad destinada a la fabricación, elaboración u obtención de bienes y servicios.
<b>V.D.</b> <b>Productividad</b>	La productividad es una medida económica que calcula cuántos bienes y servicios se han producido por cada factor utilizado (trabajador, capital, tiempo, costos, etc.) durante un periodo determinado.
<b>V.I.</b> <b>Cronograma</b>	Es la actividad en la que todos los recursos que se utilizan para las actividades de producción, ya sea materia prima, capital, mano de obra, logística y cualquier otra actividad, se asignan en un período de tiempo y se programan en un calendario con las actividades de producción.
<b>V.D.</b> <b>Tiempo</b>	Es el tiempo que se emplea durante la ejecución de la obra. También se utiliza para las actividades que vienen después de la partida de concreto.
<b>V.I.</b> <b>Análisis Económico</b>	Consiste en evaluar la situación económica actual de la partida y predecir su evolución futura, considerando los recursos involucrados.
<b>V.D.</b> <b>Costo</b>	Es el costo que se utilizaron en financiar los activos estructurales (permanentes o de largo plazo) desde las fuentes de capital para conseguir el producto deseado.

Fuente: Elaboración propia

### 2.5.3.2. Operacionalización de las variables

Para obtener un mejor control de las variables en estudio, se desarrolla la Tabla 2 de Operacionalización de las variables con sus respectivos indicadores, escala e instrumento. Se identifica las variables indirectas con la sigla V.I. y a las variables directas con la sigla V.D.

Tabla 2: Operacionalización de las variables

VARIABLES	INDICADORES	ESCALA	INSTRUMENTO
<b>V.I.</b> <b>Planta dosificadora</b>	Costo	Soles	Costo-Beneficio
<b>V.D.</b> <b>Rentabilidad</b>	Ahorro	Soles	
<b>V.I.</b> <b>Flujo de producción</b>	Rendimiento	m <sup>3</sup> /hora	Carta balance
<b>V.D.</b> <b>Productividad</b>	Rendimiento	hh	
<b>V.I.</b> <b>Análisis económico</b>		Soles - hm	Evaluación económica
<b>V.D.</b> <b>Costo</b>	Ahorro	Soles	
<b>V.I.</b> <b>Cronograma</b>	Hh	Hh-hm	Cronograma
<b>V.D.</b> <b>Tiempo</b>	Tiempo de ejecución	horas	

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y nivel de la investigación**

#### **3.1.1. Tipo de la Investigación**

La presente investigación utilizó el tipo descriptivo, porque se identificó y describió los hechos que afectan a la rentabilidad en el proyecto de viviendas de interés social La Estancia de Lurín en la partida de fabricación de concreto, de tipo correlacional y explicativa, ya que se reconoce la relación causa-efecto entre la variable independiente que es la producción de concreto mediante la planta dosificadora en obra y la variable dependiente que es la rentabilidad, posteriormente se determinará la influencia en la investigación.

#### **3.1.2. Nivel de la investigación**

La investigación presenta el nivel descriptivo, debido a que, en el contexto del abastecimiento de concreto en proyectos de viviendas de interés social, se identifica y describe el hecho que afecta la rentabilidad en el proceso constructivo del conjunto habitacional La Estancia de Lurín, este nivel nos restringe a calcular y demostrar cada uno de los índices, de modo que se pueda determinar los valores de confianza para definir las bases para la mejora de la rentabilidad que se busca.

#### **3.1.3. Método de la investigación**

La tesis utiliza el método deductivo, porque se parte de un marco conceptual que conduce al planteamiento del problema y a deducir la hipótesis, se basa en experiencias propias del proyecto en la partida de concreto, para obtener un concepto particular del hecho observado, teniendo una orientación aplicada por investigar el problema identificado en el abastecimiento de concreto para mejorar la rentabilidad en proyectos de viviendas de interés social, con el enfoque de tipo cuantitativo por calcular variaciones de los índices referentes a la producción de concreto que influyen en la rentabilidad con

datos obtenidos de una fuente de recolección retrolectiva al usar formatos existentes y válidos.

### **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño es no experimental-transversal-retrolectivo. No experimental debido a que la investigación se realiza sin la manipulación deliberada de las variables y serán observadas como suceden los hechos en el proceso de producción de concreto. Es transversal porque se recolectan los datos y son observados en un momento único para poder describir y analizar las variables, retrolectivo porque la fuente de información será proporcionada por la empresa y el fenómeno a estudiarse fue de cohorte porque se presenta la causa para llegar al efecto luego de la aplicación del nuevo abastecimiento de concreto.

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población del estudio**

Definición conceptual: El universo de la investigación está conformada por todos los proyectos de viviendas de interés social en Lima Metropolitana.

Definición operacional:

- Criterios de inclusión: Proyectos de viviendas de interés social en Lima Metropolitana, proyectos con unidades inmobiliarias superiores a 500 viviendas, con área de construcción de 60 m<sup>2</sup> y la demanda por cada vivienda debe de ser de 40 m<sup>3</sup> de concreto. El sistema estructural debe ser de muros de ductilidad limitada, con sistema de construcción monolítica lo que incluye a la platea, muros y la losa superior de concreto armado.
- Criterios de exclusión: Construcciones completadas totalmente, proyectos de viviendas de interés social fuera de Lima Metropolitana.

### **3.3.2. Diseño muestral**

La muestra estudiada en la presente investigación es el proyecto de viviendas de interés social La Estancia de Lurín, en la provincia de Lima, departamento de Lima y distrito de Lurín para el año 2018-2019, que es un proyecto que se ejecutaba bajo el sistema estructural de ductilidad limitada y sistema constructivo monolítico.

El método de muestreo es no probabilístico, debido a que la selección de elementos no depende de la probabilidad, sino de las causas relacionadas con las características de la investigación o plan de los que realizan la investigación. La muestra fue elegida por conveniencia, debido a que fue escogida por ser un caso de estudio accesible para los investigadores.

### **3.4. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas que se utilizaron en la investigación son las siguientes:

Recolección de datos, brindados por la empresa Desarrollo de proyectos Inmobiliarios S.A., respecto al proyecto de viviendas de interés social La Estancia de Lurín.

Método y técnicas, se utilizaron hojas de Excel para el análisis de datos obtenidos. El tiempo de la información proporcionada es desde el mes de diciembre del año 2018 hasta junio de 2019.

#### **3.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos**

Se utilizó en la presente investigación la técnica de recolección de datos, mediante la observación directa en las partidas de abastecimiento y vaciado de concreto que utilicen el nuevo sistema de abastecimiento de concreto con una planta dosificadora en obra. Se utilizaron como instrumentos las especificaciones técnicas del proyecto, expediente técnico, presupuesto de la partida de concreto, cronograma de obra, los costos reales de la obra, cotizaciones de equipos tentativos, entre otros. La carta balance es una

herramienta estadística que describe detalladamente el proceso de ejecución del proyecto (en este caso, en las partidas de vaciado de concreto para elementos estructurales verticales y horizontales con el uso de la planta dosificadora), además del cronograma, esta herramienta será utilizada para analizar los tiempos de las unidades a vaciar y finalmente el análisis económico que compara los costos de abastecimiento de concreto por planta dosificadora en obra y de abastecimiento de concreto premezclado.

Se realizó visitas a campo para verificar los formatos compartidos por la empresa y apreciar el diagrama de flujo del proceso de suministro de concreto.

#### **3.4.2. Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos**

Los datos son válidos debido a que la empresa los usa para el control y administración de los recursos empleados en el desarrollo de actividades. Para nuestro estudio se realizó la investigación en el proyecto de viviendas de interés social La Estancia de Lurín, el cual presenta viviendas típicas en todas sus etapas.

Se analizará el cronograma de ejecución y flujo de producción para la partida de vaciado de concreto. Así como el análisis económico para la partida de fabricación de concreto.

#### **3.4.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos**

Para el procesamiento de los datos se esquematiza en tablas, cuadros y diagramas.

Para un análisis de contenido descriptivo, para la comprobación de la hipótesis planteada. Con las fichas de la recopilación de datos de la empresa se ve el manejo del tiempo de vaciado, la cantidad de materiales y horas hombre que se requiere para la fabricación del concreto.

Con el mapa de procesos se entenderá mejor el flujo de producción del concreto y estudiar a nuestra variable principal.

Se realizará una visita a campo para observar el proceso y ver las unidades inmobiliarias para ver el acabado de los muros y losas. Con las órdenes de compra se realizará un análisis económico porque se manejará la información de las compras del concreto premezclado para compararlas con los materiales usados en la fabricación del concreto en obra.

Los cronogramas de obra servirán para la programación de vaciado de concreto, que conjuntamente con el plan de mantenimiento ayudará a que el plan de producción de concreto no se vea afectado con el plan de mantenimiento.

## **CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1. Descripción del proyecto de viviendas de interés social**

El proyecto de viviendas de interés social La Estancia de Lurín es el proyecto inmobiliario más grande de la zona sur de Lima, que ha permitido mejorar la calidad de vida a las personas que lograron el objetivo soñado de la casa propia.

El proyecto viene siendo ejecutado por la empresa Desarrollo de Proyectos Inmobiliarios S.A.C. desde el año 2005, contempla la construcción de viviendas de interés social llamado: conjunto habitacional La Estancia de Lurín, la construcción se divide en 16 etapas.

El proyecto de viviendas de interés social La Estancia de Lurín es financiado por el programa Mi Vivienda creado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

#### **4.1.1. Ubicación del proyecto**

El conjunto habitacional La Estancia de Lurín como se aprecia en la Figura 6, se encuentra ubicado en la Antigua Panamericana Sur altura del km 39.5, como referencia cercana se ubica el paradero explosivo.

En la Figura 7 se contempla la ubicación del proyecto con sus coordenadas de latitud y longitud.

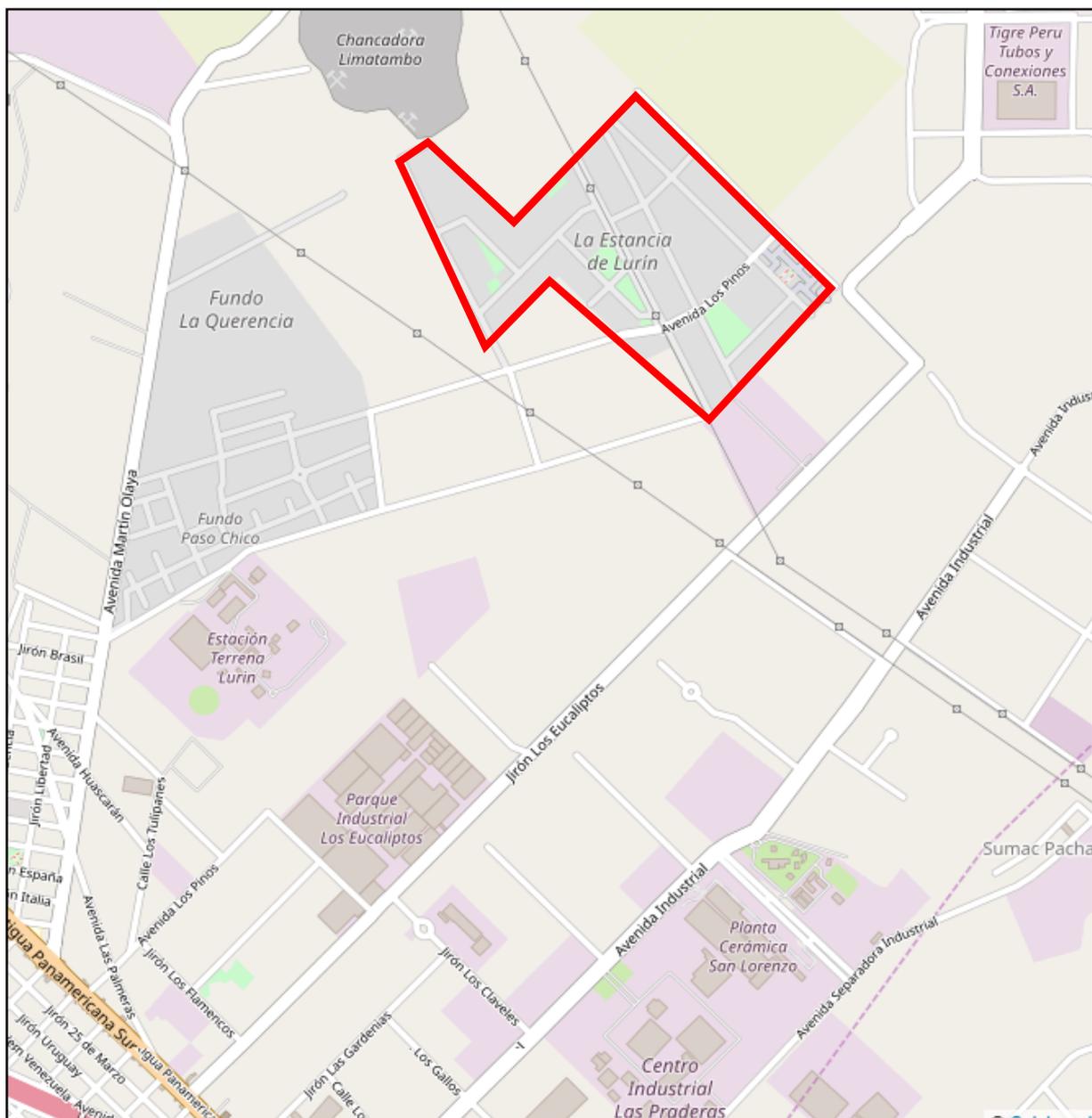


Figura 6: Ubicación del conjunto habitacional La Estancia de Lurín

Fuente: OpenStreetMap

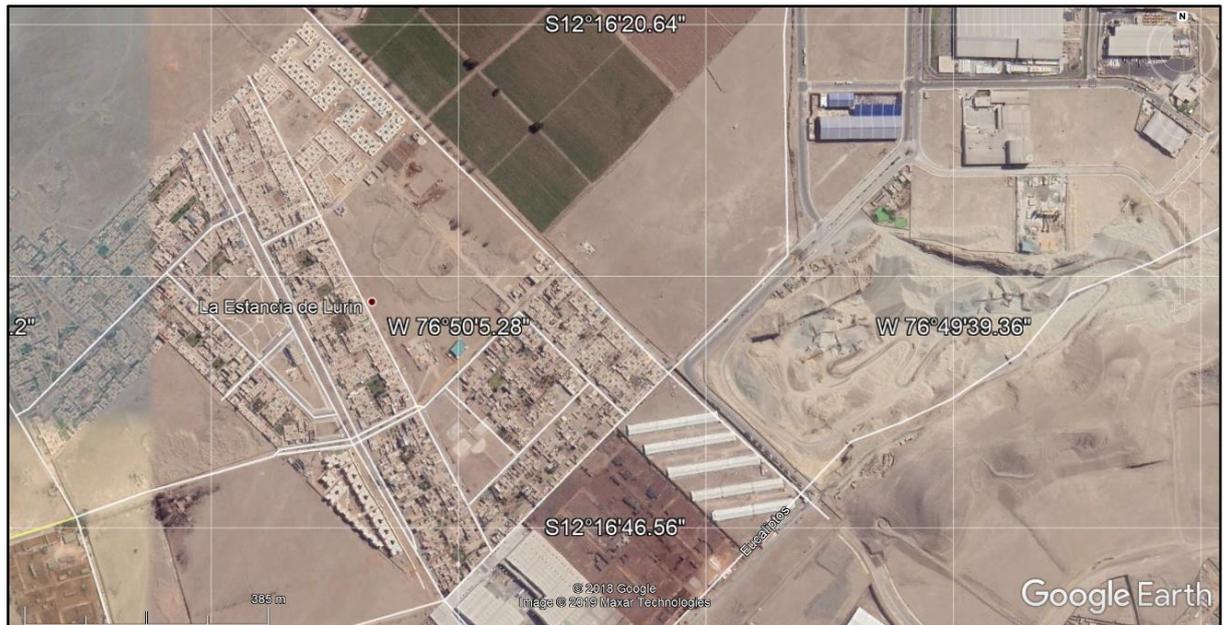


Figura 7: Ubicación del proyecto, con coordenadas.

Fuente: Google Earth

#### 4.1.2. Características del proyecto

El proyecto abarca un área de terreno total de 50 hectáreas y área a construir de 35 hectáreas que son divididos en 234 manzanas que a su vez concentran un total de 2692 lotes.

El proyecto contempla la ejecución de 2692 viviendas distribuidas en 16 etapas.

El distrito de Lurín actualmente se ha vuelto una zona atractiva para el desarrollo de nuevas urbanizaciones, esto se puede sustentar Figura 8, parte de la revista del fondo MiVivienda, es importante mencionar que el desarrollo de la urbanización se da de manera ordenada y respetando las normas que exigen, en la Figura 9 se aprecia la proyección del proyecto La Estancia de Lurín.



Figura 8: Proyección urbanística de las viviendas

Fuente: Revista MiVivienda



Figura 9: Distribución de las viviendas en lotes

Fuente: Revista MiVivienda

Las viviendas cuentan con todas las instalaciones básicas como instalaciones eléctricas y sanitarias. Se entregarán las viviendas ya listas para ser habitadas, las casas cuentan con 3 habitaciones, sala-comedor, patio-lavandería, 1 baño completo, cocina, espacio para áreas verdes en la parte frontal e interna de la vivienda como se aprecia en Figura 10.

En la distribución arquitectónica de la vivienda del proyecto se presenta en la Figura 11, donde se tiene un área de terreno de 90 m<sup>2</sup> y un área construida de 60 m<sup>2</sup>.



Figura 10: Distribución arquitectónica de una vivienda.

Fuente: Oficina técnica DPI

La memoria descriptiva estructural indica que cada lote consiste en un sistema de muros de ductilidad limitada y estructuras de losas armadas destinadas para viviendas unifamiliares, cumpliendo con el RNE y ordenanzas municipales. Se estructuró los muros de ductilidad limitada en base a elementos de concreto reforzado en sus dimensiones principales.

