



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**RELACIÓN DE LA CALIDAD DENTRO DEL LAST PLANNER
SYSTEM APLICADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE TRES
EDIFICIOS MULTIFAMILIARES**

PRESENTADA POR

**TEODORO RONAL ROMERO CARTOLIN
CLAUDIO ROBERTO URIBE GUTTY**

ASESORES

**ALEXIS SAMOHOD ROMERO
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2017



**Reconocimiento - No comercial – Compartir igual
CC BY-NC-SA**

Los autores permiten transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**RELACIÓN DE LA CALIDAD DENTRO DEL LAST PLANNER
SYSTEM APLICADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE TRES
EDIFICIOS MULTIFAMILIARES**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

ROMERO CARTOLIN, TEODORO RONAL

URIBE GUTTY, CLAUDIO ROBERTO

LIMA-PERÚ

2017

La presente tesis se la dedico a Dios, por brindarme salud y fuerza en los momentos difíciles.

A mis padres, Teodoro y Dionisia, quienes con esfuerzo me educaron y me inyectaron las ganas de superación. Igualmente, a mis hermanas, María, Nélica y Andrea por su aliento y apoyo.

Teodoro Ronal Romero Cartolin

Dedico esta tesis a Dios, por brindarme salud y fuerzas para no rendirme ante los problemas que se presentaron.

A mi familia, en especial a mis padres y hermana: Roberto Antonio, Piedad Esperanza y Katherine Tatiana, por haber confiado siempre en mí, que me sirvieron como ejemplos de superación, humildad y sacrificio y enseñándome a valorar todo lo que poseo.

Claudio Roberto Uribe Gutty

AGRADECIMIENTO

Nuestro especial reconocimiento y gratitud al Ingeniero Frederick Michell Gutierrez Lazarte, por su orientación y colaboración en la asesoría de nuestra tesis, así como a los ingenieros: Alexis Samohod Romero y Juan Manuel Oblitas Santa María por sus recomendaciones a lo largo del semestre. A la Universidad San Martín de Porres, a la escuela de Ingeniería Civil.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN	vii
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Bases Teóricas	9
1.3 Definición de términos básicos	42
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	55
2.1 Elección del diseño de investigación	55
2.2 Selección de la muestra	56
2.3 Recolección de datos cuantitativos	57
2.4 Análisis de los datos	58
CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL PROYECTO	62
3.1 Descripción del proyecto	62
3.2 Muestra	68
3.3 Recolección de datos	70
3.4 Análisis de Datos	76
CAPÍTULO IV. PRUEBAS Y RESULTADOS	77
4.1 Indicadores del Last Planner System	77

4.2	Indicadores de Calidad	95
4.3	Relación de Indicadores	111
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y APLICACIÓN		117
5.1	Aplicación de Last Planner	117
5.2	Restricciones	118
5.3	Porcentaje de Plan Cumplido	118
5.4	Calidad	119
5.5	Protocolos	120
5.6	Correlación de indicadores	120
CONCLUSIONES		121
RECOMENDACIONES		122
FUENTE DE INFORMACIÓN		124
ANEXOS		127

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1: Clasificación de restricciones	4
Tabla N° 2: Resumen de diferencias entre un proyecto tradicional y un proyecto Lean	18
Tabla N° 3: Comparación del sistema push vs el sistema pull	52
Tabla N° 4: Tabla de selección de muestra para la investigación	67
Tabla N° 5: Instrumento de medición semanal según indicador	72
Tabla N° 6: Instrumento de medición de restricciones mensuales	73
Tabla N° 7: Instrumento de medición de Indicadores de Gestión de Calidad, resumen semanal	73
Tabla N° 8: Porcentajes de Plan Cumplido proyecto “Canvas”	77
Tabla N° 9: Leyenda	79
Tabla N° 10: Porcentajes de Plan Cumplido proyecto “Harmony”	81
Tabla N° 11: Porcentajes de Plan Cumplido proyecto “Ecoderby”	85
Tabla N° 12: Número de actividades programadas semanalmente del proyecto “Canvas”	89
Tabla N° 13: Número de actividades programadas semanalmente del proyecto “Harmony”	91
Tabla N° 14: Número de actividades programadas semanalmente del proyecto “Ecoderby”	93
Tabla N° 15: Cumplimiento de protocolos del proyecto “Canvas”	95
Tabla N° 16: Cumplimiento de protocolos del proyecto “Harmony”	97
Tabla N° 17: Cumplimiento de protocolos del proyecto “Ecoderby”	100
Tabla N° 18: Número de No Conformidades del proyecto “Canvas”	102

Tabla N° 19: Número de No Conformidades del proyecto “Harmony”	105
Tabla N° 20: Número de No Conformidades del proyecto “Ecoderby”	108
Tabla N° 21: Cuadro de coeficientes de correlación de los 3 proyectos	112
Tabla N° 22: Datos de coeficiente de determinación que se obtiene al elevar al cuadrado el coeficiente de Pearson	112
Tabla N° 23: Relación del PPC con el Cumplimiento de Protocolos	113
Tabla N° 24: datos de coeficiente de determinación que se obtiene al elevar al cuadrado el coeficiente de Pearson	113
Tabla N° 25: Cuadro de coeficientes de Correlación de los 3 proyectos	114
Tabla N° 26: Datos de coeficiente de determinación que se obtiene al elevar al cuadrado el coeficiente de Pearson	114
Tabla N° 27: Cuadro de coeficientes de Correlación de los 3 proyectos	115
Tabla N° 28: datos de coeficiente de determinación que se obtiene al elevar al cuadrado el coeficiente de Pearson	116

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Variación del número total de restricciones a través del tiempo	4
Figura N° 2: Metodología	6
Figura N° 3: Principales Causas de No Cumplimiento	6
Figura N° 4: Origen de las Causas de No Cumplimiento	7
Figura N° 5: Avances físicos medidos en terreno	8
Figura N° 6: Avances físicos teóricos	8
Figura N° 7: Modelo de producción Tradicional	17
Figura N° 8: Modelo de producción Lean	18
Figura N° 9: Etapa I, Mantener el flujo continuo	21
Figura N° 10: Etapa II, lograr flujos eficientes	22
Figura N° 11: Etapa III, Lograr eficiencia dentro de los procesos	22
Figura N° 12: Lean Project Delivery System	24
Figura N° 13: Sistema de Planeación Tradicional	28
Figura N° 14: Sistema de Planificación Lean	28
Figura N° 15: Last Planner y herramientas	29
Figura N° 16: Cuadro resumen de Last Planner System	33
Figura N° 17: Varianza de factores comunes	51
Figura N° 18: Representación de una muestra como subgrupo	56
Figura N° 19: Plan para la obtención de datos	58
Figura N° 20: Proceso para efectuar análisis estadístico	59
Figura N° 21: Método de formas alternativas o paralelas	60
Figura N° 22: Vistas 3D referenciales al acabado en azotea, obra "Canvas"	64
Figura N° 23: Vistas referenciales de acabados en 3D de la obra "Canvas"	64

Figura N° 24: Vistas referenciales, acabado azotea 2D, obra “Ecoderby”	65
Figura N° 25: Vistas referenciales de acabados en 3D, obra “Ecoderby”	66
Figura N° 26: Vistas referenciales, acabado azotea 3D, obra “Harmony”	67
Figura N° 27: Vistas referenciales de acabados en 3D, obra “Harmony”	67
Figura N° 28: Formato para reportes de No Conformidades	72
Figura N° 29: Formato del Porcentaje de Plan Cumplido Semanal y acumulado	74
Figura N° 30: Formato del porcentaje de plan cumplido (causas de cumplimiento y medidas correctivas)	75
Figura N° 31: Porcentaje de PPC Semanal y Acumulado para el proyecto “Canvas”	78
Figura N° 32: Causas de incumplimiento del PPC para el proyecto “Canvas”	79
Figura N° 33: Causas de una mala programación en el incumplimiento del PPC para el proyecto “Canvas”	80
Figura N° 34: PPC Semanal y Acumulado para el proyecto “Harmony”	82
Figura N° 35: Causas de incumplimiento del PPC para el proyecto “Harmony”	83
Figura N° 36: Causas de una mala programación en el incumplimiento del PPC para el proyecto “Harmony”	84
Figura N° 37: PPC Semanal y Acumulado para el proyecto “Ecoderby”	86
Figura N° 38: Causas de incumplimiento del PPC para el proyecto “Ecoderby”	87
Figura N° 39: Causas de una mala programación en el incumplimiento del PPC para el proyecto “Ecoderby”	88
Figura N° 40: Número de actividades programadas para el proyecto “Canvas”	90
Figura N° 41: Número de actividades programadas para el proyecto “Harmony”	92
Figura N° 42: Número de actividades programadas para el proyecto “Ecoderby”	94
Figura N° 43: Cumplimiento de Protocolo para el proyecto “Canvas”	96
Figura N° 44: Cumplimiento de Protocolo para el proyecto “Harmony”	98
Figura N° 45: Cumplimiento de Protocolo para el proyecto “Ecoderby”	101
Figura N° 46: Número de No Conformidades identificadas y cerradas en el proyecto “Canvas”	103

Figura N° 47: Partidas en las cuales se originó mayor número de No Conformidades en el proyecto “Canvas”	103
Figura N° 48: Principales problemas con el concreto que originaron No Conformidades en el proyecto “Canvas”	103
Figura N° 49: Principales problemas con el encofrado que originaron No Conformidades en el proyecto “Canvas”	103
Figura N° 50: Número de No Conformidades identificadas y cerradas para el proyecto “Harmony”	106
Figura N° 51: Partidas en las cuales se originó mayor número de No Conformidades en el proyecto “Harmony”	106
Figura N° 52: Principales problemas con el concreto que originaron No Conformidades en el proyecto “Harmony”	107
Figura N° 53: Principales problemas con el encofrado que originaron No Conformidades en el proyecto “Harmony”	108
Figura N° 54: Número de No Conformidades identificadas y cerradas para el proyecto “Ecoderby”	109
Figura N° 55: Partidas en las cuales se originó mayor número de No Conformidades en el proyecto “Ecoderby”	110
Figura N° 56: Principales problemas con el concreto que originaron No Conformidades en el proyecto “Ecoderby”	111

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo demostrar la relación que la calidad mantiene con el Last Planner System, en tres proyectos de Edificios Multifamiliares y cómo esta relación puede ocasionar retrasos en la programación. Se realizaron visitas a las obras Canvas (Miraflores), Ecoderby (Surco) y Harmony (Lince) con el apoyo de la constructora Produktiva, donde se hizo seguimiento al cumplimiento de la programación y la secuencia del tren de trabajo. Adicionalmente, mediante los protocolos, se realizó el control de calidad de los procesos y se pudo identificar las no conformidades, evaluar sus causas y medidas de control. En todos estos procesos fue necesario el uso de tablas para la obtención de la información recogida en campo. Se realizó un análisis previo, identificando indicadores de Calidad y Last Planner System que guarden cierta relación para luego hallar la correlación y demostrar la influencia de una sobre otra. Se halló que la relación de la Calidad y Last Planner System es directa, esto se pudo comprobar mediante el avance de las obras, donde se presentaron Porcentajes de Plan Cumplido (PPC) altos, los cuales bajaron semanas después, por presentar no conformidades, que representaron restricciones para activar la siguiente actividad, lo cual generó pérdida de tiempo y aumentar el costo por retrabajos.