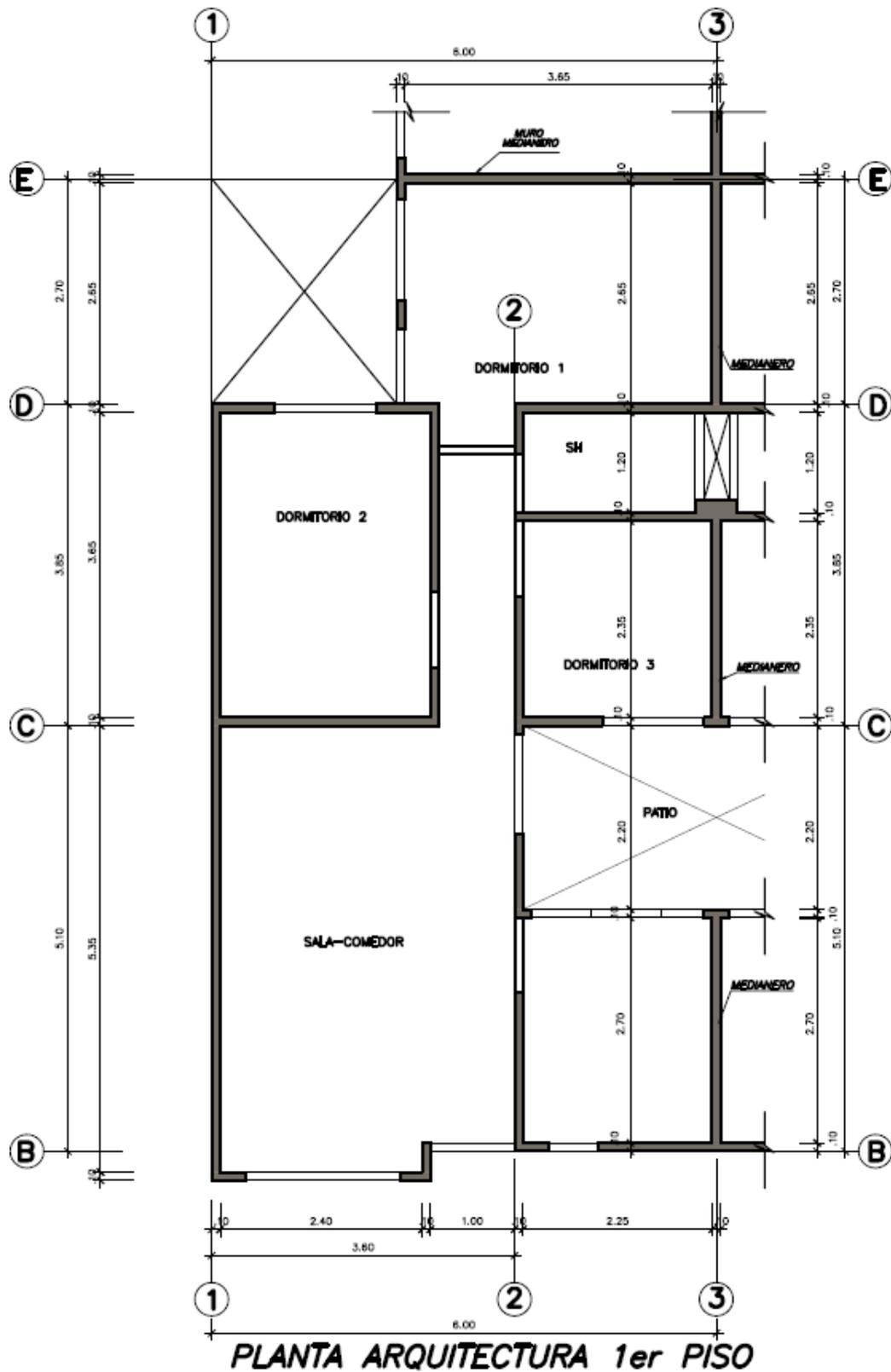


Figura 11: Planta de arquitectura de vivienda.

Fuente: Oficina técnica de DPI

Las viviendas son vaciadas mediante el sistema monolítico, debido a esto el consumo de concreto aproximadamente por unidad de vivienda es de 40 m<sup>3</sup>. Teniendo el requerimiento de concreto mostrado en la Tabla 3.

Tabla 3: Requerimiento de concreto por estructura.

Ítem	Estructura	Cantidad (m <sup>3</sup> )
1	Platea	19
2	Muros	12
3	Techos	9
Total		40

Fuente: Elaboración propia

El proceso de vaciado de concreto para el sistema constructivo monolítico consiste en:

1. Posterior al movimiento de tierras y compactación del terreno de fundación se obtiene el afirmado compactado sobre el cual se arma la estructura de refuerzo para la platea de cimentación, el concreto se vacía en el encofrado de la platea como se aprecia en la Figura 12.

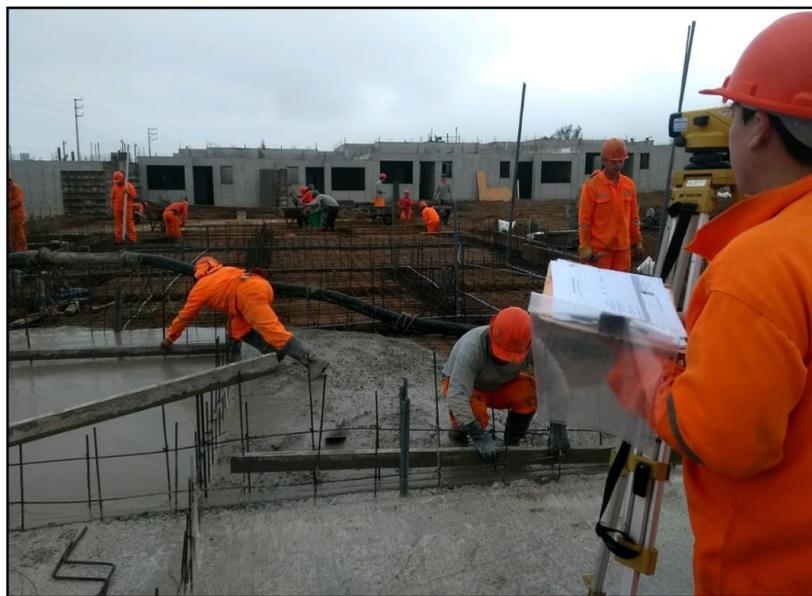


Figura 12: Vaciado de concreto de platea

Fuente: Fotos tomadas en campo

- Al día siguiente del vaciado de la platea se ejecuta el enmallado para los muros de ductilidad limitada como se muestra en la Figura 13 .



Figura 13: Refuerzo de muros de ductilidad limitada

Fuente: Fotos tomadas en campo

- Luego del enmallado del paso 2, se procede a encofrar para el sistema monolítico como se muestra en la Figura 14. Teniendo así el área habilitada para el siguiente vaciado de concreto.



Figura 14: Encofrado para sistema monolítico

Fuente: Fotos tomadas en campo

4. Luego de 24 horas del vaciado de concreto, en muro y losa bajo el sistema monolítico, se procede al desencofrado como se muestra en la Figura 15.



Figura 15: Desencofrado luego de 24 horas del vaciado

Fuente: Fotos tomadas en campo

Entre sus elementos estructurales se tiene las siguientes descripciones:

- La cimentación se compone a base de plateas y vigas de cimentación de concreto armado, el concreto debe tener una resistencia de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ .
- Los muros se componen de muros de concreto armado, el concreto debe tener una resistencia de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ .
- Las losas armadas se refuerzan con acero dúctil, calculados para sobrecarga de vivienda según norma E-20 del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. En resumen el concreto para los elementos estructurales debe tener una resistencia de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ .

Las viviendas entregadas podrán ser ampliadas hasta un segundo y tercer nivel de ser el caso. El resultado de este proceso es la producción en serie de viviendas como se muestra en la Figura 16.



Figura 16: Producción en serie de las viviendas

Fuente: Fotos tomadas en campo

#### 4.1.3. Realidad del proyecto

El proyecto de viviendas de interés social la Estancia de Lurín comprende la construcción de 2692 lotes mediante el sistema estructural de muros de ductilidad limitada y el sistema constructivo de elementos monolíticos como lo señalado en el punto 4.1.2. Para lo cual en el inicio de su ejecución se empleó el abastecimiento de concreto premezclado desde la primera etapa hasta la etapa 15 del proyecto, contemplando las primeras 2600 viviendas.

El concreto premezclado fue abastecido por la empresa concretera Concremax, ofreciendo en la Tabla 4 el precio por metro cúbico de concreto.

Tabla 4: Precio unitario de concreto premezclado.

<b>Concreto premezclado</b>		
P.U. Concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ , s/igv	S/	220.00

Fuente: Elaboración propia

La concretera Concremax posee 6 plantas ubicadas en Lima:

- 1) Planta Villa: Cooperativa las Vertientes Mz. F Lote 3A. Villa el Salvador
- 2) Planta Santa Anita: Av. Huarochirí s/n Zona Industrial Vista Alegre, Santa Anita
- 3) Planta Callao: Zona Industrial Lote 58 A-1 ex fundo Oquendo, Callao

- 4) Planta Chilca: Av. Santo Domingo de los Olleros Km 63.50, Panamericana Sur
- 5) Planta Zapallal: Carretera Panamericana Norte LT. 3 (Alt. Km. 28.5 – 29),  
Ventanilla, Callao
- 6) Planta Lurín: Pampas Lúcumo Mz. D4, Lurín

La planta de Concremax más cercana al proyecto es la ubicada en Lurín. De acuerdo a la ubicación del proyecto de vivienda de interés social La Estancia de Lurín mencionado anteriormente, se aprecia en la Figura 17, que solo cuenta con un acceso hacia el lugar de trabajo.

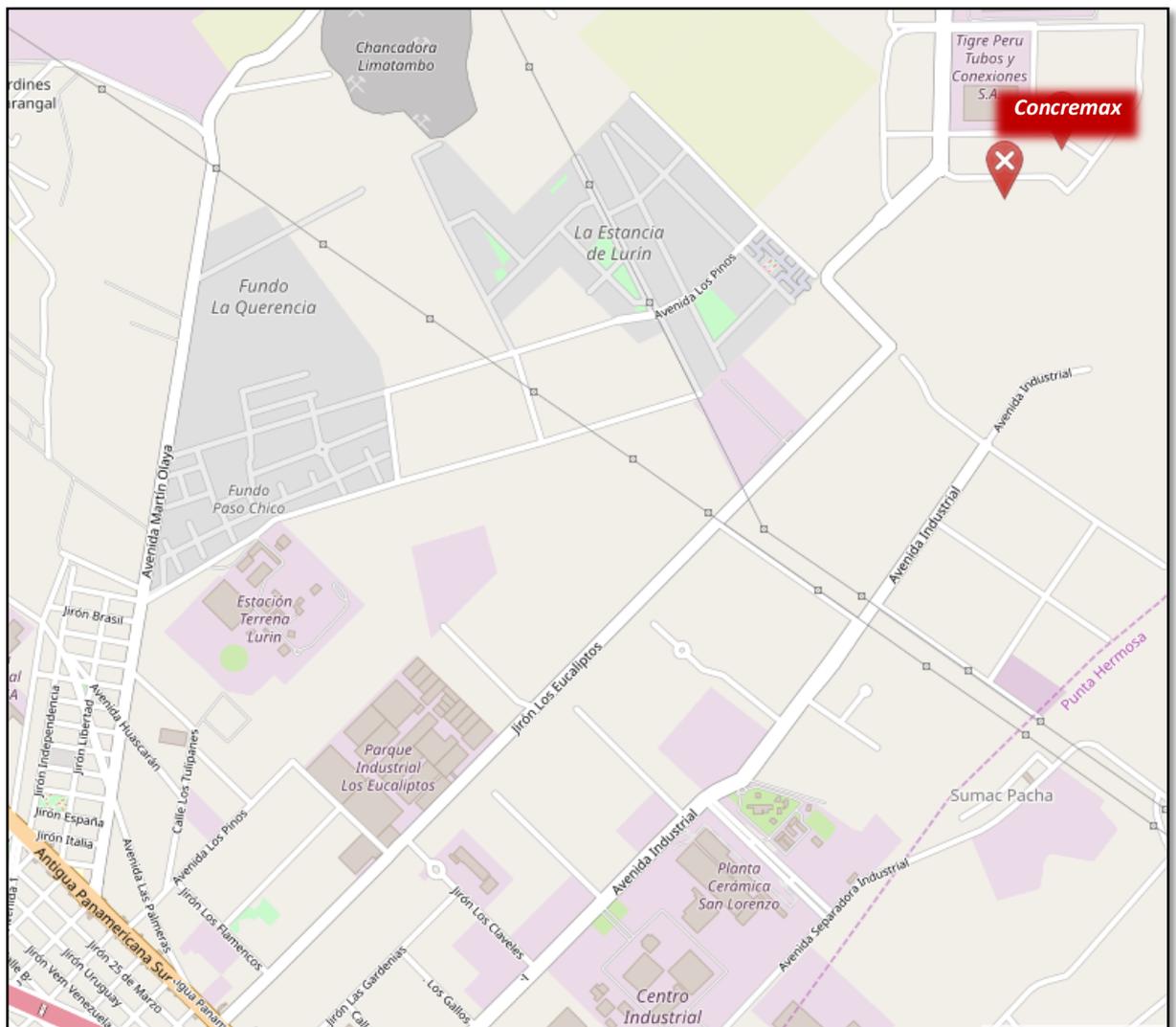


Figura 17: Ubicación de la planta de Concremax en Lurín.

Fuente: Google Maps

La ruta que siguen los mixers para abastecer de concreto premezclado desde la planta de producción del proveedor hasta el punto de trabajo del proyecto es la siguiente:

Planta de concreto premezclado - Av. Los Eucaliptos - Antigua Panamericana Sur - Av. Mártir Olaya - Calle Paso Chico - Calle La Querencia - Av. Los Pinos – Proyecto.  
Son 8 kilómetros de recorrido desde la planta de concreto del proveedor hasta el proyecto como se aprecia en la Figura 18.

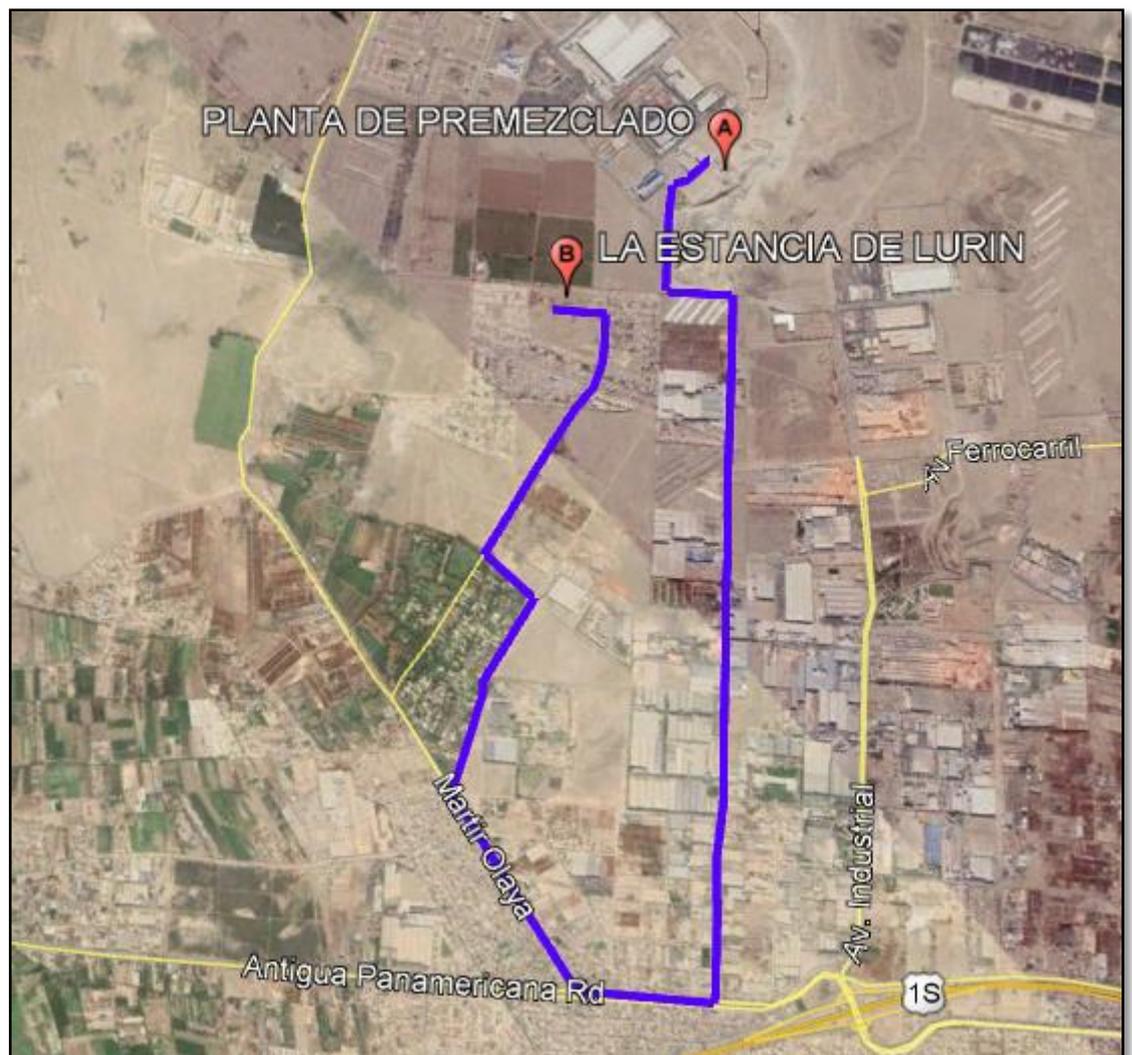


Figura 18: Ruta de ingreso vehicular a la Estancia de Lurín

Fuente: Google Maps

En los 8 km de recorrido se puede apreciar que en las Av. Los Eucaliptos, Antigua panamericana Sur y Av. Mártir Olaya son las vías de alto tránsito, además estas vías sirven

de acceso hacia la zona industrial de la zona, por ende cuando exista mucha congestión vehicular causado por accidentes y/o fallas mecánicas en la ruta mencionada ocasiona que el abastecimiento de concreto no se realice de manera continua, haciendo que en obra se tengan tiempos muertos por parte de la cuadrilla de vaciado de concreto y al momento de vaciar se emplean horas extras del personal a cargo.

Presentando problemas para cumplir con el cronograma y empleando horas extra a las cuadrillas destinadas al vaciado de concreto. La calidad del concreto premezclado al llegar a la obra no es la misma calidad con la que salió de la planta, debido al mayor tiempo efectuado en el transporte del mismo. Estos inconvenientes obligaron a proponer un nuevo sistema de abastecimiento que permita obtener el concreto a tiempo y que cumpla con las especificaciones técnicas que indicaba el proyecto.

#### **4.2. Propuesta de planta dosificadora**

El concreto premezclado fue requerido en obra inicialmente para abastecer de concreto durante la fase de vaciado de las estructuras, pero este requerimiento inicial se caracterizó por ser discontinuo, razón por lo cual se decidió implementar una planta dosificadora de concreto para producir concreto en obra y satisfacer la demanda requerida justo a tiempo.

Si bien es cierto, las razones del uso de la planta dosificadora es el requerimiento de concreto a tiempo y satisfacer la demanda necesaria, tal y como lo señalaban las especificaciones técnicas del proyecto, por otro lado el elevado costo del concreto premezclado y la necesidad de contratar un equipo de bombeo adicional jugaban un papel determinante al momento de elección del método de abastecimiento de concreto.

Otro factor a tomar en cuenta fue la zona de instalación de la planta, debido a que se contaba con posibilidades de ubicación de la planta factibles debido a su radio de influencia (hasta 150m determinado por la bomba), por el espacio que se tenía en la obra.

El área de trabajo requerida por la planta debe ser entre 100 a 120 m<sup>2</sup>, lo cual representa una mínima necesidad de área de trabajo, el espacio destinado al almacenamiento de los agregados y el cemento ocupa mayor espacio.

El método de abastecimiento con concreto premezclado fue requerido en 15 de las 16 etapas del proyecto, tomando la última etapa como prueba para realizar el sistema de preparación de concreto in situ debido a la falta de cumplimiento del cronograma de vaciado. La solicitud de concreto para el proyecto se refiere a un solo tipo de resistencia, la cual es de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ .

Debido a la ubicación de la obra, la zona destinada para la ubicación de la planta dosificadora no contaba con conexión directa de agua ni de energía eléctrica, teniendo que requerir equipos adicionales para satisfacer los requerimientos, como, instalación de tanques de agua y un generador eléctrico para abastecer de energía a la bomba a usar. Sin embargo, el tipo de suelo no permitía realizar la colocación del equipo debido a que no poseía la suficiente estabilidad, por lo que se tuvo que realizar el afirmado de la zona a ubicar la planta dosificadora. El clima moderado de la zona permite trabajar a condiciones normales de temperatura. Lo cual era favorable al momento de producir concreto con la planta, pues no generaba alteraciones en la mezcla debido al contenido de humedad.

El área a abastecer de concreto se refiere a la etapa 16 del proyecto, teniendo 660 viviendas a abastecer. La razón del método de abastecimiento mediante la planta dosificadora en obra tiene por objetivo permitir una fabricación constante, continua y a tiempo de concreto para cumplir la producción semanal trazada.

#### **4.2.1. Propuesta de equipos**

Al plantear la alternativa de solución de planta dosificadora de concreto en obra se tuvo que realizar cotizaciones, que se adjuntan en el Anexo 3: Cotizaciones de plantas

dosificadoras mostrando desde la Figura 47 a la Figura 53. Tenemos los siguientes equipos contactados:

a. Planta de concreto móvil Elkon Mix Master-30

Capacidad de producción: 30 m<sup>3</sup>/hora concreto por vibración, en la Figura 19 se muestra los componentes de la planta.



Figura 19: Planta dosificadora de concreto móvil Elkon Mix Master-30

Fuente: Elkon

Elkon mix master-30 se puede integrar con la bomba de concreto. Al equipo se le puede anexar una cinta opcional para la carga de camiones mixer.

Para el abastecimiento de concreto, esta planta puede operar con un silo de 50 toneladas, un sistema rompe big bag o un sistema rompe sacos.

b. Planta dosificadora de agregados móvil – Esel Modelo MA-50

Capacidad de producción: 32 m<sup>3</sup>/hora

Tolva con capacidad de 8m<sup>3</sup> x batch, en la Figura 20 se muestra la imagen del equipo.



Figura 20: Planta dosificadora de agregados Esel MA-50

Fuente: Esel

La planta dosificadora modelo MA-50 de Esel Industrial SAC cuenta con una balanza de última generación, la cual permite dosificar por peso los diversos agregados para el concreto, posee una tolva con capacidad para 8m<sup>3</sup> x batch.

Cuenta con compuertas de descarga activadas por un sistema neumático, medidor de agua de alto y bajo caudal, tablero de comando en la cabina donde el operador tiene control absoluto de todas las funciones, faja transportadora de material con descarga directa a los camiones mixer.

Adicionalmente cuenta con conexión eléctrica y neumática, además de un sistema de freno, para cualquier camión; esto permite su óptima movilidad por la red vial.

c. Planta de hormigón automática estacionaria Haomei HZS35

Capacidad de producción: 35 m<sup>3</sup>/hora, en la Figura 21 se aprecia una imagen de la planta.



Figura 21: Planta de hormigón Haomei HZS35

Fuente: Haomei

La planta de hormigón HZS35 es completamente automática, con una producción técnica de 35m<sup>3</sup>/h.

La configuración de la planta consiste en un centro de mezclado llamado hormigonera JS750, una dosificadora con 3 tolvas modelo PLD1200-3, un sistema de suministro de agua, un sistema de suministro de aditivo, un sistema de suministro de cemento, un transportador tipo tornillo, un silo de cemento, una cabina de control totalmente equipada.

d. Planta de concreto Liugong YHZZ 25

Capacidad de producción: 25 m<sup>3</sup>/hora, en la Figura 22 se muestra la planta.



Figura 22: Planta de concreto Liugong YHZZ25

Fuente: Liugong

La planta de concreto Liugong YHZZ25 fue construido para eficiencia. Diseñado especialmente para proyectos in situ, se instala en el menor tiempo posible y es fácil de trasladar. Tiene un mezclador de doble eje donde todos los materiales son medidos por sensores para garantizar la óptima calidad del concreto. El proceso de mezcla se puede controlar automáticamente y manualmente, esto permite al operador elegir el modo manual de forma temporal si se produce algún problema.

e. Planta móvil de concreto Flucooper.

Capacidad de producción: 10 – 15 m<sup>3</sup>/hora, en la Figura 23 se muestra las fotos de la planta, así como su abastecimiento de agregados.



Figura 23: Planta móvil de concreto Flucooper

Fuente: Flucooper

La planta móvil de concreto Flucooper posee un rendimiento de 10 a 15 m<sup>3</sup>/h, es un equipo versátil, eficiente, económico y que produce sin desperdicios.

Es una planta móvil de fácil traslado en carretera, puede ser remolcado por cualquier tipo de vehículo a una velocidad media.

Los agregados y el cemento se cargan con una retroexcavadora o un mini cargador, el cual realiza el traslado de la misma, del almacén al sitio de colado.

#### 4.2.2. Elección del equipo

Según los equipos presentados anteriormente y sus respectivas cotizaciones, que se presentan en el Anexo 3: Cotizaciones de plantas dosificadoras y su resumen en la tabla 5, se decidió por la planta móvil Flucooper debido a su precio y capacidad de producción que cumple con los requerimientos de la obra. Posee la bondad de ser móvil

y tiene la facilidad de ser transportado con el apoyo de una camioneta. La obra cuenta con los equipos adicionales que requiere para el suministro de agregados.

Tabla 5: Comparación de capacidad y precios de plantas dosificadoras

Equipo	Capacidad (m <sup>3</sup> /h)	Costo
Planta dosificadora de concreto móvil Elkon Mix Master-30	30	\$64,900
Planta dosificadora de concreto estacionaria Elkon Mix Master-45	45	\$70,070
Planta dosificadora de agregados Esel MA-50	40	\$35,000
Planta de hormigón Haomei HZS35	35	\$43,650
Planta de concreto Liugong YHZS25	25	\$102,000
<b>Planta dosificadora de concreto móvil Flucooper</b>	<b>10 - 15</b>	<b>\$33,000</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.1. Descripción del equipo

La planta de concreto móvil Flucooper (Flujo permanente de concreto) es de fabricación mexicana y posee las siguientes especificaciones técnicas basadas en la ficha técnica de la planta.

En condiciones normales de funcionamiento, ofrece la capacidad de producir concreto a razón de 10-15 m<sup>3</sup>/hora o más, dependiendo del tipo de concreto y del flujo de suministro de materiales a la planta.



Figura 24: Presentación de la planta móvil Flucooper

Fuente: Ficha técnica Flucooper

Posee la versatilidad de la planta móvil de concreto ya que, debido a sus dimensiones y peso, puede ser movilizada estando sin carga por un vehículo menor como una camioneta Hilux de simple tracción, el equipo cargado puede ser transportado por el equipo que lo abastece de materiales.

Dimensiones de la planta móvil:

- Longitud: 5.4m
- Ancho: 2.28m
- Alto: 2.35m
- Ancho de eje: 2.18m
- Longitud de banda transportadora: 1.50m
- Longitud sinfín de cemento: 2.24m
- Longitud de mezcladora: 2.50m
- Peso: 1.7 Ton
- Tolvas: 1.1 ton para cemento, 750 litros para agua, 1.8 m<sup>3</sup> para arena, 1.8 m<sup>3</sup> para piedra
- Motor a gasolina de 19Hp

El equipo posee una serie de componentes que permiten el proceso de fabricación del concreto, los cuales son:

- 02 tolvas, de 1.5 m<sup>3</sup> de capacidad para arena y 1.5 m<sup>3</sup> de capacidad para piedra
- 01 tolva, de 1 tonelada de capacidad para cemento
- 02 tanques de almacenamiento de agua, con un volumen total de 07 m<sup>3</sup>
- 01 tornillo transportador de cemento
- 01 mezclador para el concreto
- 01 motor de 19 Hp

- 01 faja transportadora de 3m de longitud

La dosificación se realiza por volumen con la calibración correspondiente a la velocidad de procesamiento del cemento (aproximadamente 2 bolsas por minuto), de este modo se puede obtener distintos diseños de concreto según el requerimiento. Para el caso en estudio se realizó una mejora en el silo de cemento, se agregó una malla para soltar el cemento previamente a su traslado por la faja transportadora, con esta malla ya no se tuvo los problemas de compactación del cemento por su almacenamiento.

Para el abastecimiento de agregados en las tolvas, se requiere un equipo adicional de retroexcavadora como se aprecia en la Figura 25 , para llenar las tolvas con el agregado correspondiente, de similar manera para el cemento, asimismo se requiere un punto de agua para el abastecimiento de la planta. Para dosificar la cantidad correcta de agua para el diseño estimado se adaptó un caudalímetro en el tanque de agua para así poder calibrar la cantidad de agua para la mezcla.



Figura 25: Abastecimiento de agregados

Fuente: Youtube

Una vez calibrado el equipo para el diseño de mezcla requerido, se pone en funcionamiento la planta que vierte los componentes para la fabricación del concreto en el tornillo mezclador transportador, que cumple la función de mezclar el concreto en toda

su extensión, dando como resultado un producto terminado y listo para ser vertido en el encofrado.

La planta móvil de concreto Flucoper se diferencia de los equipos de su categoría principalmente por la producción continua de concreto, la planta no detiene la producción mientras está siendo abastecida, característica que lo hace único en el mercado, convirtiendo el equipo en una herramienta versátil, eficiente y económica (funciona con un solo motor de 19hp), frente a los otros equipos de este segmento, basados en sistemas discretos de funcionamiento que obedecen a procesos de carga, mezcla de materiales y descarga, originando paradas obligatorias en el proceso de producción del concreto.

En la Figura 26 se aprecia la distribución del área de trabajo que se ha empleado en el proyecto La Estancia de Lurín.

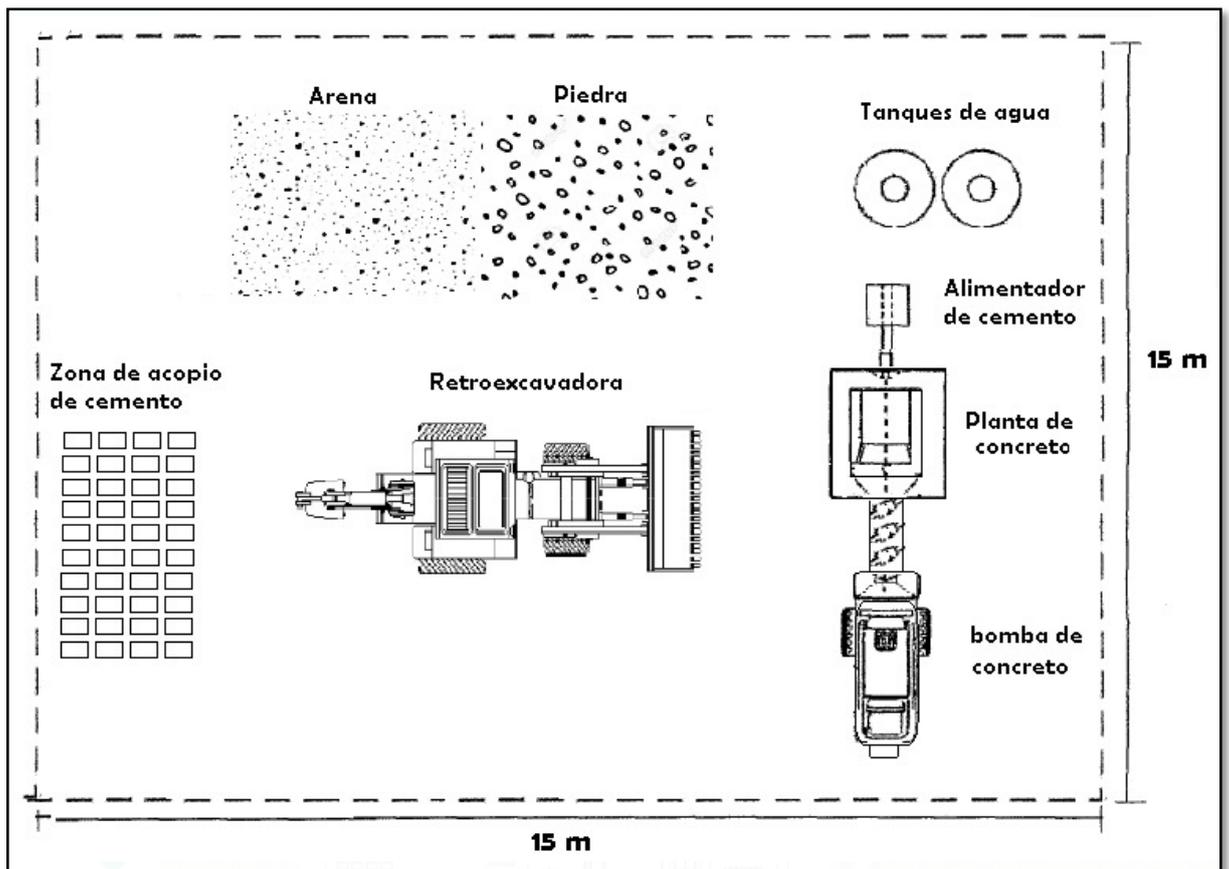


Figura 26: Distribución en la ubicación de la planta de concreto

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.2.2. Consideraciones para el uso**

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones previas al traslado de la planta:

- a. Asegurar el tornillo mezclador con el grillete unido a la cadena.
- b. Colocar la malla al interior de la tolva de agregado.
- c. Inflar las llantas.
- d. Asegurar pernos que puedan aflojarse debido a los movimientos bruscos durante el traslado.
- e. Inflar los amortiguadores tipo llanta para evitar vibraciones y golpes indeseados durante el transporte.
- f. Llevar caja de herramientas (incluir llave francesa).
- g. Contar con una faja de repuesto de cada tipo como mínimo, es imprescindible pues en caso se deteriore una faja el equipo dejaría de funcionar.
- h. Llevar el cobertor para cubrir el equipo en caso de lluvia.

Durante el traslado de la planta se deben tener las siguientes consideraciones:

- a. Verificar que el pín del equipo de transporte este correctamente colocado al elemento de sujeción de la planta.
- b. Asegurar el elemento de sujeción de la planta con su propio pin para que quede fijo.
- c. Asegurar la manivela de la gata trasera, para evitar que no esté suelta durante el transporte, al estar suelta puede golpear a transeúntes o vehículos.
- d. Verificar que los dos pernos que soportan el tornillo mezclador no estén sueltos o dañados, al no estar bien colocados puede desprenderse y ocasionar un accidente.

Se debe tener en cuenta los siguientes preparativos previos al vaciado:

- a. Eliminar todos los materiales al interior de las tolvas.
- b. Limpiar el tornillo mezclador.
- c. Revisar todos los pernos y elementos que se hubieran aflojado durante el transporte queden bien ajustados.
- d. Cambiar las fajas que presenten signos de desgaste.
- e. Engrasar todas las chumaceras y cadenas de transmisión.
- f. Cambio de aceite y filtros al equipo.
- g. Colocar un codo de PVC al ingreso del agua de modo que ante un derrame de agua no deseado no caiga sobre el tornillo mezclador.
- h. Asegurar la estabilidad del equipo en terreno firme.

Para el funcionamiento y puesta en marcha de la planta se debe seguir el siguiente procedimiento:

- a. Colocar el cemento en la tolva correspondiente, se debe asegurar previamente que no quede residuos ni grumos de cemento (depositados anteriormente), retirar el tornillo transportador de cemento para limpiarlo, eliminar cualquier resto del material solidificado al interior de este elemento y al interior de la tolva.
- b. Encender el equipo para realizar el primer transporte de cemento desde la tolva hasta la salida del tornillo transportador de cemento, es necesario realizar esta operación hasta confirmar que el tubo que contiene el tornillo de cemento se encuentre totalmente lleno.
- c. Colocar la arena y en la piedra en su tolva correspondiente y realizar la calibración de la compuerta para controlar el flujo de salida del material, en función del diseño de mezcla.

- d. Llenar los tanques del agua del equipo hasta el nivel superior de la manguera de nivel.

Los parámetros para la calibración de la planta por volumen son los siguientes:

- a. Es importante recordar que el flujo de cemento es constante en relación al número de vueltas de la faja en la siguiente proporción: 1 bolsa de cemento por cada 02 vueltas completas de la faja transportadora.
- b. La faja tiene una longitud de 3m, lo que quiere decir que el desarrollo de 02 vueltas completas de la faja equivale a una longitud de 6 m.
- c. La compuerta de arena como la compuerta de piedra tiene una longitud de 25cm
- d. La altura de las compuertas es variable, la magnitud se fija en el punto que corresponda al diseño de mezcla deseado.

#### **4.2.3. Calibración del equipo**

Para el vaciado de concreto se requiere concreto de resistencia a la compresión de  $175\text{kg}/\text{cm}^2$ , para lo cual se estimó la siguiente proporción por metro cúbico de concreto:

- 7.4 bolsas de cemento
- $0.55\text{ m}^3$  de arena
- $0.70\text{ m}^3$  de piedra chancada huso 67
- $0.2075\text{ m}^3$  de agua

Se necesita obtener la proporción por bolsa de cemento, pues se sabe que dos vueltas de la faja transportadora equivalen al transporte de 01 bolsa de cemento, para lo cual tenemos la siguiente proporción: 1 bolsa de cemento:  $0.07432\text{ m}^3$  de arena:  $0.0946\text{ m}^3$  de piedra.

Cálculo de la altura de la compuerta de la arena

$$6.0\text{m} * 0.25\text{m} * h = 0.07432\text{m}^3$$

$$h = 0.0495\text{m} = 4.95\text{cm}$$

Despejando  $h=0.0495\text{m}$  equivalente a 4.95cm

Cálculo de la altura de la compuerta de la piedra

$$6.0\text{m} * 0.25\text{m} * h = 0.0946\text{m}^3$$

$$h = 0.063\text{m} = 6.30\text{cm}$$

Despejando  $h=0.063\text{m}$  equivalente a 6.3cm

Se necesita hacer una corrección en la altura de la compuerta de piedra, aumentar el tamaño de la piedra (2cm), la altura corregida será 8.3cm.

Es importante señalar que la colocación del cemento en la tolva es una tarea a realizar con especial atención, tal que no se permita el ingreso de grumos

### **4.3. Análisis económico**

Para el presupuesto de la producción de concreto en obra se tiene las siguientes variables: (1) El costo de los equipos, (2) El combustible requerido por los mismos), (3) Los materiales para la mezcla, (4) La mano de obra.

#### **4.3.1. Equipo**

Adquisición

- Precio total: US\$ 33000,00 (treinta y tres mil y 00/100) dólares americanos) puesto en obra.

Mantenimiento

El plan de mantenimiento se deberá hacer mensualmente y consta de los siguientes procedimientos:

- Cambio de aceite. Para cambio de aceite del motor se tiene el costo de S/.50 por mes.

- Refuerzo de tornillo de mezcla. Producto del desgaste por la constante mezcla del tornillo sinfín, requiere de un refuerzo mensual o cuando se necesite, supone un costo de S/. 100 por mes.
- Cambio de faja. La planta posee tres fajas de diferentes diámetros (25, 45 y 55 cm) que requieren ser cambiadas mensualmente, el cual significa un costo de S/. 30 por faja, teniendo un total de S/. 90 mensuales.

### Depreciación

La planta dosificadora sufre una depreciación porcentual anual a su precio inicial. Este valor porcentual es calculado según parámetros de SUNAT.

Se realizaron cálculos con modelos propuestos y se llegó a la conclusión que el modelo Ross es el que más se asemeja al comportamiento de la planta de concreto, cumpliendo los requerimientos planteados por SUNAT que indica un máximo valor de depreciación anual de 20% para maquinarias empleadas en el rubro de la construcción.

Para el costo de depreciación de la maquinaria se emplearon los métodos de línea recta y de Ross, teniendo:

Tabla 6: Costos de depreciación de la planta dosificadora.

<b>Método</b>	<b>Depreciación</b>	<b>Costo depreciado</b>
<b>Método Lineal</b>	<b>10%</b>	<b>S/. 98,604.00</b>
Método de Ross	1.17%	S/. 108,275.04

Fuente: Elaboración propia

El método de Ross aumenta el porcentaje de depreciación dependiendo el tiempo de uso y tiempo de vida, mientras que la depreciación lineal presenta el porcentaje de depreciación constante de 10% por año.

Para la investigación se decidió tomar el valor de la depreciación por el método lineal, siendo el valor más crítico. También se decidió aplicar la reventa de la planta dosificadora para obtener el ahorro neto que se puede obtener con el uso de esta.

Retroexcavadora: Se necesitará el apoyo de una máquina retroexcavadora para el abastecimiento de agregados en la tolva de la dosificadora. En el presente estudio se optará por alquilar esta máquina.

- El costo de alquiler es de S/. 95.76 por hora máquina, para un mejor control de costos se considerará los costos por cada metro cúbico de concreto, teniendo así 0.05 horas máquina por cada metro cúbico de concreto.