Palabras claves: Last Planner System, Calidad, Correlación, Protocolos y Porcentaje de Plan Cumplido (PPC).

ABSTRACT

The point of this thesis is demonstrate the relation that quality has with the Last Planner System in 3 Multifamily Buildings projects and how this relation can cause delays in programming. Visits were made to Canvas (Miraflores), Ecoderby (Groove) and Harmony (Lince) with Produktiva´s constructor support, where has been studied the compliance with scheduling and sequence of the work. The quality control of the processes was performed through the protocols, it was possible to identify the nonconformities, to evaluate their causes and control measures. Tables were used to get all the information collected from the field. A previous analysis was performed and identified indicators of Quality and Last Planner System that keep a certain relation to later find the correlation and demonstrate the influence between them. It was found that the relation between Quality and Last Planner System is direct, this was evidenced by the progress of the works, where high Percentages of Plan Cumplido (PPC) were presented, which fell weeks later, for presenting nonconformities, which represented Restrictions to activate the next activity, ending in a time wasting and cost increasing conclusion. Control measures were introduced to correct the causes and help the correct progress of programming.

Key words: Last Planner System, Quality, Correlation, Protocols, Percentage of Plan Complied (PPC).

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción, en nuestro país, ha caído en los dos últimos años, no obstante, para el 2017 se espera un crecimiento del 4%. Debido a esto las empresas estuvieron preparadas para afrontar dicho crecimiento, mejorando el sistema de construcción tradicional que aún se utiliza.

Mediante esta investigación buscamos aportar en el crecimiento de la construcción en nuestro país, la cual aún mantiene una alta variabilidad por la falta de planificación y control de los procesos constructivos que dan como resultado desperdicios que supera lo proyectado.

Esta planificación y control de los procesos constructivos sufre cambios constantemente debido a la aparición de distintas metodologías de construcción en busca de mejores resultados, dentro de aquellas encontramos al Lean Construction.

Actualmente, en el Perú, existe el Capítulo Peruano Lean Construction Institute que promueve el uso de esta metodología en los proyectos de edificación brindando conferencias y capacitaciones a sus miembros. Esta filosofía tiene como objetivo mejorar el nivel de producción del sector construcción enfocándose a la reducción de desperdicios a través de distintas herramientas dentro de las cuales se encuentra el Last Planner System.

Como vemos en los distintos proyectos del país, una buena planificación y control no te garantiza el éxito del mismo si no va de la mano de una buena Gestión de la Calidad, que te garantice que el proyecto se hizo siguiendo los parámetros anteriormente establecidos.

En el presente trabajo de investigación, se aplican conceptos de Last Planner System (para proteger la planificación del proyecto) y de Calidad (para cumplir estándares requeridos por el cliente) para finalmente encontrar la relación entre ambos.

La situación problemática en la construcción en el Perú proviene de una caída, en el sector inmobiliario, que en estos tiempos, se encuentra en un proceso de mejoramiento obligado por la situación que atraviesa. Los constructores se han dado cuenta de que la construcción obedece a un sistema tradicional que no agrega valor al producto. Es por ello que constructoras de mediana y alta jerarquía vienen utilizando nuevos sistemas como el Sistema Lean, que busca darle al cliente un producto que cumpla con sus necesidades. Este sistema usa herramientas que le ayudan a mantener el control en la construcción, una de ellas, es el Last Planner System (LPS), que brinda una programación detallada y confiable y que disminuye la incertidumbre que existe en la construcción.

En la construcción, existen tres aspectos claves que se deben tener en cuenta para realizar un proyecto con excelencia: el tiempo, costo y la calidad. Estos dos primeros son controlados por el LPS a diferencia de la calidad, la cual es difícil de controlar, muchas veces por el corto plazo para realizar una actividad dada, por la falta de una buena programación que contemple su control. Estos factores inducen al ejecutor (operario, capataz, etc.) a obviar procesos, incumpliendo los protocolos de calidad que, en un futuro provoca retrasos en actividades que se encuentran aguas abajo, que afecta la programación existente.

Como problema general, se planteó: ¿cuál es la relación de la Calidad dentro del Last Planner System aplicado en la construcción de tres edificios multifamiliares?

Los problemas específicos son: ¿cómo se desarrolla el Last Planner System aplicado en los tres edificios multifamiliares?, ¿cómo se controla la Calidad aplicada en los tres edificios multifamiliares?, ¿cuál es la correlación que existe entre los indicadores de Calidad y Last Planner System en los tres proyectos de edificios multifamiliares?

El objetivo principal es determinar la relación de la calidad dentro del Last Planner System aplicado en la construcción de tres edificios multifamiliares.

Los objetivos específicos son: Evaluar el Last Planner System aplicado en los tres edificios multifamiliares, evaluar la Calidad aplicada en los tres edificios multifamiliares, determinar la correlación que existe entre los indicadores de Calidad y Last Planner System en los tres proyectos de edificios multifamiliares.

El objetivo del proyecto es evaluar la aplicación del Last Planner System y la Calidad, con el fin de encontrar algún tipo de relación que nos brinde una solución del bajo porcentaje de plan cumplido y la alta cantidad de no conformidad que afecta a muchas obras de este tipo.

La hipótesis principal es la Calidad guarda relación directa respecto al Last Planner System, demostrando que su buen control garantiza el éxito del sistema de planificación.

Las hipótesis específicas son: El Last Planner System (LPS) se desarrolla de manera eficiente teniendo como resultados PPC acumulados por debajo del estándar (80%) en los tres proyectos de edificación, se tiene un mal control de la Calidad en los tres proyectos de edificación y se tiene correlaciones altas, confirmando la existencia de la relación entre los indicadores de Calidad y LPS.

El tipo de investigación, por las características del tema que se investigará, será una investigación cuantitativa con alcance descriptivo, correlacional y explicativo.

Como alcances y limitaciones, para la realización de esta investigación se hizo la medición y recopilación de los datos del Last Planner System y la Calidad, de tres proyectos multifamiliares los cuales son: Canvas (Miraflores),

Ecoderby (Surco) y Harmony (Barranco), estos cuentan con características similares de construcción y permitirán tener una mayor confiabilidad en la relación que se realizó en la presente investigación.

La evaluación que se realiza es de un periodo de 19 a 26 semanas por motivo de tiempo. Los resultados que se obtuvieron solo representan dicha relación en la construcción de edificaciones similares, por realizarse en la ciudad de Lima, solo se limita a esta región.

La investigación encuentra su justificación, en el aspecto general, en demostrar la existencia de la relación entre Calidad y Last Planner System, resaltando la importancia de cada una de estas y el complemento que representan en la ejecución de un proyecto.

En el aspecto social, la entrega a tiempo de un producto de buena calidad beneficia a los usuarios y lo que se busca con esta tesis es demostrar que esto es posible teniendo un buen control de calidad que a su vez garantice el cumplimiento del Last Planner System.

Asimismo la investigación, en el campo económico, este factor cobra relevancia para las empresas peruanas las que son afectadas por el mal control de la calidad, y que ocasionan retrasos en la entrega de los proyectos.

Dentro de la viabilidad, se ha considerado que hay factores relativos, que hacen viable el trabajo. En el aspecto teórico, se cuenta con la información necesaria de los 3 proyectos que nos permiten desarrollar esta investigación, gracias a la constructora Produktiva. En el aspecto técnico, los recursos que se están considerando son: 2 ordenadores portátiles, software como Microsoft Excel y Word.

En el aspecto económico, por medio de recursos monetarios propios de los investigadores, de manera que, el proyecto no requiere de un financiamiento mayor o ser auspiciado por alguna entidad.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

Las investigaciones de los últimos años, que se realizaron en el país las cuales nos sirven de guía para la elaboración del presente trabajo, resaltando las diferentes metodologías que usaron para alcanzar sus objetivos también discutiremos sus alcances y resultados.

Flores (2015), presentó la tesis denominada “Productividad e Innovación en el abastecimiento de materiales utilizando la filosofía Lean Construction en Edificaciones Multifamiliares (Caso: proyecto Moon Santiago de Surco – Lima)”.

Este estudio tuvo como objetivo determinar las causas que originaron pérdidas en la construcción del edificio multifamiliar proyecto Moon para maximizar los recursos de obra. El contexto teórico de las variables estuvo principalmente formado por el “Lean Construction”, y los recursos de una obra de construcción.

La metodología aplicada, en el presente estudio, fue cuantitativa de tipo exploratoria, el diseño de investigación fue no experimental, transversal y retrospectivo. Las variables fueron de tipo cuantitativo ordinal.

El mayor aporte de esta tesis fue que demostró que aplicando la Filosofía Lean a una obra, en específico (Proyecto Moon en este caso), se puede maximizar recursos y reducir pérdidas y desperdicios.

Guzmán (2014), realizó la tesis denominada “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos”.

A lo largo de este trabajo, se describen los principales conceptos y herramientas de la filosofía Lean para poder generar una base teórica sólida que respalde la aplicación de herramientas y el análisis de resultados en los proyectos.

Además, se analizaron y describieron, de forma detallada, cómo se aplican las herramientas más importantes de esta filosofía (Last Planner System, Sectorización, Nivel general de actividad, Cartas de Balance, etc.) con la finalidad de difundir la metodología de aplicación de cada herramienta y servir de guía para profesionales o empresas que busquen implementar Lean Construction en sus proyectos.

El primer aporte que podemos mencionar de esta tesis es que sirve como guía para la aplicación de la filosofía Lean Construction a una obra, debido a que explica de forma detallada los pasos a seguir y los procedimientos que se necesitan para tener los resultados esperados.

El segundo aporte y no menos importante es que nos propone implementar un control de costos para los proyectos como lo es el resultado operativo, esto debido a que el tema de la productividad va de la mano con el ahorro en mano de obra y también con costo total del proyecto y, sin embargo,

no se tiene un reporte integrado de costos que pueda dar fe de los buenos resultados que está teniendo la obra.

Guzmán A. (2014) afirma que: “El uso del Last Planner System permitió reducir considerablemente los efectos de la variabilidad sobre el proyecto que se estudió, en ese caso aplicando todos los niveles de planificación y programación que contiene el Last Planner se logró cumplir con el plazo establecido para terminar la etapa de casco de la obra (09-07-12), de cumplimiento de la programación del 75% lo cual está por encima de lo estándar en los proyectos de edificaciones de la capital.”