#### **4.3.2. Combustible**

Para el funcionamiento de la planta dosificadora se necesita abastecer de gasolina al motor de la planta dosificadora y al grupo electrógeno que brindará energía a la bomba de agua. También se necesitará petróleo para el funcionamiento de la retroexcavadora que abastecerá de materiales a la dosificadora.

- Gasolina: Se necesitará 0.05 gal de gasolina para la dosificadora y 0.05 gal de gasolina para el grupo electrógeno.
- Petróleo: Se necesitará 0.05 gal de petróleo para la retroexcavadora.

#### **4.3.3. Materiales**

Materias prima

Según las especificaciones técnicas del proyecto se requiere concreto de resistencia  $f'c=175\text{kg/cm}^2$ . Se hizo el cálculo para la dosificación correspondiente a un metro cúbico de concreto, para lo cual se requiere:

- Cemento: El cemento requerido en la dosificación es de 7.4 bolsas de cemento.
- Arena: La arena requerida en la dosificación es de  $0.55\text{ m}^3$ .
- Piedra: El volumen de piedra chancada HUSO 67 requerida en la dosificación es de  $0.7\text{ m}^3$ .

- Agua: El volumen de agua requerida en la dosificación es de 0.2075 m<sup>3</sup>.

Para poder reducir el costo de cemento se necesita negociar con los proveedores de cemento para llegar a un acuerdo según el volumen total de requerimiento. El volumen de concreto a emplear es de 28000 m<sup>3</sup>, para lo cual se necesita 210000 bolsas de cemento en total. Se concretó las negociaciones con los diferentes proveedores, teniendo como resumen la Tabla 7.

Tabla 7: Precios de cemento por proveedores.

Ítem	Proveedor	Precio comercial	Precio negociado
1	Mochica	S/. 20.73	S/. 19.80
2	Andino	S/. 20.51	S/. 20.00
3	Pacasmayo	S/. 20.34	S/. 19.94
4	Sol	S/. 18.81	S/. 18.20
5	Apu	S/. 17.37	S/. 16.95
6	Inka	S/. 18.22	S/. 17.80
7	Yura	S/. 16.86	S/. 16.50
<b>8</b>	<b>Cemex</b>	<b>S/. 18.22</b>	<b>S/. 17.71</b>

Fuente: Elaboración propia

Se tomó la decisión de trabajar con cemento Cemex, no solo por la oferta económica, sino también por la calidad de su producto y el prestigio de la empresa.

Además la empresa brinda una asesoría técnica en cuanto al diseño de la mezcla y poder optimizar materiales. Adicional ofrecía a la empresa una línea de crédito superior a los otros proveedores. Al igual que el cemento, se realizará una gestión de procura para los agregados y el agua, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Costo de materiales para el proyecto

Material	Und.	Cant.	P.U.	Total xm <sup>3</sup>	1 vivienda	660 viviendas	Proyecto
					40m <sup>3</sup>	26400m <sup>3</sup>	28000m <sup>3</sup>
Cemento	Bolsas	7.5	S/. 17.71	S/. 132.83	S/. 5,313.00	S/. 3,506,580.00	S/.3,719,100.00
Arena	m3	0.625	S/. 37.00	S/. 23.13	S/. 925.00	S/. 610,500.00	S/ 647,500.00
Piedra	m3	0.8	S/. 42.37	S/. 33.90	S/. 1,355.84	S/. 894,854.40	S/. 949,088.00
Agua	m3	0.2075	S/. 8.47	S/. 1.76	S/. 70.30	S/. 46,210.70	S/. 49,210.70
			<b>TOTAL</b>	S/. 191.60	S/. 7,704.14	S/. 5,058,993.06	S/.5,392,898.70

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4. Mano de obra

Para producir concreto usando la planta dosificadora se necesitará de mano de obra para el apoyo en operaciones y acarreo.

- Operador de la retroexcavadora, se requiere de 2 horas hombre para producir 40 metros cúbicos de concreto.

#### 4.4. Flujo de producción

De acuerdo a las condiciones del proyecto se describirá las actividades aplicadas al proyecto de vivienda de interés social. Para elaborar la propuesta de mejora con el objetivo de realizar procesos más eficientes con el sistema propuesto.

##### 4.4.1. Flujo de producción general de una casa monolítica

Se presenta el esquema de actividades en la Figura 27 necesarias para la construcción de una casa.

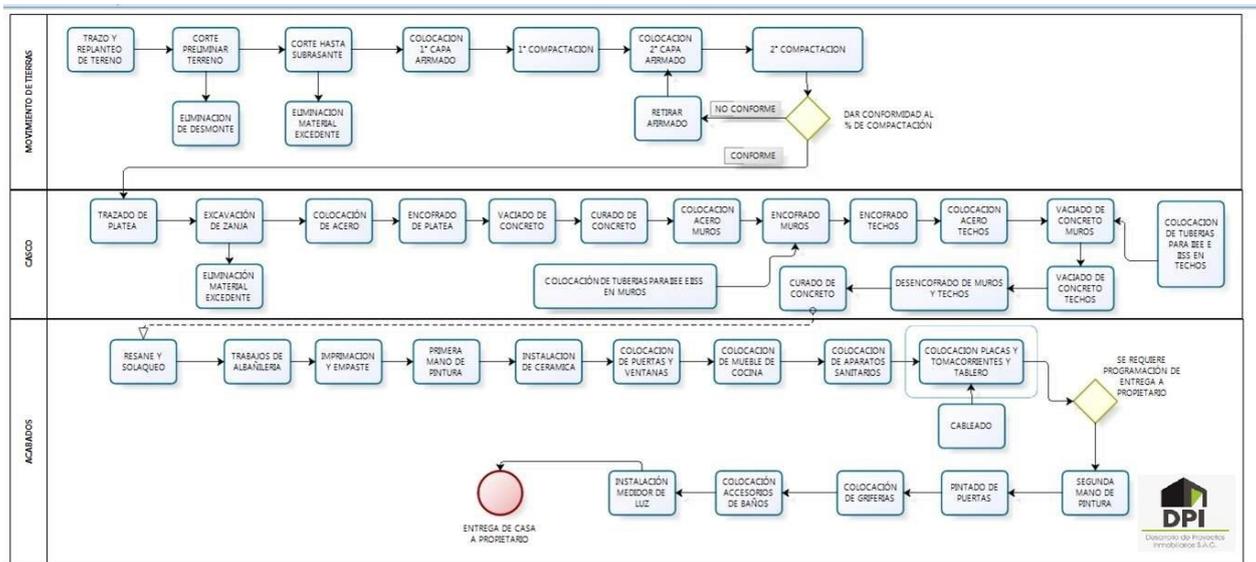


Figura 27: Esquema de actividades.

Fuente: Oficina técnica DPI

A continuación se presenta el diagrama de procesos en la Figura 28 de la construcción que se realiza durante la construcción de una vivienda del proyecto solo

hasta la etapa de casco estructural, ya que es en esta actividad que tiene mayor impacto el concreto.

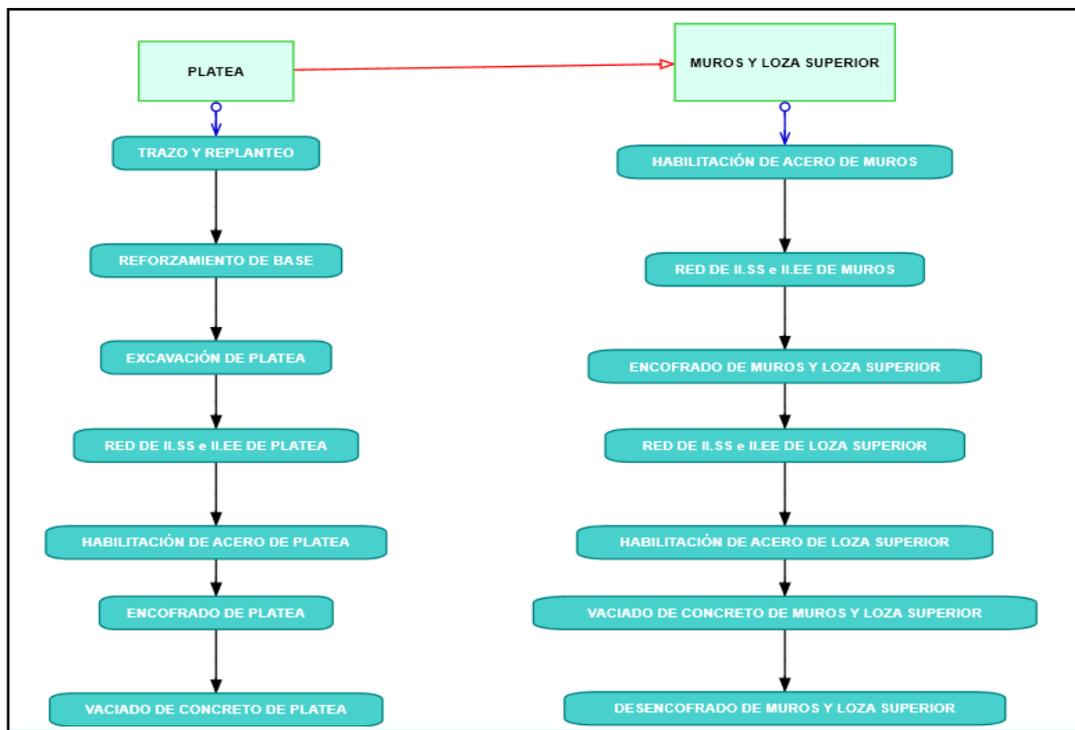


Figura 28: Diagrama de procesos de construcción

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2. Gestión de concreto premezclado y concreto fabricado en obra

En base a las actividades presentadas en los gráficos anteriores de acuerdo a nuestra investigación se presenta el siguiente esquema de Ishikawa en la Figura 29 en la cual describe la gestión y el procedimiento de la forma tradicional de obtener concreto.

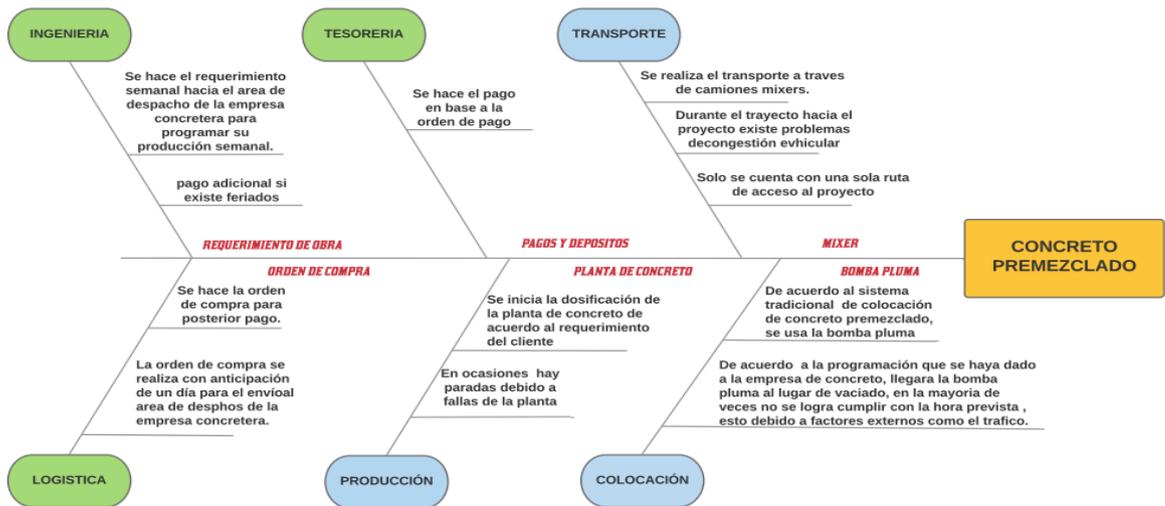


Figura 29: Diagrama de Ishikawa de la gestión para obtener concreto premezclado.

Fuente: Elaboración propia

Según el esquema se puede apreciar que la empresa solo llega a tener dominio desde la parte del pedido del concreto hasta el pago del requerimiento, mientras que el proveedor llega a dominar el flujo producción del concreto haciendo que estemos sujetos a disposición y cambios que ellos planteen.

Se presenta el diagrama de Ishikawa en la Figura 30 para el concreto fabricado en obra:

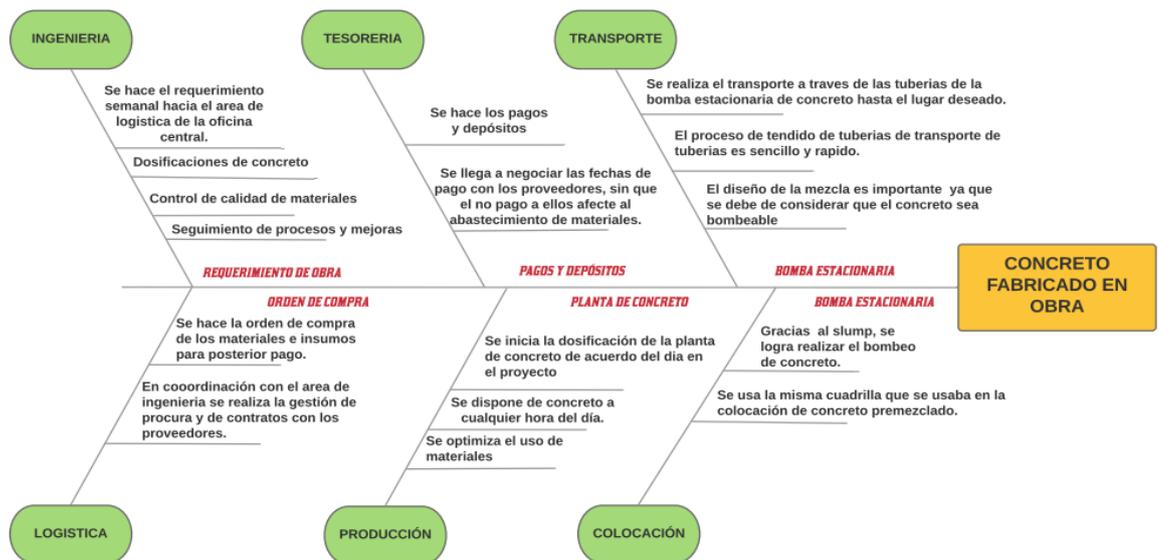


Figura 30: Diagrama de Ishikawa de gestión para concreto fabricado en obra.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al grafico se puede apreciar que desde el requerimiento hasta la producción de concreto es manejada por la empresa, teniendo como ventaja principal la disposición inmediata del concreto.

#### 4.4.3. Carta balance

##### a. Concreto premezclado

Se elaboró una carta balance en referencia a la colocación del concreto premezclado, para poder analizar la productividad de esta actividad. En la Tabla 9 se presenta la carta balance para el abastecimiento con concreto premezclado, teniendo sombreado de color verde los trabajos productivos, de color amarillo los trabajos contributorios y de color rojo los trabajos no productivos.

Tabla 9: Carta balance para la colocación de concreto premezclado.

ITEM	DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		MAN. DE BOMB.	MAN. DE VIBR.	MAN. DE VIBR.	LAMP.	LAMP.	LAMP.	REGL.	REGL.	CAPATAZ DE CONCRETO
		ORGAL	ORGAL	ORGAL	PEÓN	PEÓN	PEÓN	OPERARIO	OPERARIO	OPERARIO
<b>1</b>	<b>TP</b>	<b>TRABAJO PRODUCTIVO</b>								
1.1	C VACIADO DE CONCRETO	62	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2	P ACOMODADO DE CONCRETO CON PALA	0	0	0	73	70	75	0	0	0
1.3	V VIBRADO	0	60	59	0	0	0	0	0	0
<b>2</b>	<b>TC</b>	<b>TRABAJO CONTRIBUTORIO</b>								
2.1	M.V. MOVER MAQUINA VIBRADORA	0	15	15	0	0	0	0	0	0
2.2	M.C. MOVER MANGUERA DE CONCRETO	10	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3	R REGLEADO Y SABLEADO	0	0	0	0	0	0	88	88	0
2.4	I RECIBIR Y DAR INSTRUCCIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	72
<b>3</b>	<b>TNC</b>	<b>TRABAJO NO CONTRIBUTORIO</b>								
3.1	LL LLEGADA DE MIXER	21	21	23	23	23	23	23	23	23
3.2	ES ESPERAS	61	61	61	61	61	61	61	61	61
3.3	R.M. RETIRO DE MIXER	15	15	15	15	15	15	15	15	23
3.4	LJ LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS	10	10	10	8	8	8	10	10	0
		179	182	183	180	177	182	197	197	179

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 10 se puede apreciar el porcentaje de los trabajos productivos, contributorios y no contributorios.

Tabla 10: Porcentaje de trabajos productivos.

ITEM	DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		MAN. DE BOMB. ORGAL	MAN. DE VIBR. ORGAL	MAN. DE VIBR. ORGAL	LAMP. PEÓN	LAMP. PEÓN	LAMP. PEÓN	REGL. OPERARIO	REGL. OPERARIO	CAPATAZ DE CONCRETO OPERARIO
<b>1</b>	<b>TP</b>	<b>TRABAJO PRODUCTIVO</b>								
1.1	C VACIADO DE CONCRETO	35%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1.2	P ACOMODADO DE CONCRETO CON PALA	0%	0%	0%	41%	40%	41%	0%	0%	0%
1.3	V VIBRADO	0%	34%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		35%	34%	33%	41%	40%	41%	0%	0%	0%
<b>2</b>	<b>TC</b>	<b>TRABAJO CONTRIBUTORIO</b>								
2.1	M.V. MOVER MAQUINA VIBRADORA	0%	8%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2.2	M.C. MOVER MANGUERA DE CONCRETO	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2.3	R REGLEADO Y SABLEADO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	45%	45%	0%
2.4	I RECIBIR Y DAR INSTRUCCIONES	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	40%
		6%	8%	8%	0%	0%	0%	45%	45%	40%
<b>3</b>	<b>TNC</b>	<b>TRABAJO NO CONTRIBUTORIO</b>								
3.1	LL LLEGADA DE MIXER	12%	12%	13%	13%	13%	13%	12%	12%	13%
3.2	ES ESPERAS	34%	34%	33%	34%	34%	34%	31%	31%	34%
3.3	R.M. RETIRO DE MIXER	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	13%
3.4	LI LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS	6%	5%	5%	4%	5%	4%	5%	5%	0%
		60%	59%	60%	59%	60%	59%	55%	55%	60%

Fuente: Elaboración propia

En resumen tenemos la tabla 11:

Tabla 11: Resumen de trabajos con concreto premezclado.

DESCRIPCIÓN	RANGOS
TRABAJO PRODUCTIVO	33% a 41%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	6% a 45%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	55% a 60%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el analisis se presenta los resultados en la Figura 31, correspondiente al vaciado con concreto premezclado.

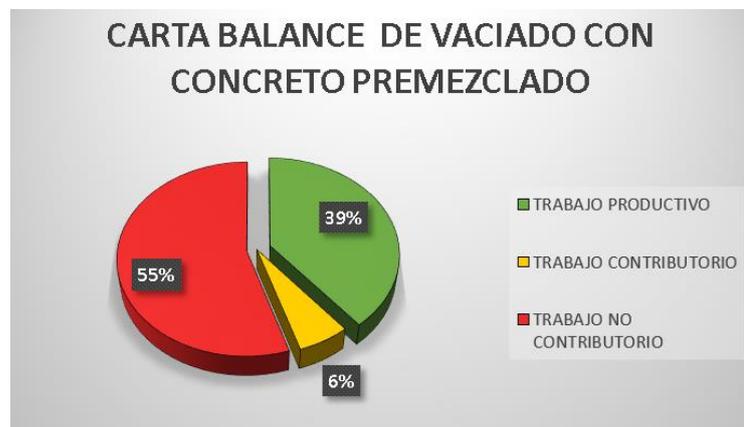


Figura 31: Carta balance de vaciado con concreto premezclado.

Fuente: Elaboración propia

b. Concreto fabricado en obra

Se elaboró una carta balance mostrada en la Tabla 12, en referencia a la colocación del concreto producido en obra, para poder analizar la productividad de esta actividad.

Tabla 12: Carta balance para vaciado de concreto fabricado en obra.

ITEM	DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		MAN. DE BOMB.	MAN. DE VIBR.	MAN. DE VIBR.	LAMP.	LAMP.	LAMP.	REGL.	REGL.	CAPATAZ DE CONCRETO
		ORGAL	ORGAL	ORGAL	PEÓN	PEÓN	PEÓN	OPERARIO	OPERARIO	OPERARIO
<b>1</b>	<b>TP</b>	<b>TRABAJO PRODUCTIVO</b>								
1.1	C VACIADO DE CONCRETO	80	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2	P ACOMODADO DE CONCRETO CON PALA	0	0	0	98	94	95	0	0	0
1.3	V VIBRADO	0	78	83	0	0	0	0	0	0
<b>2</b>	<b>TC</b>	<b>TRABAJO CONTRIBUTIVO</b>								
2.1	M.V. MOVER MAQUINA VIBRADORA	0	25	25	0	0	0	0	0	0
2.2	M.C. MOVER MANGUERA DE CONCRETO	10	0	0	10	10	10	0	0	0
2.3	R REGLEADO Y SABLEADO	0	0	0	0	0	0	113	115	0
2.4	I RECIBIR Y DAR INSTRUCCIONES	15	0	0	0	0	0	0	0	90
<b>3</b>	<b>TNC</b>	<b>TRABAJO NO CONTRIBUTIVO</b>								
3.1	LL LLEGADA DE MIXER	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.2	ES ESPERAS	15	15	15	15	15	15	10	10	15
3.3	R.M. RETIRO DE MIXER	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.4	LI LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS	15	10	10	8	8	8	10	10	0
		135	128	133	131	127	128	133	135	105

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 13 se puede apreciar el porcentaje de los trabajos productivos, contributivos y no contributivos.

Tabla 13: Porcentaje de trabajos productivos.

ITEM	DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		MAN. DE BOMB.	MAN. DE VIBR.	MAN. DE VIBR.	LAMP.	LAMP.	LAMP.	REGL.	REGL.	CAPATAZ DE CONCRETO
		ORGAL	ORGAL	ORGAL	PEÓN	PEÓN	PEÓN	OPERARIO	OPERARIO	OPERARIO
<b>1</b>	<b>TP</b>	<b>TRABAJO PRODUCTIVO</b>								
1.1	C VACIADO DE CONCRETO	59%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1.2	P ACOMODADO DE CONCRETO CON PALA	0%	0%	0%	75%	74%	74%	0%	0%	0%
1.3	V VIBRADO	0%	61%	62%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		59%	61%	62%	75%	74%	74%	0%	0%	0%
<b>2</b>	<b>TC</b>	<b>TRABAJO CONTRIBUTIVO</b>								
2.1	M.V. MOVER MAQUINA VIBRADORA	0%	20%	19%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2.2	M.C. MOVER MANGUERA DE CONCRETO	7%	0%	0%	8%	8%	8%	0%	0%	0%
2.3	R REGLEADO Y SABLEADO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	85%	85%	0%
2.4	I RECIBIR Y DAR INSTRUCCIONES	11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	86%
		19%	20%	19%	8%	8%	8%	85%	85%	86%
<b>3</b>	<b>TNC</b>	<b>TRABAJO NO CONTRIBUTIVO</b>								
3.1	LL LLEGADA DE MIXER	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3.2	ES ESPERAS	11%	11%	11%	11%	12%	12%	8%	7%	14%
3.3	R.M. RETIRO DE MIXER	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3.4	LI LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS	11%	7%	8%	6%	6%	6%	8%	7%	0%
		22%	19%	19%	18%	18%	18%	15%	15%	14%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 tenemos el resumen de lo explicado anteriormente.

Tabla 14: Resumen de trabajos con concreto fabricado en obra.

DESCRIPCIÓN	RANGOS		
TRABAJO PRODUCTIVO	59%	a	75%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	8%	a	86%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	15%	a	22%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el análisis se presenta los resultados en la Figura 33, correspondiente al vaciado con concreto premezclado.

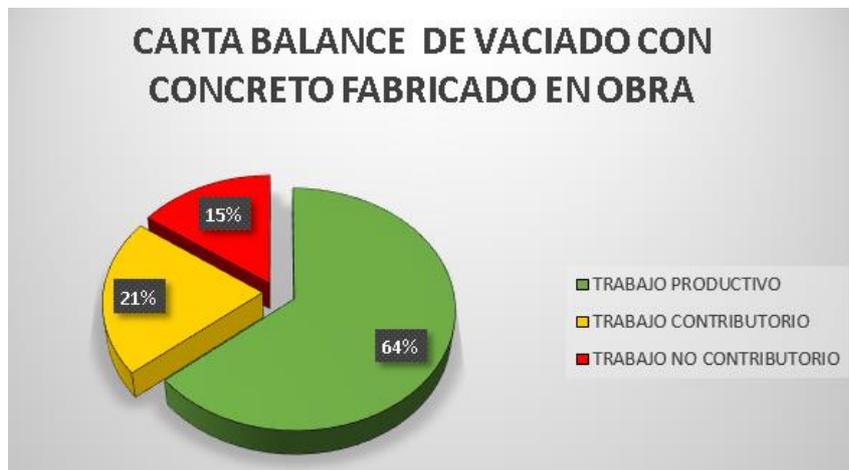


Figura 32: Carta balance de vaciado de concreto fabricado en obra.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.4. Diagrama de procesos de producción de concreto en obra

Se definen los flujos de las actividades como se muestra en la Figura 33 para obtener el producto.

Se incluirán todas las actividades que no agregan valor al proceso de producción, tales como las esperas, inspección, transporte, abastecimiento de materiales, entre otros.

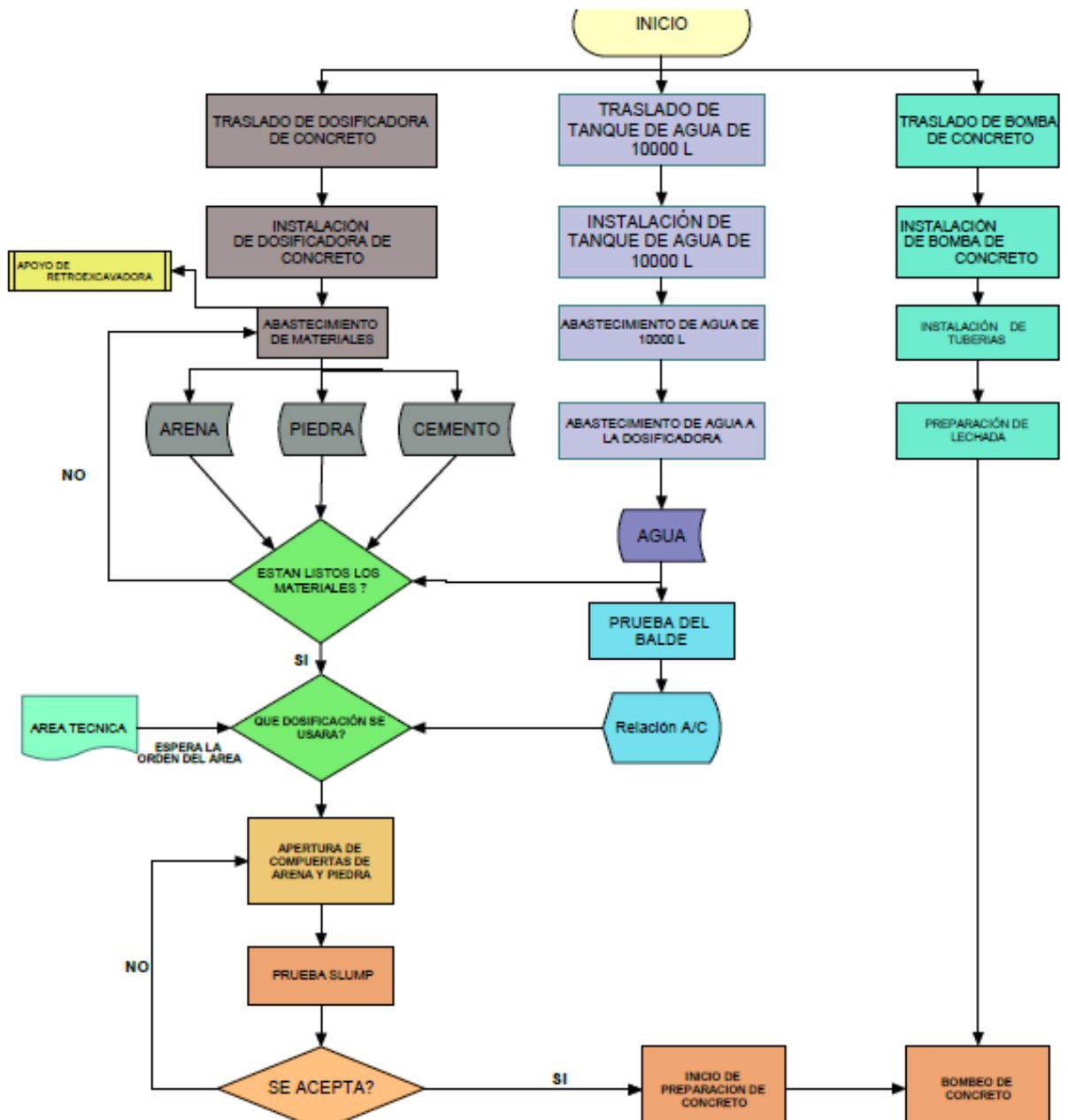


Figura 33: Diagrama de flujo del concreto en obra.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.5. Parámetros del flujo de producción

##### a. Velocidad de vaciado

- Concreto premezclado

De acuerdo a los registros del vaciado de concreto premezclado se han obtenido los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 15:

Tabla 15: Registros de vaciado de concreto premezclado en el mes de Enero

	7/1/2019	8/1/2019	9/1/2019	10/1/2019	11/1/2019	12/1/2019
Inicio de vaciado	14:30:00	14:30:00	14:00:00	15:00:00	16:00:00	11:00:00
Fin de vaciado	17:45:00	17:45:00	17:00:00	17:50:00	20:00:00	15:00:00
Tiempo	<b>03:15:00</b>	<b>03:15:00</b>	<b>03:00:00</b>	<b>02:50:00</b>	<b>04:00:00</b>	<b>04:00:00</b>
	14/1/2019	15/1/2019	16/1/2019	17/1/2019	18/1/2019	19/1/2019
Inicio de vaciado	14:00:00	15:00:00	14:30:00	14:00:00	15:00:00	12:00:00
Fin de vaciado	17:00:00	17:50:00	16:00:00	17:00:00	17:50:00	17:00:00
Tiempo	<b>03:00:00</b>	<b>02:50:00</b>	<b>01:30:00</b>	<b>03:00:00</b>	<b>02:50:00</b>	<b>05:00:00</b>
	21/1/2019	22/1/2019	23/1/2019	24/1/2019	25/1/2019	26/1/2019
Inicio de vaciado	15:00:00	14:00:00	15:00:00	14:40:00	13:25:00	10:00:00
Fin de vaciado	17:50:00	17:00:00	17:50:00	16:50:00	16:50:00	14:00:00
Tiempo	<b>02:50:00</b>	<b>03:00:00</b>	<b>02:50:00</b>	<b>02:10:00</b>	<b>03:25:00</b>	<b>04:00:00</b>

Fuente: Elaboración propia

En promedio se tiene un tiempo de vaciado de 03:23:20 horas equivalente a 203 minutos.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Producción}}{\text{tiempo}}$$

La velocidad de la cuadrilla de vaciado con concreto premezclado es:

$$\text{Velocidad} = \frac{40 \text{ m}^3}{3:23 \text{ horas}} = 11.82 \text{ m}^3/\text{hora}$$

- Concreto fabricado en obra

De acuerdo a los registros del vaciado de concreto fabricado en obra se han obtenido los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 16:

Tabla 16: Registros del vaciado de concreto fabricado en obra en el mes de marzo.

	<i>4/3/2019</i>	<i>5/3/2019</i>	<i>6/3/2019</i>	<i>7/3/2019</i>	<i>8/3/2019</i>	<i>9/3/2019</i>
Inicio de vaciado	13:00:00	13:15:00	13:05:00	14:15:00	14:00:00	11:00:00
Fin de vaciado	15:10:00	15:30:00	15:30:00	16:35:00	16:05:00	13:25:00
Tiempo	<b>02:10:00</b>	<b>02:15:00</b>	<b>02:25:00</b>	<b>02:20:00</b>	<b>02:05:00</b>	<b>02:25:00</b>
	<i>11/3/2019</i>	<i>12/3/2019</i>	<i>13/3/2019</i>	<i>14/3/2019</i>	<i>15/3/2019</i>	<i>16/3/2019</i>
Inicio de vaciado	13:05:00	13:15:00	13:00:00	14:00:00	14:00:00	12:00:00
Fin de vaciado	15:30:00	15:30:00	15:10:00	16:00:00	16:05:00	14:15:00
Tiempo	<b>02:25:00</b>	<b>02:15:00</b>	<b>02:10:00</b>	<b>02:00:00</b>	<b>02:05:00</b>	<b>02:15:00</b>
	<i>18/3/2019</i>	<i>19/3/2019</i>	<i>20/3/2019</i>	<i>21/3/2019</i>	<i>22/3/2019</i>	<i>23/3/2019</i>
Inicio de vaciado	15:00:00	14:00:00	13:05:00	14:40:00	13:15:00	11:30:00
Fin de vaciado	17:50:00	16:05:00	15:30:00	16:50:00	15:30:00	14:05:00
Tiempo	<b>02:50:00</b>	<b>02:05:00</b>	<b>02:25:00</b>	<b>02:10:00</b>	<b>02:15:00</b>	<b>02:35:00</b>

Fuente: Elaboración propia

En promedio se tiene un tiempo de vaciado de 02:07:20 hr. equivalente a 127 min.

La velocidad de la cuadrilla de vaciado con concreto fabricado en obra es:

$$\text{Velocidad} = \frac{40 \text{ m}^3}{3:23 \text{ horas}} = 18.89 \text{ m}^3/\text{hora}$$

## 4.5. Cronograma

### 4.5.1. Programación de vaciado con concreto premezclado

Cuando se empleó el abastecimiento con concreto premezclado, para los trabajos de vaciado de concreto interviene el recurso humano, equipos y dependemos del abastecimiento del concreto, que el mejor escenario sería un abastecimiento continuo pero por razones ya mencionadas eso no es posible debido a factores externos.

La población para calcular el cronograma se aplica a las 660 viviendas que pertenecen a la etapa 16 del conjunto habitacional La Estancia de Lurín. Para una población finita donde nuestra población es de 660 unidades, tenemos:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

$N =$  tamaño de la población ( 660 viviendas )

$p = q =$  cuando no existen estudios previos, hay que asumir ( 50% )

$Z =$  nivel de confiabilidad ( 95% )

$e =$  margen de error permitido ( 7.3% )

El tamaño de la muestra presenta como resultado 142 casas

Se realizará una programación de 144 casas, el inicio de la programación será desde el día 19 de febrero. Se presenta los rendimientos de vaciado con concreto premezclado en la Tabla 17

Tabla 17: Rendimiento de vaciado con concreto premezclado

<b>RESUMEN</b>	
144	CASAS
102	DIAS
<b>1.41</b>	<b>CASAS/DIA</b>

Fuente: Elaboración propia

#### **4.5.2. Programación de vaciado con concreto fabricado en obra**

A diferencia del concreto premezclado al momento de vaciar concreto fabricado con una planta dosificadora en obra intervienen los siguientes recursos: el recurso humano, equipos, maquinarias.

Se tiene contar con un diseño de concreto, el abastecimiento de materiales, control de calidad de los materiales y del concreto producido. Se debe llegar a un acuerdo comercial con los proveedores de cemento para el despacho, y que el costo de venta esté dentro de los márgenes estimados.

El concreto producido en obra requiere de un equipo para la colocación de concreto en este caso la empresa cuenta con una bomba estacionaria de concreto CIFA con una cantidad de 55 tuberías que le permitirán realizar hasta 150 metros de colocación de concreto. La ventaja con este sistema es que no dependemos de factores externos que nos afecten un abastecimiento continuo de concreto debido a que contamos con una planta dentro de la obra. También es importante que se realice una gestión de procura con los materiales que intervienen en la fabricación del concreto (piedra huso 67, arena, cemento y agua). Adicional el abastecimiento de combustible se va a realizar mediante la compra directa desde la oficina de la obra (caja chica) para la planta dosificadora de concreto, retroexcavadora, bomba de concreto y bomba de agua. Se realizará una programación de 144 casas, el inicio de la programación será desde el día 19 de febrero. Se muestra la tabla 18 como resumen del rendimiento de vaciado.

Tabla 18: Rendimiento de vaciado con planta dosificadora de concreto

<b>RESUMEN</b>	
<b>144</b>	CASAS
<b>100</b>	DIAS
<b>1.44</b>	CASAS/DIA

Fuente: elaboración propia

## **CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **5.1. Descripción de la fabricación de concreto en obra**

Dentro del presente capítulo se presentan los factores más importantes durante la producción, transporte y colocación del concreto producido por la planta dosificadora de concreto. Esta aplicación se llevará a cabo dentro del proyecto de viviendas de interés social La Estancia de Lurín en su décima sexta etapa que abarca la construcción de 660 viviendas.

Se hará referencia con el rendimiento de la producción de la planta, en general todo equipo trabaja con menos del 100% de la eficiencia teórica la cual es la estipulada por el fabricante. Es importante tener en cuenta cuando existe un cambio de un método de vaciado, la forma de adaptabilidad de los involucrados es un proceso de aprendizaje, ya que con el tiempo se va mejorando. Así mismo se exponen las mejoras respectivas en las actividades relacionadas al proceso de flujo de producción, cronograma y análisis económico.

#### **5.1.1. Ubicación de la planta dosificadora de concreto Flucoper**

Antes de empezar con el proceso de fabricación de concreto es importante saber que debido a que la máquina cuenta con ruedas es muy fácil de trasladarla de un lugar a otro pero realizar el traslado demanda un tiempo y debido a eso se escoge un lugar estratégico, que en nuestro caso fueron seleccionados los estacionamientos.

Antes de empezar con el proceso de fabricación de concreto es importante saber que, debido a las características de la planta de concreto flucoper, una de las limitantes a momento de producción de concreto es su capacidad de almacenamiento de los agregados, cemento y agua. Se considera a la capacidad de almacenamiento de materiales como un factor importante para poder elegir un lugar estratégico donde se colocará la planta para realizar un abastecimiento constante y así tener una producción constante.

Otro factor que contribuye a la toma de decisión respecto a la ubicación de la planta, es el radio de alcance de bombeo del equipo de colocación de concreto. La empresa cuenta con una bomba estacionaria de radio de alcance de 150 metros. Adicional se debe de considerar la distribución de áreas del proyecto, dentro del proyecto se cuenta con: casas, parques, jardines y estacionamientos. De acuerdo a los factores mencionados se llegó a la conclusión de colocar como punto de producción el sector de los estacionamientos como se muestra en la Figura 34, debido a su área y acceso para el acopio de materiales, con el plus que esta zona no presenta trabajos a realizar.