La investigación dio como recomendación que se continúe con la mejora de la herramienta Last Planner, se pudo ver la importancia de la identificación de restricciones, las cuales previenen la causa de incumplimiento que muchas veces se le asignan a áreas las cuales no son los responsables. “Es por esto que se propone como propuesta de mejora que la asignación de la causa de no cumplimiento esté ligada, obligatoriamente a la herramientas 5 whys, según la cual uno debe preguntarse a qué se debe el incumplimiento hasta en cinco oportunidades hasta llegar a identificar la causa raíz, así por ejemplo si la causa de no cumplimiento es la falta de acero en obra, según la primera clasificación, sería un problema de abastecimiento del área logística; sin embargo, si indagamos en el asunto podemos llegar a la causa raíz que fue que el ingeniero de producción no hizo el pedido a tiempo dejando de ser un problema de logística y pasando a ser de producción”, Guzmán A. (2014).

Chávez y De la Cruz (2014) presentan la tesis denominada “Aplicación de la Filosofía Lean Construction en una obra de edificación (Caso: condominio Casa Club Recrea – El Agustino)”.

La investigación uso la herramienta Last Planner System como instrumento para mejorar la productividad, de la que se obtuvo datos muy interesantes que sirven como referencia para la presente investigación.

Clasificaron las restricciones como se muestra en la tabla N° 1, ya que presenciaban un desorden e incumplimiento de estas, que indica una causa de incumplimiento de las actividades.

Tabla N° 1: Clasificación de restricciones

Trabajo previo	Partidas antecesoras sin culminarse para la continuación de los trabajos
Mano de obra	Cuadrillas sin la cantidad de obreros necesario
Material	requerimiento de material pendiente
Equipos y Herramientas	requerimiento de equipos y herramientas pendientes
Información	no se cuentan con detalles, sea planos, especificaciones, etc
Programación	no se cuenta o falta revision de programaciones
Espacio	no se cuenta con espacio fisico disponible para realizar los trabajos
Externo	agentes o motivos ajenos a la obra

Fuente: Chávez Espinoza y De La Cruz Aquije (2014)

La tabla les ayudó a mantener una respuesta más pronta ya que identifica, directamente, al causante de un futuro no cumplimiento.

Este proceso de estandarización de restricciones ayudó a disminuir el número de futuras restricciones como lo muestra la figura N° 1



Figura N° 1: Variación del número total de restricciones a través del tiempo

Fuente: Chávez Espinoza y De La Cruz Aquije (2014)

La presente investigación concluyó que con el uso de la metodología del Last Planner System se mejoró el cumplimiento en la ejecución de las partidas analizadas. Esto se debe a que se minimiza la variabilidad anticipándonos al levantamiento de las restricciones de las partidas que se ejecutaron. El porcentaje del cumplimiento de las partidas se mejoró de 64% a 85% evitando retrasos dentro del proceso constructivo y trenes de trabajo.

Se brinda como recomendación que la aplicación del sistema Last Planner no es tarea única del Jefe de planeamiento, si bien es cierto que él se encarga de realizar las programaciones y hacer su seguimiento, esto debe ser tarea de todos ya que el cumplimiento de la programación se refleja en el PPC y es un resultado conocido para todos los miembros de la obra. Todos los involucrados deben dar ideas para ir mejorando semana a semana y cumplir con la tarea programada, en su tiempo y sin variabilidades en su camino

Díaz (2007) presentó la tesis denominada “Aplicación del sistema de planificación “Last Planner” a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura”. Esta investigación tuvo como fin aplicar el sistema de planificación Last Planner a un edificio habitacional de mediana altura y llevar el control por 11 semanas de las tres principales especialidades: colocación de moldaje, armadura y hormigón. Lo que se buscó de este sistema fue encontrar puntos fuertes para potenciarlos y sus puntos débiles para plantear soluciones a estos problemas. La metodología empleada, en esta investigación, se muestra en la siguiente figura:

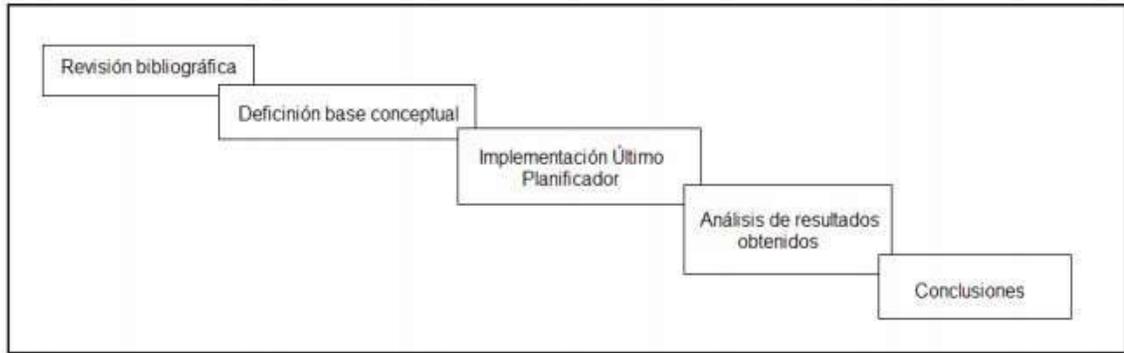


Figura N°2: Metodología
Fuente: Díaz (2007)

Esta investigación identificó las principales causas de no cumplimiento del sistema de planificación Last Planner y son las que se muestran en la siguiente figura:

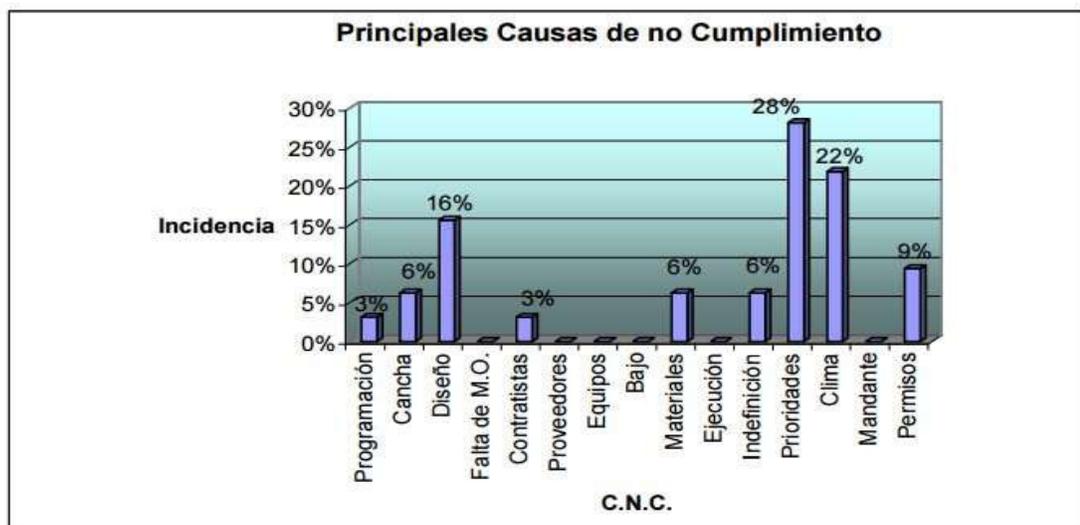


Figura N° 3: Principales Causas de No Cumplimiento
Fuente: Díaz (2007)

Como vemos definieron las quince causas más representativas de no cumplimiento, clasificando al cambio en prioridades como principal causa de no cumplimiento seguida del clima y diseño del proyecto.

Adicionalmente a esta identificación de causas, las clasificaron en internas y externas y los resultados fueron los siguientes:



Figura N° 4: Origen de las Causas de No Cumplimiento
Fuente: Díaz (2007)

De lo cual podemos concluir que no hubo mucha diferencia entre las causas manejables por la empresa (internas) y causas originadas por motivos que no dependían de la empresa constructora (externas).

Y por último, se mostraron los resultados del avance físico real vs el avance teórico, donde podemos ver que el avance físico real es muy parecido al avance físico programado. El que se haya adelantado con respecto al programa es algo positivo; sin embargo, hay que mencionar que en esta tesis se usaron colchones de tiempo en caso de que hubiera existido algún imprevisto.

De lo anteriormente dicho, se puede concluir en que la implementación del Last Planner estabilizó el porcentaje de actividades completadas, semanalmente, y hubo un avance físico mayor al programado.

Fecha	REAL		
	Armaduras	Moldajes	Hormigón
	[Kg.]	[m2]	[m3]
15/05/2007	1878	65	41
22/05/2007	8580	240	113
29/05/2007	23676	1399	286
05/06/2007	26723	1544	303
12/06/2007	33675	2836	439
19/06/2007	48069	3964	585
26/06/2007	55361	4819	696
03/07/2007	72020	5667	855
10/07/2007	87716	7117	1060
17/07/2007	95371	7963	1141
24/07/2007	105146	9318	1196

Figura N° 5: Avances físicos medidos en terreno

Fuente: Díaz (2007)

Fecha	TEÓRICO		
	Armaduras	Moldajes	Hormigón
	[Kg.]	[m2]	[m3]
07/05/2007	0	0	0
14/05/2007	1440	218	0
21/05/2007	5886	805	86
28/05/2007	12574	1496	243
04/06/2007	21281	1496	317
11/06/2007	29732	2056	377
18/06/2007	38895	2938	480
25/06/2007	51323	3911	613
02/07/2007	62276	4844	754
09/07/2007	71745	5638	843
16/07/2007	84073	6645	1012
23/07/2007	100899	8195	1191
30/07/2007	119756	9802	1375
06/08/2007	140977	11586	1580
13/08/2007	154829	12704	1723
20/08/2007	163227	13445	1807
27/08/2007	175668	14365	1922
03/09/2007	185994	15299	2018
10/09/2007	197930	16218	2131
17/09/2007	209656	17174	2239
24/09/2007	215478	17835	2313
01/10/2007	224041	18836	2424
08/10/2007	224041	18836	2432

Figura N° 6: Avances físicos teóricos

Fuente: Díaz (2007)

La principal recomendación de esta investigación fue: Eliminar el proceso de revisión o “screening”, ya que no es bueno filtrar actividades en forma tan temprana al tener una visión de mediano plazo. Esto se debería realizar en el paso de protección (“*shielding*”), es decir, al momento de determinar las actividades que ingresarán al programa semanal. Al revisar la planificación intermedia y establecer qué actividades pasan al inventario de trabajo ejecutable tengo mayores bases para pensar en no colocar esta actividad en la siguiente etapa, que es la programación semanal. Ahí, en el corto plazo, pudo que una actividad no está lista para ejecutarse, pero no es bueno considerar con tanta anticipación que probablemente no podrá ser ejecutada.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Lean Production

Origen según Xavier Brioso

Esta filosofía surge en los años 50, en la empresa automovilística Toyota ante la necesidad de atender mercados más pequeños con una mayor variedad de vehículos, lo que requería una mayor flexibilidad en producción. Su objetivo principal fue desarrollar operaciones con un coste mínimo y cero despilfarros.

El Lean Production fue concebido en Japón por Taiichi Ohno, un ingeniero industrial japonés, “Mi mayor contribución fue construir un sistema de producción que pudiera responder sin despilfarros a los cambios del mercado y que, adicionalmente, por su propia naturaleza redujera los costos”.