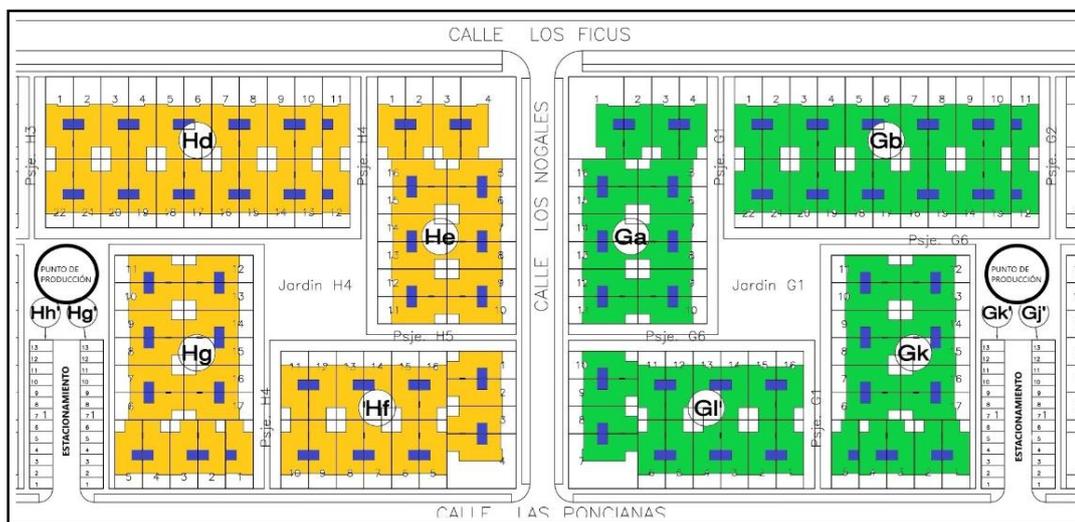


Figura 34: Radio de influencia de la planta dosificadora Flucoper

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2. Instalación de la planta dosificadora Flucoper

Una vez establecido el punto de producción, se instalará el equipo en la zona de trabajo señaladas anteriormente, teniendo en cuenta el proceso de movilidad e instalación de la planta mencionado anteriormente.

Se realiza la distribución de áreas para cada material como indica la figura 20 del capítulo anterior, se tiene:

- Zona de acopio de cemento. Se selecciona un espacio para el almacenamiento de bolsas de cemento, es importante que se cuente con

accesibilidad para el acopio por parte del proveedor. El almacenaje de las bolsas de cemento se distribuirá en hileras de 10 unidades cada una y contando como base de apoyo a las paletas de madera como se aprecia en la Figura 35.



Figura 35: Almacenaje de bolsas de cemento en área de trabajo.

Fuente: Fotos tomadas en campo

- Agregados. El espacio destinado al almacenaje de agregados debe contar con accesibilidad para camiones de 18 a 25 m<sup>3</sup> para el respectivo descargue como se muestra en la Figura 36.
- Agua. El consumo destinado a la preparación de 40 m<sup>3</sup> de concreto es de 8.3 m<sup>3</sup>, se debe agregar 2 m<sup>3</sup> adicionales para limpieza del equipo. El pedido mínimo de cisterna de agua es de 20 m<sup>3</sup>, por lo que lo restante de agua se destinará para trabajos de otras partidas.
-



Figura 36: Primera ubicación de la planta y sus respectivas zonas para cada material.

Fuente: Fotos tomadas en campo

## 5.2. Flujo de producción de concreto con la planta dosificadora

La dosificación de concreto para la resistencia a la compresión de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  se presenta en la Tabla 19.

Tabla 19: Dosificación de concreto con  $f'c=175\text{kg/cm}^2$

<b>Dosificación usada por m3 de concreto 175 Kg/ cm<sup>2</sup></b>			
<b>Ítem</b>	<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
1	Cemento	Bolsas	7.5
2	Arena	M3	0.625
3	Piedra	M3	0.8
4	Agua	M3	0.2075

Fuente: Elaboración propia

A continuación se va a dividir en 3 etapas el proceso de fabricación de concreto hecho en obra.

### a. Planificación de adquisición de materiales

Teniendo en cuenta que la producción de concreto es de  $40\text{ m}^3$  diarios como se muestra en la tabla 20, es de suma importancia que se tenga una programación de pedido de materiales con la finalidad de que esto no impacte en la producción diaria.

Tabla 20: Producción de concreto semanal.

Semana			Producción de concreto semanal ( 175 kg/cm <sup>2</sup> )						Total
			<b>240 m<sup>3</sup></b>						
			<b>L</b>	<b>M</b>	<b>X</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	
Ítem	Materiales	Unidad	40	40	40	40	40	40	
1	Cemento	Bolsas	300	300	300	300	300	300	1800
2	Arena	m <sup>3</sup>	25	25	25	25	25	25	150
3	Piedra	m <sup>3</sup>	30	30	30	30	30	30	180
4	Agua	m <sup>3</sup>	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	49.8

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 20, se puede observar la demanda de materiales semanal que se requiere en la producción de concreto.

Tabla 21: Costos de material por m<sup>3</sup>

Ítem	Material	Unidad	Cantidad	P.U.	Total x1m <sup>3</sup>
1	Cemento	Bolsas	7.5	S/. 17.71	S/. 132.83
2	Arena	m <sup>3</sup>	0.625	S/. 37.00	S/. 23.13
3	Piedra	m <sup>3</sup>	0.8	S/. 42.37	S/. 33.90
4	Agua	m <sup>3</sup>	0.2075	S/. 8.47	S/. 1.76
				<b>Total</b>	<b>S/. 191.60</b>

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 21 podemos apreciar que el material que genera mayor gasto en la producción de concreto es el cemento. Para apreciar mejor se desarrolla un gráfico de barras de la Tabla 21.

En la Figura 37 se aprecia el monto de cada material que se usa en la fabricación de concreto.

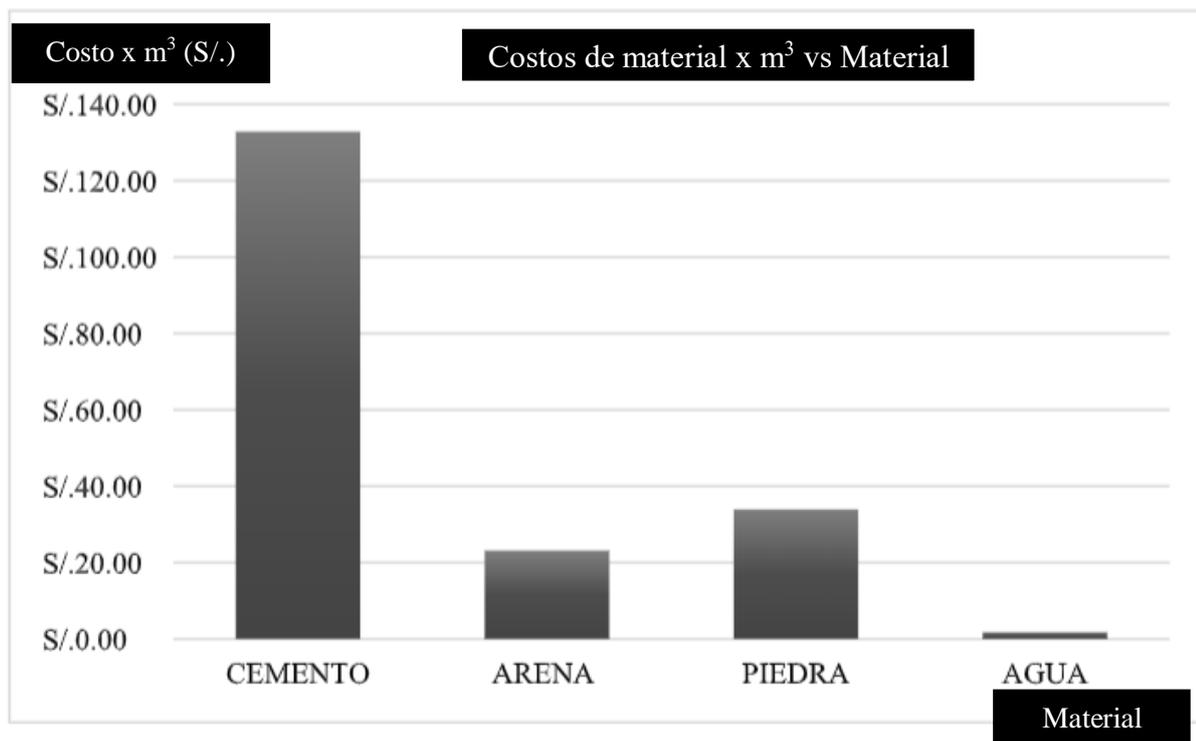


Figura 37: Gráfico de barras de costos por m<sup>3</sup> vs material

Fuente: Elaboración propia

Los equipos que apoyan a la producción del concreto son la retroexcavadora, bomba de agua y un generador.

La retroexcavadora es la que abastece de material a la planta de agregados y cemento, la bomba de agua es necesario para suministrar de agua a la planta debido a que se debe de abastecer continuamente para no detener el proceso de fabricación de concreto, el equipo generador es para suministrar energía a la bomba debido a que no se cuenta con energía en la zona.

b. Tiempos de acopio.

El acopio de material se realiza durante la mañana, como se especifica en la Tabla 22. Para poder contar con el volumen necesario de cada material, durante este proceso se realiza una inspección de calidad por parte del área de ingeniería y la revisión de la planta en conjunto con el operador de la misma para detectar imprevistos o fallas antes de la operación.

Tabla 22: Programación de acopio de materiales en el mes de Abril.

<b>Fecha</b>	<b>Inicio de acopio</b>	<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>
1/04/2019	06:30	900.00	25.00	32.00	10.00
2/04/2019	07:30		25.00	32.00	10.00
3/04/2019	08:00	600.00	25.00	32.00	10.00
4/04/2019	07:30		25.00	32.00	10.00
5/04/2019	07:30	600.00	25.00	32.00	10.00
6/04/2019	06:30		25.00	32.00	10.00
7/04/2019					
8/04/2019	06:30		25.00	32.00	10.00
9/04/2019	07:30	600.00	25.00	32.00	10.00
10/04/2019	08:00		25.00	32.00	10.00
11/04/2019	07:30	900.00	25.00	32.00	10.00
12/04/2019	07:30		25.00	32.00	10.00
13/04/2019	06:30	600.00	25.00	32.00	10.00
14/04/2019					
15/04/2019	06:30		25.00	32.00	10.00
16/04/2019	07:30	600.00	25.00	32.00	10.00
17/04/2019	08:00		25.00	32.00	10.00
18/04/2019	07:30	600.00	25.00	32.00	10.00
19/04/2019	07:30		25.00	32.00	10.00
20/04/2019	06:30	600.00	25.00	32.00	10.00
21/04/2019					
22/04/2019	06:30		25.00	32.00	10.00
23/04/2019	07:30	600.00	25.00	32.00	10.00
24/04/2019	08:00		25.00	32.00	10.00
25/04/2019	07:30	600.00	25.00	32.00	10.00
26/04/2019	07:30		25.00	32.00	10.00
27/04/2019	06:30	900.00	25.00	32.00	10.00
28/04/2019					
29/04/2019	06:30		25.00	32.00	10.00
30/04/2019	07:30		25.00	32.00	10.00

Fuente: Elaboración propia

### c. Fabricación del concreto

Ya con los materiales en sus respectivas zonas se empieza a verificar a la cuadrilla de acero y contratistas de instalaciones eléctricas y sanitarias, se verifica que la zona cuente con las medidas de seguridad necesarias para los trabajos a realizar.

Debido al modelo de la planta dosificadora no cuenta con una balanza electrónica, las operaciones de la dosificación se realizan antes de empezar la producción mediante ensayos a través de testigos de concreto, además se tiene que seleccionar que el slump con el cual se va a trabajar debe de ser bombeable pues en algunos casos se va a tener que bombear hasta 150 metros horizontales.

Como se ha mencionado en el capítulo anterior que la planta es de dosificación volumétrica, pues se debe de abrir compuertas para saber la cantidad de agregados que se va a necesitar, además se tiene que considerar la velocidad de la faja transportadora, esta determinará la cantidad de cemento. Para verificar la correcta calibración de la planta, en referencia al flujo de agua, se realiza a través del método volumétrico, este método es la forma más sencilla de determinar caudales pequeños, consiste en la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de un volumen conocido, a esta prueba la llaman la prueba del balde.

### d. Cuadrilla de vaciado de concreto

Como el sistema de producción de concreto con la planta dosificadora es nuevo para la cuadrilla de vaciado, se determinó un proceso de aprendizaje de 1 semana con 12 personas hasta llegar a que lleguen a aprender, transcurrida la semana se llegara a optimizar la cuadrilla y aumentar la producción. La cuadrilla necesaria es la que se indica en la tabla 23 y puede apreciar en la Figura 38 :

Tabla 23: Cuadrilla de vaciado de concreto.

<i>Ítem</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>CATEGORIA</i>
1	MANGUERA DE LA BOMBA DE CONCRETO	2	OFI
2	MANGUERA DE LA VIBRADORA	2	OFI
3	LAMPEROS	3	PE
4	REGLEROS	2	OP
5	CAPATAZ DE CONCRETO	1	OP
6	OPERADOR RETROEXCAVADORA	1	OP
7	OPERADOR BOMBA DE CONCRETO	1	OP
8	OPERADOR DOSIFICADORA	1	OP
9	ABASTECEDORES DE CEMENTO	3	PE
		16	

Fuente: Elaboración propia



Figura 38: Cuadrilla en pleno trabajo de vaciado de concreto en losa.

Fuente: Fotos tomadas en campo

e. Aumento de la producción teórica de la planta de concreto

Durante el proceso de producción de concreto se detectó que el cuello de botella era la cantidad de cemento, debido a que la capacidad del silo es de 25 bolsas. Modificar para aumentar la capacidad del silo era una de las opciones planteadas, pero se llegó a detectar que si se coloca las 25 bolsas ocurre un problema en el silo de concreto conocido como apelmazamiento de cemento que consiste en la compactación del cemento dentro

del silo dejando de abastecer por momentos y no siendo constante, debido a los espacios de aire lo cual perjudica al diseño y a la calidad del concreto.

Se optó por colocar una estructura adicional llamada alimentador de cemento donde se podrá abastecer de manera continua y además el cemento pasará por un cernidor para no tener el problema del apelmazamiento. Con este nuevo sistema la capacidad de producción de la planta se aumentará de 15 m<sup>3</sup>/hora a 20 m<sup>3</sup>/hora como se aprecia en la Tabla 24 y su histograma en la figura 39, así como su curva de aprendizaje en la Figura 40.

Tabla 24: Aumento de la producción de m<sup>3</sup> de concreto x hora.

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
m <sup>3</sup> x hora	3.5	5	7	10	12	13	15	15	15	18	20	20	20	20	20

Fuente: Elaboración propia

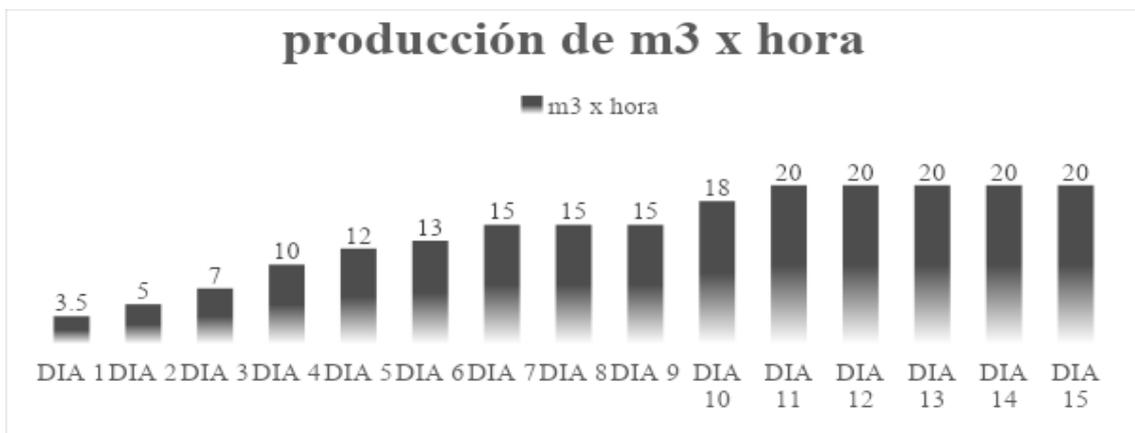


Figura 39: Producción de m<sup>3</sup> de concreto por hora

Fuente: Elaboración propia

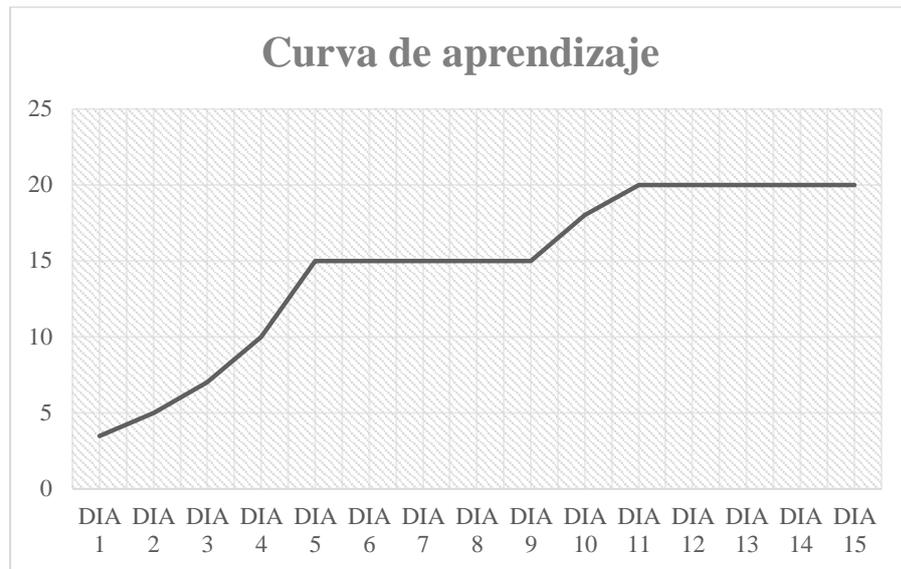


Figura 40. Curva de aprendizaje

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 41 se presenta el diagrama de Ishikawa para identificar las causas de la baja producción de concreto.

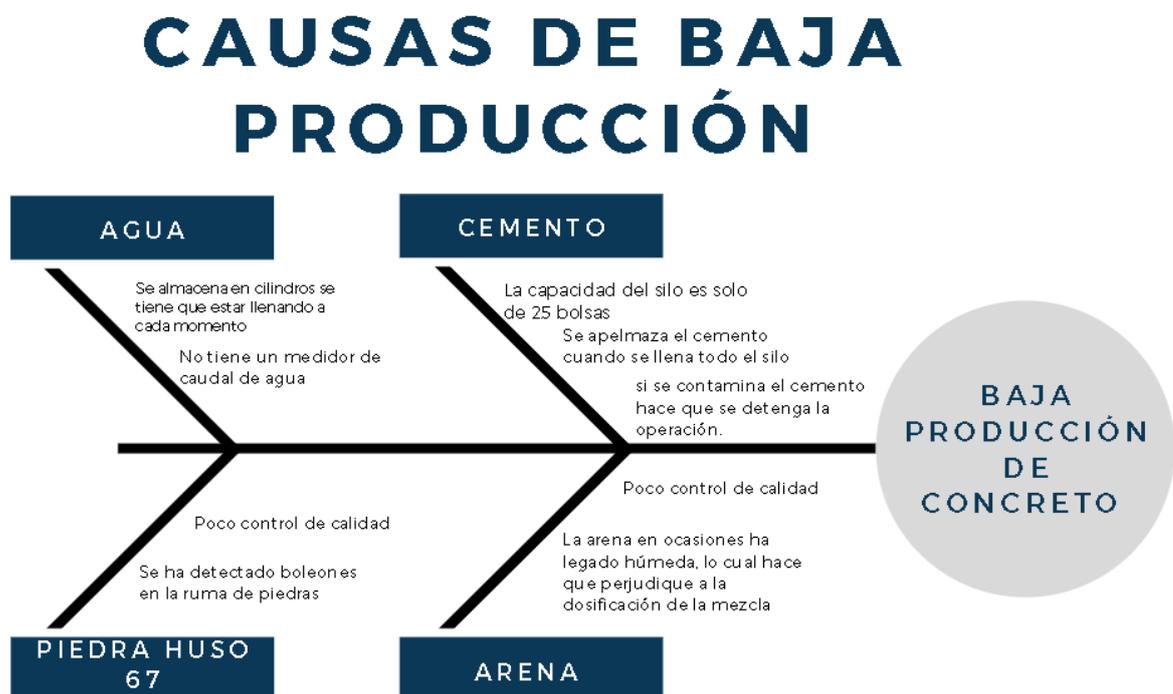


Figura 41: Diagrama Ishikawa para identificar las causas de la baja producción

Fuente: Elaboración propia

En referencia al agua se cambió los cilindros por dos tanques cisternas de capacidad de 10 m<sup>3</sup> cada uno, además se instaló una bomba para que ayude con el

abastecimiento de agua y que sea constante hacia la planta de concreto como se aprecia en la Figura 42.