Taiichi Ohno se mostró impresionado por el énfasis excesivo en que los estadounidenses ponían, en la producción en masa de grandes volúmenes, en perjuicio de la variedad, y el nivel de desperdicio que generaban las industrias en el país más rico de la postguerra. Cuando visitó los supermercados tuvo un efecto inspirador inmediato; Ohno encontró en ellos un ejemplo perfecto de su idea de manejar inventarios reducidos, eliminar pasos innecesarios y controlar las actividades primarias y dar control al que hace el trabajo (en este caso el cliente) como apoyo a la cadena de valor.

Es entonces, que luego de la Segunda Guerra Mundial, y debido a la escasez de recursos (material, mano de obra), que en Japón nazca una nueva forma de producir y que esto implicara menos costos, Lean Production o Manufacturing.

Luego, a raíz de la crisis en Estados Unidos de la industria automotriz, el mundo conoce la existencia de esta filosofía.

Definición

También conocida como Lean Manufacturing (“producción ajustada”, “manufactura esbelta”, “producción limpia” o “producción sin desperdicios”) es una filosofía que tiene como fin entregar el máximo valor para los clientes, utilizando el mínimo de recursos.

Para Palacios (2016): Lo que hizo esta filosofía fue definir como Muda todo hasta que se demuestre lo contrario, iniciar la idea de hacer Pull desde el pedido del cliente. Para lograr con los objetivos que se trazaron tuvieron que cambiar la forma de producción que les permita una mayor flexibilidad, reducción del ciclo de duración y mayor eficiencia: lotes pequeños, trabajadores multifuncionales, balanceo de cargas y demandas, control de calidad en el proceso, sistema de producción Pull, métodos de elementos a prueba de fallos, Just in Time.

La nueva filosofía de producción considera los siguientes elementos dentro de su diseño y control de la producción:

Identificar actividades que no agregan valor

Se identifican las actividades que no agregan valor y se tratan de reducir y, en el mejor de los casos, eliminar para generarle ganancias al proyecto, estas pueden ser en costo, tiempo, etc. Por lo tanto, identificar estas actividades es primordial para reducir las pérdidas.

Incrementar el valor del producto

Los beneficios obtenidos de eliminar las pérdidas en general deben enfocarse en incrementar el valor del producto para el cliente final, esto se puede lograr poniéndonos en perspectiva del cliente y haciendo que nuestro producto iguale y en el mejor de los casos supere las expectativas que estos tienen sobre el producto.

Reducir la variabilidad

La variabilidad afecta, negativamente, en todos los ámbitos de la producción y para el cliente, por lo cual es importante la reducción de la variabilidad para evitar problemas con las programaciones y la satisfacción del cliente.

Reducción del tiempo del ciclo

El tiempo que dura un ciclo se puede reducir con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, que nos dice que si dividimos nuestra producción (lote de producción) en lotes pequeños (lotes de transferencia) que vamos transfiriendo de proceso a proceso, nuestro ciclo tendrá una duración menor que si introducimos todo el lote en un proceso y esperamos a que todo el paquete esté listo para llevarlo al siguiente proceso o actividad.

Simplificación de procesos

La simplificación de procesos consiste en mejorar el flujo por medio de la reducción de los procesos involucrados, para de ese modo controlar mejor estos procesos y así reducir la variabilidad y el costo de realización de cada proceso.

Incrementar la transparencia en los procesos

Mientras mayor sea la transparencia de un proceso serán mayores las posibilidades de inspeccionarlo y así evitar errores que pasaran a ser trabajos rehechos, los cuales son pérdidas para el proyecto.

Mejoramiento continuo

Este principio está basado en la filosofía japonesa Kaisen, esta se basa en la identificación de las causas de no cumplimiento de las actividades para tratar de solucionarlas en siguientes proyectos y así ir mejorando continuamente.

Referenciar los procesos (*Benchmarking*)

Esto se basa en comparar nuestros procesos con los de la empresa que lideren nuestro campo de acción para tener ideas de mejora basándonos en el potencial de las empresas de la competencia.

Como podemos observar todos estos principios tienen un fin común que es la mejora de todo el proceso de producción y la reducción de todas las actividades que no agregan valor, con el fin de lograr un flujo simple, uniforme y un tiempo de ejecución menor.

Las actividades que no agregan valor son definidas como pérdidas que según el Lean Production se divide en 7 tipos como se muestra en Womack J. y Jones D. (2000).

- **Sobre – producción**

Se refiere a producir más de lo que demanda el cliente, ya sea este el cliente final del producto o la actividad sucesora en el proceso de producción. Es el peor tipo de pérdida porque da lugar a otra que es el inventario.

- **Esperas**

Es el tiempo perdido entre procesos o dentro de un proceso específico debido a la falta de materiales, herramientas, equipos o información. Representa el mayor porcentaje de los trabajos no contributivos.

- **Transporte**

Este tipo de pérdida no se refiere al transporte en sí, porque como lo veremos más adelante es una actividad que si bien no agrega valor es completamente necesaria para realizar las actividades productivas. Se refiere al exceso de esta actividad, es decir, no tener identificados puntos de acopio haciendo que se transporte, continuamente, los materiales sin generar apoyo a la producción.

- **Sobre –procesamiento**

Cargar de mayor trabajo del necesario a una actividad simple, los sobrecostos en los que incide no son asumidos por el cliente y generan pérdidas para el proyecto. Es la pérdida más difícil de identificar y reducir.

- **Inventario**

Se refiere a la acumulación de productos o materiales por parte de los subprocesos por diferencias en las demandas entre estos (flujos no balanceados). Este tipo de desperdicio genera también transportes y esperas por lo que eliminarlo es fundamental para obtener ahorros.