Figura 42: Abastecimiento de agua mediante un motor para la planta dosificadora.

Fuente: fotos tomadas en campo

De acuerdo al esquema planteado se debe de realizar la modificación del silo para aumentar la capacidad del silo, pero se llegó a detectar que si se coloca las 25 bolsas como se aprecia en la Figura 43, ocurre un problema en el silo de concreto conocido como apelmazamiento de cemento que consiste en la compactación del cemento dentro del silo, y como consecuencia se deja de abastecer cemento por intervalos de tiempo, debido a estos intervalos no se llega a obtener el concreto con la resistencia deseada.



Figura 43: Abastecimiento de cemento en la planta dosificadora.

Fuente: foto tomadas en campo

Se planteó otra alternativa el de realizar una estructura externa llamada alimentador de cemento como se aprecia en la Figura 44, que tendrá como función de depósito de cemento y debido a su altura ayudará que el cemento caiga con fuerza a través un cernidor en la boca del silo.



Figura 44: Implementación del alimentador de cemento.

Fuente: Fotos tomadas en campo

Con referencia al agua se tomó la decisión de comprar los dos tanques de capacidad de  $10\text{m}^3$  como se aprecia en la Figura 45.



Figura 45: Conexión del tanque de agua a la planta dosificadora.

Fuente: fotos tomadas en campo

En referencia a los agregados se colocaron mallas para poder realizar una mezcla sin que pasen bolones y/o piedras de gran tamaño, con respecto a la arena se comunicó al proveedor para que, suministren material sin mucha cantidad de agua.

Con estas nuevas mejoras a la planta de concreto la capacidad de producción de la planta se aumentó de  $15\text{ m}^3/\text{hora}$  a  $20\text{ m}^3/\text{hora}$ .

### **5.3. Análisis económico**

Para la fabricación de concreto en obra, según las especiaciones técnicas debe presentar una resistencia de  $f'c=175\text{ kg/cm}^2$ , con la dosificación presentada en el capítulo 4 se tiene la Tabla 25 con el costo de los materiales, combustible, mano de obra y maquinaria empleados para su producción.

Tabla 25: Costo de concreto hecho en obra por m<sup>3</sup>

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	TIPO	RANGO	P.U.	SUBTOTAL	TOTAL	Ratio x m <sup>3</sup>
01	Bolsas de cemento	296	bolsas	material		S/ 17.71	S/ 5,242.16	S/ 7,790.18	S/ 194.75
02	Arena	22	m <sup>3</sup>	material		S/ 37.00	S/ 814.00		
03	Piedra chancada HUSO 67	28	m <sup>3</sup>	material		S/ 42.37	S/ 1,186.44		
04	Agua	8.3	m <sup>3</sup>	material		S/ 8.47	S/ 70.34		
05	Ayudantes	10	hh	mano de obra	ayudantes	S/ 13.73	S/ 137.30		
06	Petróleo retroexcavadora	2	galon	insumo		S/ 11.44	S/ 22.88		
07	Gasolina dosificadora	2	galon	insumo		S/ 10.59	S/ 21.19		
08	Gasolina grupo electrógeno	2	galon	insumo		S/ 10.59	S/ 21.19		
09	Retroexcavadora	2	hm	equipo		S/ 97.50	S/ 195.01		
10	Operador retroexcavadora	2	hh	equipo	operador	S/ 19.92	S/ 39.84		
11	Operador dosificadora	2	hh	equipo	operador	S/ 19.92	S/ 39.84		

Fuente: Elaboración propia

Teniendo como estimación la duración de 12 meses para el abastecimiento de concreto para la etapa 16 del conjunto habitacional La Estancia de Lurín. Se presenta la Tabla 26 y Tabla 27 con los siguientes gastos de operación para la planta dosificadora, así como su costo de adquisición.

Tabla 26: Costo por mantenimiento mensual.

Mantenimiento mensual				
Partida	Costo mensual		Costo anual	
Cambio de aceite	S/.	50.00	S/.	600.00
Refuerzo de tornillo de mezcla	S/.	100.00	S/.	1,200.00
Cambio de faja (3 fajas)	S/.	90.00	S/.	1,080.00
<b>Total</b>			<b>S/.</b>	<b>2,880.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Gastos aplicados a la planta dosificadora.

Planta dosificadora	
Adquisición	-S/. 109,560.00
Mantenimiento	-S/. 2,880.00
Reventa	S/. 98,604.00
<b>Inversión</b>	<b>-S/. 13,836.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Como lo presentado en la tabla 27, se tiene una inversión neta de S/. 13 836 por la planta dosificadora.

La etapa a abastecer con concreto comprende a 660 viviendas como se presentó en el capítulo IV, teniendo un total de 26 400 m<sup>3</sup> de concreto para abastecer (sólo contemplando el casco de las viviendas). En la Tabla 28 se presenta el ahorro total estimado para la etapa.

Tabla 28: Ahorro en abastecimiento de concreto por etapa

<b>S/. Ahorro</b>	<b>% Ahorro</b>	<b>Volumen por vivienda (m3)</b>	<b>N° viviendas</b>	<b>S/. Ahorro Total</b>
25.25	11.5%	40	660	666600

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 28, el monto de S/. 25.25 representa el 11.5% del costo del m<sup>3</sup> de concreto premezclado, lo cual se transforma en ahorro. Para el total de viviendas de la etapa se obtendría S/. 666 600 de ahorro.

## CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Resultados de la investigación

Los resultados bajo un enfoque técnico estarían complementados con estudios económicos, sociales y ambientales para una mejor comprensión de la problemática del distrito en lo referente a la falta de un sistema de fabricación de concreto en obra en el distrito de Lurín. Se presenta en las Tablas 29, 30, 31 y 32 los resultados para cada variable analizada.

Tabla 29: Resultados del Análisis económico

<b>Análisis económico</b>		
	Costos	Unidades
Sistema de abastecimiento con concreto premezclado	220.00	soles
Sistema de abastecimiento con concreto fabricado en obra	194.75	soles

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Resultados de flujo de producción

<b>Flujo de producción</b>		
	Rendimiento	Unidades
Sistema de vaciado con concreto premezclado	11.82	m <sup>3</sup> /hora
Sistema de vaciado con concreto fabricado en obra	18.98	m <sup>3</sup> /hora

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Resultados del cronograma

<b>Cronograma</b>		
	Tiempo	Unidades
Sistema de vaciado con concreto premezclado	468	días
Sistema de vaciado con concreto fabricado en obra	458	días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Resultados de la planta dosificadora

<b>Planta dosificadora</b>		
	Costo	Unidades
Rentabilidad directa	652,764.00	Soles
Rentabilidad indirecta	99,477.80	Soles
<b>Rentabilidad Total</b>	<b>752,241.80</b>	<b>Soles</b>

Fuente: Elaboración propia

## **6.2. Análisis e interpretación de los resultados**

### **6.2.1. Análisis e interpretación del Análisis económico**

- Posterior a la aplicación del proceso de fabricación de concreto en obra mediante una planta dosificadora se pudo obtener el análisis económico para el costo de concreto por m<sup>3</sup>, sin embargo, el costo de compra, mantenimiento y reventa de la planta dosificadora no se pudo agregar en el precio por volumen, pero se hizo efectivo en el cuadro de total de consumo de concreto.
- Lo presentado en la Tabla 24 y la Tabla 25 nos permite comparar los precios entre concreto premezclado y concreto fabricado en obra, ante lo cual se obtiene la diferencia de S/. 25.25, siendo el concreto fabricado en obra de menor valor. No obstante, el precio de la maquinaria no está agregado en los costos.
- Al total de ahorro obtenido descontamos el precio de la planta dosificadora que se indica en el capítulo 4, el cual supone el monto de inversión de \$33 000 (conversión a soles S/. 109 560, tipo de cambio S/. 3.32 en febrero de 2019)

- En la Tabla 29 podemos observar el ahorro neto de S/. 652 764 por la implementación de la planta dosificadora, recibido solo por consecuencia de la fabricación de concreto en obra. Adicional a esto se obtuvo beneficios que se expresaron en la variable de productividad.

### **6.2.2. Análisis e interpretación de la Producción**

Durante el proceso de fabricación de concreto en obra mediante una planta dosificadora se pudo obtener la cantidad de producción por metro cubico de la planta.

- En el capítulo 4.4.5 en el ítem velocidad de vaciado del concreto premezclado es de 11.82 m<sup>3</sup> por hora.
- La velocidad de vaciado del concreto de fabricado en obra es de 18.98 m<sup>3</sup> por hora.
- De acuerdo a esta producción se ha logrado aumentar la velocidad de vaciado en un 60% aproximadamente. Este resultado apoya a que la cuadrilla de vaciado no genere horas extras, además contar con la planta de concreto en obra permite que no se tengan horas muertas en la parte de producción, ya que nos permite vaciar elementos complementarios para completar la habilitación urbana como las veredas, sardineles, ingresos entre otros.
- Sin embargo el aumento de producción se dio por las mejoras que se adicionaron a la planta de concreto, debido a que se realizó el flujo de producción y permitió detectar el cuello de botella en la etapa de producción, que dio por resultado hacer mejorar en el cemento y dado ello se construyó el alimentador de cemento, siendo este uno de los cambios que mayor contribuyó a la mejora.

### **6.2.3. Análisis e interpretación del Cronograma**

De acuerdo a la comparación entre programación de vaciado con concreto premezclado y el concreto fabricado en obra se demuestra que:

- El desarrollo de todo el proyecto, que consta de 660 casas, abastecido con concreto premezclado ofrece un tiempo de vaciado de 468 días.

La cantidad de horas hombre extra en el vaciado con concreto premezclado para obtener el casco estructural de 144 casas fue de 125 horas durante un tiempo de estudio de 102 días. Para todo el proyecto se estima 520 horas extra.

- En el desarrollo de todo el proyecto, que consta de 660 casas, abastecido con concreto fabricado en obra se obtiene un tiempo de vaciado de 458 días

La cantidad de horas hombre extras con el concreto fabricado en obra fue cero horas durante un tiempo de 100 días en la construcción de 144 casas.

- Se llegó a disminuir el tiempo de ejecución en 10 días de todo el proyecto.
- Se obtiene un ahorro indirecto de S/. 95,495.40, que representa el ahorro por las horas extras adicionales del personal durante el vaciado de concreto.
- Debido a que no se generan horas extras adicionales se destina a que el personal realice otras actividades, debido a que el vaciado de concreto se concluye antes del horario de salida.

### **6.2.4. Análisis e interpretación de la Rentabilidad**

De acuerdo a la rentabilidad se clasifico en dos grupos la rentabilidad directa y la rentabilidad indirecta

- La rentabilidad directa está relacionado a la intervención donde la maquina ha llegado a tener impacto de manera directa como la disminución del precio del concreto, el aumento de la productividad de la cuadrilla de vaciado en donde se y cumplimiento del cronograma de obra con el objetivo de culminar el proyecto.

La rentabilidad directa es de S/. 652,764.00 por lo mencionado líneas arriba.

- La rentabilidad indirecta se refiere a los efectos de la disposición del concreto en obra, una de las actividades en las cuales es apreciable en que no se llegó a tener horas extras, además se culmina con la actividad de vaciado antes del horario de salida y este tiempo es empleado en otras actividades.
- Contar con el concreto en obra facilita que se cumplan vaciados de otros elementos como las veredas, sardineles, ingresos, entre otros. Debido a que si estos elementos en la programación de obra son vaciadas una vez se hayan vaciado todos los cascos estructurales de las viviendas.

Como consecuencia la productividad de la obra sigue aumentando y se disminuyen tiempos de ejecución de las actividades relacionadas al vaciado de concreto

La rentabilidad indirecta es S/. 99,477.80 por lo expuesto líneas arriba.

### **6.3. Contrastación de hipótesis**

- a. De acuerdo a la primera hipótesis específica 1:

**Realizando el análisis económico de concreto en obra se reducirá el costo en el proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín.**

Analizando los recursos involucrados en la obtención de concreto en obra, con el análisis económico se pudo evidenciar los materiales que demandan mayor cantidad de desembolso de dinero, tal como se desarrolla en el ítem 4.3 y se aplica en el ítem 5.3, se comprueban los resultados en la Tabla 29 teniendo como precio S/.194.75 el m<sup>3</sup> de concreto en obra que resulta inferior al contratado por concreto premezclado. Por lo tanto la hipótesis es válida.

b. De acuerdo a la hipótesis específica 2:

**Analizando el flujo de producción de concreto en obra se cuantificará la productividad en el proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín.**

Tal como se desarrolla en el ítem 4.4, se aplica en el ítem 5.1 se observan los resultados en la tabla 30 y todo ello es analizado en el ítem 6.2.2, queda demostrado que rendimiento de vaciado del concreto premezclado es de 11.82 m<sup>3</sup> por hora y la rendimiento de vaciado del concreto de fabricado en obra es de 18.98 m<sup>3</sup> por hora como resultado es inferior el rendimiento del premezclado. Por lo tanto la hipótesis es válida.

c. De acuerdo a la hipótesis específica 3:

**Realizando el cronograma de vaciado con concreto en obra se determinará el tiempo de ejecución del proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín.** Tal como se desarrolla y aplica en el ítem 4.5, se observan en el Anexo 4: Cronograma del vaciado de concreto y todo ello es analizado en el ítem 6.2.3, queda demostrado que el cronograma con concreto premezclado demora diez días adicionales con respecto al cronograma del concreto fabricado en obra. Por lo tanto la hipótesis es válida.

d. De acuerdo a la hipótesis general:

**Con el uso de una planta dosificadora de concreto en obra, se mejorará la rentabilidad en un proyecto de viviendas de interés social en el distrito de Lurín.**

Por lo expuesto en las anteriores hipótesis específicas, queda demostrado que al emplear el sistema de abastecimiento de concreto por medio de una planta dosificadora en obra se mejora la rentabilidad, respetó los tiempos del cronograma de obra, se optimizó los procesos para el cumplimiento del volumen de vaciado diario y se redujo los costos de los recursos implicados en el abastecimiento de concreto. Por lo tanto, la hipótesis general es válida.

## **6.4. Discusión**

### **6.4.1. Análisis económico**

La primera variable analizada fue el análisis económico, esta variable está destinada a ofrecer el precio de concreto fabricado en obra por unidad de  $m^3$ , para lo cual se incluye costo por materiales y recurso humano empleado para la obtención del concreto con la planta dosificadora en obra, por otro lado, la inversión para implementar la planta dosificadora se calcula para el tiempo total del proyecto y se considera su reventa. Como resultados del análisis económico se obtiene que la planta dosificadora ofrecerá el  $m^3$  de concreto a un precio de S/,194.75 en comparación al precio de concreto premezclado ofrecido a S/. 220.00; el costo de inversión estimado para la planta dosificadora, descontando el valor de reventa, es de S/.13836.00. Estimando las ganancias que se recibe por el menor costo de concreto y descontando el precio de inversión por la planta dosificadora se obtuvo el ahorro de S/.666600.00 para el total de

abastecimiento de concreto en el proyecto de viviendas de interés social La Estancia de Lurín.

La actual investigación se referencia directamente con la investigación de Sandoval donde se considera la reventa de los equipos, teniendo que considerar la depreciación del equipo, pero se aplica la depreciación más favorable a la empresa, mientras que en la actual investigación se aplicó la depreciación más crítica.

#### **6.4.2. Flujo de producción**

Para obtener los resultados mostrados en la investigación, se implementaron mejoras en la planta dosificadora. Inicialmente la planta dosificadora estipulaba una capacidad de producción de concreto de 15 m<sup>3</sup>/h que fue optimizado a 20 m<sup>3</sup>/h para cumplir con el cronograma de vaciado y obtener mayores beneficios en comparación con el abastecimiento con concreto premezclado. En la investigación de Torres donde también se emplea el uso de una planta dosificadora en obra para abastecer de concreto al proyecto, estiman un flujo de producción en el orden de 8 a 9 m<sup>3</sup>/h, señalando que la planta indicaba una capacidad de producción mayor en el orden de 12 a 14 m<sup>3</sup>/h.

Por lo tanto, para obtener mayor influencia en la productividad de un proyecto que requiera un correcto manejo del volumen masivo de concreto se debe cumplir con la máxima capacidad de producción descrita por la maquinaria empleada.

#### **6.4.3. Cronograma**

La variable definida por el cronograma fue analizada como parte trascendental e importante de la investigación debido a que se debe identificar los retrasos para disminuirlos.

Izquierdo (2016) describe en su investigación los re trabajos por la mala planificación, que genera sobre costos y atrasos en la fecha de entrega del proyecto. Para

minimizar los efectos negativos, con el apoyo de su objetivo general, la cual es la aplicación del cronograma Gantt y la línea de balance.

Como resultado de su investigación, se llegó a optimizar los tiempos de construcción. Además, permitió que no existan retrasos, gracias a que se llevó un control gráfico que permitió ayudar en la toma de decisiones. Se logró reducir el tiempo de ejecución en 27 días. En la actual investigación sería importante implementar el control gráfico para la reducción del cronograma.

#### **6.4.4. Planta dosificadora de concreto**

Con las anteriores variables se sustenta que la implementación de la planta dosificadora en obra influye en la rentabilidad de proyectos de viviendas de interés social. Obteniendo la rentabilidad en cuestión de ahorro de S/. 752,241.80 aplicado a la etapa 16 del conjunto habitacional la Estancia de Lurín.

En la investigación de Acosta señaló que el concreto es sumamente importante en proyectos de viviendas de interés social, pues suponen el 80% del presupuesto general. Llega a la conclusión que el sistema estructural de muros de ductilidad limitada resulta más económico y ofrece una mayor velocidad de ejecución, permitiendo construir una vivienda por día.

Con la implementación de la planta dosificadora en el proyecto de viviendas de interés social La Estancia de Lurín se obtuvo la producción de dos cascos de viviendas por día.

## CONCLUSIONES

- 1) Aplicando la herramienta del análisis económico se logró evaluar los costos de inversión para realizar un nuevo sistema de abastecimiento de concreto, lo que permitió reducir los costos de concreto en obra de S/. 220 por m<sup>3</sup>, a S/. 194.75 utilizando el sistema de abastecimiento de concreto mediante una planta dosificadora en obra. Permitiendo un ahorro de costos del 12.5% en la obtención de concreto para el conjunto habitacional La Estancia de Lurín. Esta disminución se producirá por la optimización de materiales que proporcionará la planta, por el abastecimiento continuo y a tiempo, logrando vaciar de concreto 2 viviendas por día. Además, el uso de la planta dosificadora de concreto en obra se puede emplear para vaciar concreto en áreas comunes (veredas, jardines, parques, entre otros).
- 2) Aplicando la herramienta de las cartas balance se logró analizar los flujos no contributivos que afectaban a la partida de vaciado de concreto utilizando el sistema de abastecimiento de concreto mediante una planta dosificadora en obra. Arrojando resultados favorables con un porcentaje en rango de 15% a 22% implementando la planta dosificadora; en comparación con el alto rango de 45% a 60% que se tenía con concreto premezclado. El sistema de abastecimiento de concreto mediante una planta dosificadora en obra, no solo consiguió incrementar la productividad y disminuir los tiempos, sino a generar indirectamente un ahorro de S/. 99 477.80 en el conjunto habitacional La Estancia de Lurín.
- 3) Como consecuencia del abastecimiento con concreto fabricado en obra, se permite cumplir con el cronograma de la partida de vaciado, obteniendo que se realice en 458 días; a diferencia del concreto premezclado, que se realizó

en 468 días. Por otro lado, también se eliminó los tiempos muertos, y las horas extra.

- 4) Con la aplicación de la herramienta Costo-Beneficio, que se pudo conseguir mediante las variables costo, productividad y tiempo, para el sistema de abastecimiento de concreto mediante una planta dosificadora en la obra conjunto habitacional La Estancia de Lurín, aumentará la rentabilidad en obra, pues se cumplirán los tiempos del cronograma de obra, se optimizarán los procesos en la carta balance y se reducirán los costos de los recursos implicados en el abastecimiento de concreto.

## RECOMENDACIONES

- 1) En proyectos de viviendas de interés social de características similares, se recomienda hacer uso de la planta dosificadora de concreto en obra para abastecer de concreto los trabajos que lo requieran, debido a que reduce los costos, aumenta la productividad y reduce los tiempos; en otras palabras, aumenta la rentabilidad en proyectos de viviendas de interés social.
- 2) Se recomienda el uso de la planta dosificadora de concreto en obra para que el vaciado del casco, la cual compete todos los elementos estructurales de las viviendas de interés social, cumpla con los hitos definidos por el cronograma. El sistema de abastecimiento de concreto por la planta dosificadora en obra debe complementarse con la correcta sectorización que permita una óptima continuidad en los trenes de trabajo, sin un adecuado planteamiento el sistema no ofrecería los resultados deseados.
- 3) Para obtener mayores beneficios se recomienda aumentar la capacidad de las tolvas de almacenamiento de cemento para evitar construir una estructura adicional y contar con un autoabastecimiento de agregados y cemento. Además, se debe analizar la propuesta de poder contar con una bomba de concreto en obra debido a que su impacto durante el vaciado es importante y realizar una optimización del diseño de mezcla de concreto con la intervención de aditivos, para disminuir la cantidad de cemento en el uso del diseño propuesto.
- 4) Se recomienda para la etapa de factibilidad de un proyecto con similares características, hacer el estudio del impacto con concreto premezclado y fabricado en obra. Para presentar mayores beneficios al momento de tomar decisiones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J. J. (2006). Proyecto inmobiliario de interés social conjunto habitacional sol del norte sistema constructivo Unicon (Informe de suficiencia). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Alca, E., Maldonado, R. J. y Reátegui, D. (2015). Propuesta de mejora en la producción de una planta concretera (Tesis de maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Barreda, C. (2017). Mejora de la eficiencia en obra por medio de la tecnología del concreto en proyectos de vivienda económica masiva (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Carrillo, J., & Alcocer, S. M. & Aperador, W. (2013). Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo. Ingeniería. Investigación y Tecnología, XIV (2), 285-298. Recuperado de [http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40426\\_155011](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40426_155011)
- Castillo, C. N. y Flores, M. A. (2016). Optimización de la mano de obra utilizando la carta balance en edificaciones multifamiliares (Caso: “Cerezos de Surco”) Santiago de Surco-Lima (Tesis de pregrado). Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú.
- Castillo, R. (Noviembre de 2014). Viviendas en concreto armado. En A. Navarro, Seminario de promoción de la normatividad para el diseño y construcción de edificaciones seguras. Seminario llevado a cabo por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Ica, Perú.
- Chang, M. A. (2014). Propuesta y evaluación de la aplicación del sistema de construcción industrializada modular (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

- De León, A. A. (2013). Reducción del consumo de cemento en concretos premezclados, para el incremento en la rentabilidad de esta industria y la disminución del impacto ambiental que este genera (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Díaz, M. (2001). Manual de maquinaria de construcción. Madrid, España: Mc Graw Hill.
- Duarte, T., Jiménez, R., y Ruiz, M. (2007). Análisis económico de proyectos de inversión. *Scientia et technica*, 1 (Nº 35), 333-338. doi:<http://dx.doi.org/10.22517/23447214.5429>
- Ghio, V. (2001). Productividad en obras de construcción: diagnóstico, crítica y propuesta. Lima, Perú: Pontificia Universidad del Perú.
- Hernández, G. H. y Sánchez, D. C. (2015). Modelo financiero de evaluación de alternativas de compra o alquiler de maquinaria pesada para el desarrollo de obras civiles (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Hernández, O. M. y Valderrama, J. C. (2015). Modelo de mejoramiento en plantas de producción de concreto (Tesis de pregrado). Universidad Sergio Arboleda, Bogotá, Colombia.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (1991). Práctica recomendable para la medición, mezclado, transporte y colocación del concreto. Ciudad de México, México: Editorial Limusa.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (1991). Producción de grandes volúmenes de concreto. Ciudad de México, México: Editorial Limusa.
- Meza, S. (2016). La vivienda social en el Perú (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017). Revista MiVivienda (N°111). Recuperado de <https://www.mivivienda.com.pe/PortalWEB/fondo-MIVIVIENDA/revistas.aspx>
- Nieto, M. D. (1999). Metodología de evaluación de proyectos de viviendas sociales. En ILPES, Series Manuales – CEPAL (Serie 4). Santiago, Chile: Naciones Unidas.
- Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la Gestión de Proyectos (Guía del PMBOK), Quinta edición. Pensilvania, Estados Unidos: PMI.
- Putmeizter (2007). Bombas de hormigón estacionarias para trabajos exigentes y soluciones económicas. Recuperado de <https://putzmeister.com>.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016). Norma técnica G.040. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/modifican-la-norma-tecnica-g040-definiciones-contenida-e-resolucion-ministerial-no-174-2016-vivienda-1407417-1/>
- Sandoval, J. R. (2013). Valuación de costos de operación de maquinaria pesada de última generación (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Torres, M. A. (2011). Productividad en la fabricación del concreto con mini-planta instalada en obra (caso aplicativo de producción de paneles prefabricados de concreto) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

## ANEXOS

### Anexo 1: Diagrama de investigación

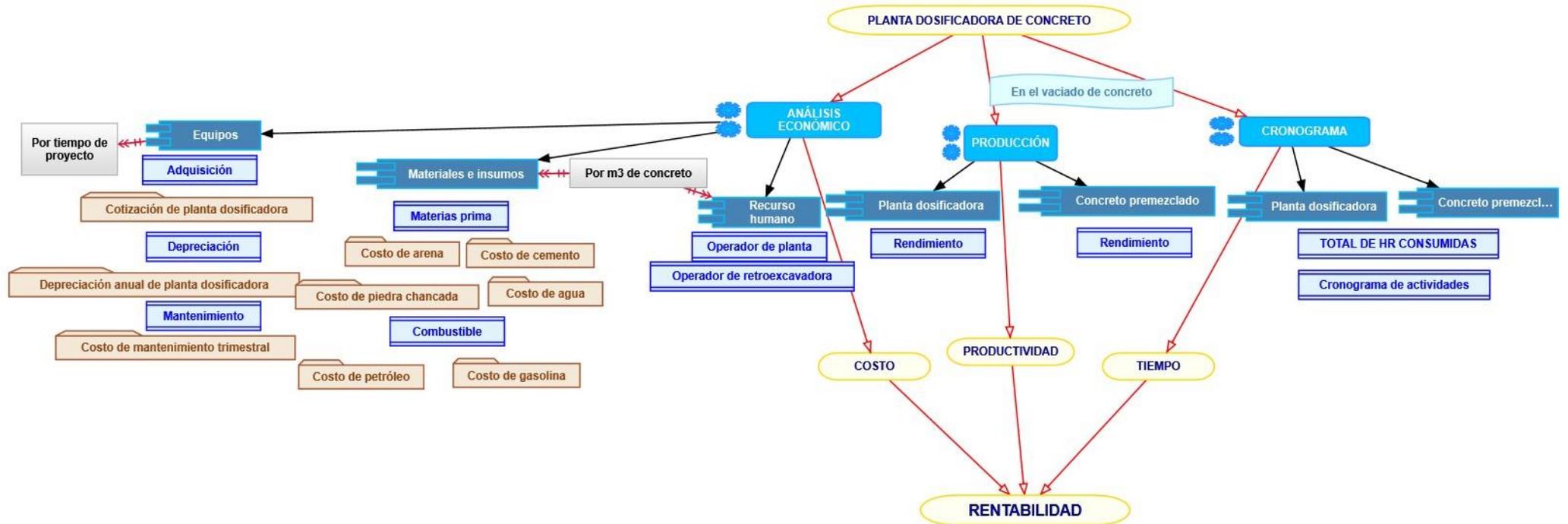


Figura 46: Diagrama de investigación, con detalles para las variables.

Fuente: Elaboración propia



## Anexo 3: Cotizaciones de plantas dosificadoras

### a. Planta de concreto móvil Elkon Mix Master-30

FACTURA DE PROFORMA				
1. ALCANCE DEL TRABAJO				
No	Descripción	Cantidad	Precio Unitario EURO	Costo Total EURO
<b>1</b>	<b>ELKON MIX MASTER-30</b> <i>Planta de Concreto Móvil</i> <i>Capacidad: 30 m<sup>3</sup>/hora concreto por vibración</i>			
<b>UNIDADES</b>				
1.1	Contenedores de almacenamiento de agregado (2x5=10 m <sup>3</sup> ) Para 2 tipos de agregados	1 unidad		
1.2	Banda transportadora de agregado	2 unidades		
1.3	750/500 l. Mezcladora de Eje Vertical (Marca: ELKON) El agregado se pesa en la mezcladora	1 unidad		
1.4	Tolva de pesaje de cemento (300 kg)	1 unidad		
1.5	Tolva de pesaje de agua (200 kg) (galvanizada)	1 unidad		
1.6	Bomba de Agua (20 m <sup>3</sup> /hora)	1 unidad		
1.7	Tolva de Aditivo (1x25 l.) (galvanizada)	1 unidad	61.500	61.500
1.8	Compresor del Aire	1 unidad		
1.9	- Estructura Soporte - Equipado con un eje, ruedas y gancho por el transporte fácil	1 unidad		
1.10	Tablero de Potencia y Panel de Control PLC, Touch Panel y Componentes Eléctricos son de ABB (ALEMANIA), Indicadores de Pesaje son de LAUMAS (ITALIA), Botones son de ALLEN BRADLEY (EE.UU)	1 unidad		
1.11	Sistema de Alimentación de Cemento en Bolsa Tolva de Cemento (Capacidad: 1 m <sup>3</sup> , con rejilla y cubiertas) Sinfinés (Diámetro: Ø165 mm)	1 unidad		
1.12	Transporte desde Cherkezkoj-Turquia hasta Puerto de Callao-Peru	1 unidad	4.000	4.000
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>65.500-EURO</b>
<b>DESCUENTO POR PRECIO DE INTRODUCCIÓN</b>				<b>-6.500-EURO</b>
<b>COSTO TOTAL CON DESCUENTO ESPECIAL</b> O/ CincuentayNueveMil EUROS				<b>59.000-EURO</b>

Figura 47: Proforma de planta de concreto Elkon

Fuente: Maquinarias Elkon

## b. Planta dosificadora de agregados móvil Esel MA-50

Estimados Señores,

En atención a su amable solicitud de cotización, les presentamos nuestra oferta, en los términos y condiciones siguientes:

### PLANTA DOSIFICADORA ESTACIONARIA



#### Características principales:

- ✓ Capacidad de producción 32 m<sup>3</sup>/hora.
- ✓ Tolva de 8 m<sup>3</sup>. De capacidad por batch.
- ✓ Estructura de vigas estructurales.
- ✓ Protección con pintura base anticorrosiva.
- ✓ Acabado con pintura de 1 mm.
- ✓ Tiempo de descarga de cada batch: 9 minutos.
- ✓ Descarga neumática.
- ✓ Faja transportadora de materiales con descarga directa al mixer.
- ✓ Motor reductor de 12 HP.
- ✓ Control de agregados con balanza de última generación.

1 - 3

[www.eselindustrial.com](http://www.eselindustrial.com)

 @eselindustrial

 Esel Industrial Sac

Figura 48: Características de planta dosificadora Esel.

Fuente: Maquinarias Elkon

**Limitaciones:**

- ✓ No incluye dosificador de aditivos.
- ✓ No incluye cabina de control
- ✓ No incluye bomba de succión de agua.

**Transportador helicoidal para cemento**



**Características principales:**

- ✓ Tolva de 80 x 80 cm.
- ✓ Helicoidal de 10 pulgadas.
- ✓ Sistema rompebolsas.
- ✓ Transportador de 5 mt.
- ✓ Protección con pintura base anticorrosiva.
- ✓ Acabado con pintura de 1 mm.

**INVERSIÓN**

La inversión necesaria para planta dosificadora estacionaria propuesta es de: treinta y cinco mil Dólares americanos (U\$.35 000.00).

**FORMA DE PAGO**

La forma de pago propuesta será la siguiente:

Primer pago:

Cincuenta por ciento (50%), con su orden de compra.

Segundo pago:

Treinta por ciento (30%), a los 20 días útiles del inicio de los trabajos de fabricación.

Tercer pago:

Veinte por ciento (20%), antes de ser movilizada de nuestras instalaciones en la ciudad de Lima.

Figura 49: Cotización de planta de concreto Esel.

Fuente: Maquinarias Esel

c. Planta de hormigón automática estacionaria Haomei HZS35



[www.plantahormigon.com](http://www.plantahormigon.com)

No .	Artículo	Precio por unidad	cantidad	Precio total
1	HZS35 planta de concreto ( Automática-completa )	USD 31,200	1	USD 31,200
2	Silo de ement 50T	USD 5,900	1	USD 5,900
3	Transportador tornillo φ219	USD 2,500	1	USD 2,500
4	Gastos de tranporte de carretera	GRATIS		
6	Precio FOB Qingdao, China	USD 39,600		
7	Flete a Callao , Chile	USD 1350/40HQ	3*40HQ	USD 4,050
8	Seguro	GRATIS		
9	<b>Precio CIF Callao , Chile</b>	<b>USD 43,650</b>		

**Nota:**

1. Cantidad mínima de pedido : 1 unidad

2. Forma de pago: 30% de anticipado por T/T , el 70% restante a pagar por T/T antes de entrega de la máquina . O pagar 100% por L/C irrevocable a primera vista .

Haomei Machinery Equipment Co., Ltd.

Figura 50: Cotización de planta de concreto Haomei

Fuente: Haomei Machinery Equipment

#### d. Planta de concreto Liugong YHZS 25

DESCRIPCION TECNICA	
MODELO	YHZS25
Productividad (m3/h)	25
Periodo del Ciclo (s)	60
Mezclador	JS500
Capacidad del Mixer (L)	500
Silos (t)	1 x 50
Tolvas de agregados (m3)	2 x 3
Altura de descarga del concreto (m)	3.8
Consumo total de energía (kw)	60
Medición exacta del agregado	±2%
Medición exacta del cemento	±1%
Medición exacta de las cenizas volátiles	±1%
Medición exacta del agua	±1%
Medición exacta del aditivo	±1%

#### Construido para la eficiencia

- Diseñado especialmente para proyectos "In Situ", se instala en el menor tiempo posible y es fácil de trasladar de un lugar a otro.
- Mezclador de doble eje obligatorio ya todos los materiales son medidos por sensores para garantizar la máxima calidad del concreto.

#### Seguridad y comodidad del operador

- Diseñado en suelo para evitar la recolección de agua bajo el dosificador agregado en épocas de lluvia.
- Visualización de la información orientada, le permite al operador controlar de manera oportuna todo el proceso de producción.
- El proceso de mezcla se puede controlar automáticamente y manualmente, esto permite al operador elegir el modo manual de forma temporal si se produce algún problema.

<b>PRECIO</b>	<b>US\$ 102,000.00</b>
---------------	------------------------

Figura 51: Cotización de planta de concreto LiuGong.

Fuente: Steel Industry S.A.C.

### CONDICIONES GENERALES

PLAZO DE ENTREGA	:90 DIAS, DESPUES DE RECIBIDO EL PAGO
VALIDEZ DE LA OFERTA	:7 DIAS.
GARANTIA	:12 MESES
SERVICIOS ADICIONALES	:*ENTREGA TECNICA EN CAMPO.
(NO INCLUIDOS EN EL PRECIO)	*CAPACITACION Y/O EVALUACION DE OPERADORES. *NO INCLUYE COSTO DE MONTAJE *SERVICIO TECNICO A NIVEL NACIONAL *02 INGENIEROS DE FABRICA PODRAN SUPERVISAR EL MONTAJE, PARA LA CUAL EL CLIENTE DEBERA PAGAR LOS TICKETS AEREOS DE IDA Y VUELTA, ALIMENTACION, HOTEL Y USD50.00 DIARIOS POR PERSONA COMO SUBSIDIO.
PERIODO DE INSTALACION DE LA PLANTA	: APROXIMADAMENTE DE 30 DIAS, POSTERIORES A LA CONSTRUCCION DE LA BASE DE CIMENTACION REALIZADA POR EL CLIENTE.

### **REPRESENTANTE AUTORIZADO DE LIUGONG EN EL PERU**

Sin otro particular, agradeciendo anticipadamente la atención brindada al presente, quedamos a la espera de sus prontas noticias.

Atentamente,

 CONSTRUYENDO JUNTOS FUTURO...	<b>Jorge Luis Rodriguez S.</b> Director Comercial
  	<b>Sucursal Surco</b> Av. Cristóbal de Peralta Norte 744 Urb. El Vivero – Surco - Lima, Perú Central 51-1-317-4700 RPC 966359686 RPM *320418 E-mail: <a href="mailto:commercial@steelindustry.org">commercial@steelindustry.org</a> <a href="http://www.steelindustry.org">www.steelindustry.org</a>

Figura 52: Condiciones de planta de concreto LiuGong.

Fuente: Steel Industry S.A.C

e. Planta móvil de concreto Flucoper

# FLUCOPER MR.

EN CONCRETO , LO MEJOR

**FABRICA MOVIL DE CONCRETO 10 -15 M<sup>3</sup>/hr**

- **VERSATIL**
- **EFICIENTE**
- **ECONOMICA**
- **SIN DESPERDICIOS**

Fácil traslado en carretera, remolcado por cualquier tipo de vehículo a una velocidad normal .






**MARCA REGISTRADA  
100% MEXICANA**

Los agregados y el cemento se cargan con una retroexcavadora o un mini cargador, el cual realiza el traslado de la misma del almacén al sitio de colado.

<b>DIMENSIONES</b>	
Longitud	5.4 m
Ancho	2.28 m
Alto	2.35 m
Ancho de eje	2.18 m
Longitud de banda transportadora	1.50 m
Longitud de sinfin de cemento	2.24 m
Longitud de mezcladora	2.50 m
Peso	1.7 Ton.

<b>CAPACIDAD: 3 M<sup>3</sup></b>	
Cemento	1.1 ton.
Agua	750 lts.
Arena	1.8 m <sup>3</sup>
Piedra	1.8 m <sup>3</sup>
Motor a gasolina	19 hp

**PRECIO**  
**US\$ 33,000**

Figura 53: Cotización de planta móvil de concreto Flucoper.

Fuente: Flucoper Mr.

## **Anexo 4: Cronograma del vaciado de concreto**