- **Movimientos**

Cualquier tipo de movimiento que no es necesario para completar de manera adecuada una actividad, estas pueden ser de personas como de equipos. Este tipo de pérdida está ligado con el estudio de tiempos y movimientos; y se tiene que realizar un estudio mucha más exhaustiva para eliminarlo.

- **Defectos**

Son las pérdidas por los trabajos mal hechos o que presentan defectos por lo que no se pueden entregar a la siguiente actividad en ese estado y para resolver dichos defectos se tiene que incurrir en un costo que tiene que ser asumido por la empresa.

1.2.2 Lean Construction

Lean Construction propuesto por Lauri Koskela (1992) producido en el grupo de investigación CIFE de la Universidad de Stanford, adaptó las herramientas de la filosofía LEAN contrastada con el sistema de producción de Toyota a la construcción para el control de la variabilidad que se tiene en esta industria, mejorar la productividad, la calidad del producto y los plazos de entrega. El término Lean Construction fue nombrado por los fundadores del Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC) en 1993.

La aplicación de esta filosofía se da durante la elaboración del proyecto, así como la ejecución y mantenimiento, el cual nos da como resultado una construcción sin pérdidas. Lean posee herramientas capaces de intervenir en todas las áreas del proyecto tales como atención al cliente, soporte técnico, logística, administración del proyecto, marketing de esta forma, brinda prestigio a la empresa.

Lean Construction busca agregar valor al producto disminuyendo los desperdicios que se generan durante el proceso de producción, agregándole valor al producto sin generar costos adicionales.

Lean Construction ve los proyectos como sistemas temporales de producción lo cual hace que se cree una curva de aprendizaje y se pueda tener una mejora continua durante los procesos.

Teniendo en cuenta que cada proyecto posee características únicas y cada una posee un sistema de producción diferente, la cual se adapta a la tipología del proyecto, aun así, todas mantienen las mismas bases para el diseño de sistema de producción.

- Principios de Física de Producción
- Variabilidad
- Teoría de Producción TFV (Task-Flow-Value)

1.2.2.1 Principios del Lean (KOSKELA, 1992):

Para que Lean Construction pueda generar grandes cambios en la realización de los proyectos, no solo es seguir una secuencia de pasos. Los partícipes directos de estos cambios deben conocer y comprometerse a realizarlos durante todos los procesos, mejorando la calidad y buscando la mejora continua de cada proceso, Lauri Koskela nos brinda 11 principios:

1. Reducir la proporción de actividades que no agregan valor.
2. Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de las necesidades de los clientes.
3. Reducir la variabilidad.
4. Reducir el tiempo del ciclo.
5. Simplificar mediante la reducción del número de pasos y partes.
6. Aumentar la flexibilidad de las salidas.
7. Incrementar la transparencia de los procesos.
8. Focalizar el control en los procesos completos (globales).
9. Introducir la mejora continua en el proceso.

10. Mantener el equilibrio entre mejoras en los flujos y las mejoras de las conversiones.

11. *BenchMarking*.

Según, Pórras H, Giovanny O., Galvis J., (2014) los principios “Lean” solo son posibles de aplicar plena y eficazmente en la industria de la construcción si el interesado en aplicarlos se centra en la mejora de todo el proceso de gestión del proyecto, en la integración de los interesados en el proyecto para concebir el nuevo enfoque de producción que proponen los principios de Lean Construction.

1.2.2.2 Sistema tradicional

Los sistemas de producción tradicional no toman en cuenta detalles que suceden durante las etapas que sufre el producto para su salida, como podemos apreciar en la figura N° 7.



Figura N° 7: Modelo de producción Tradicional

Fuente: Pablo Orihuela (2013)

1.2.2.3 Sistema de Producción Lean

Lean Construction divide los procesos que sufre un producto antes de ser entregados, revisando los estándares de calidad que cumpla con las exigencias del cliente como podemos apreciar en la figura N° 8



Figura N° 8: Modelo de producción Lean

Fuente: Porras H, Giovanni O., Galvis J., (2014)

Según Porras H, Giovanni O., Galvis J.,(2014), Lean Construction es una nueva forma de ver la producción, no un modelo o unos pasos establecidos que se deban seguir; lo que se pretende es entender sus principios y aplicarlos en la creación y uso de herramientas “Lean” para la gestión de los proyectos constructivos, en donde las herramientas son la aplicación de los principios teóricos a la práctica profesional. (p. 38).

Tabla N° 2: Resumen de diferencias entre un proyecto tradicional y un proyecto Lean

PROYECTO TRADICIONAL	PROYECTO LEAN
Sistema operative	
Gestión del camino crítico	Last Planner System
Sistema Push	Sistema Pull
Basado en la transformación de procesos e información.	Basado en la transformación, flujo de valor y generación de valor.
Las actividades se llevan a cabo tan pronto como sea posible.	Las actividades se llevan a cabo en el último momento responsable.

Los búffers están dimensionados y localizados para la optimización local.	Los búffes están dimensionados y localizados para realizar la función de absorber la variabilidad del sistema.
Focalizado en las transacciones y contratos.	Focalizado en el sistema de producción.
Acuerdos y términos comerciales	
Transaccional. Fomenta el esfuerzo unilateral, asigna y transfiere el riesgo, no lo comparte	Anima, fomenta, promueve y apoya el intercambio abierto de información e ideas y la colaboración entre múltiples partes
Riesgo	
De gestión individual. Transferido a otros en la mayor medida posible	Gestionado de forma colectiva, compartido apropiadamente

Aprendizaje y transmisión del conocimiento	
El aprendizaje se produce de forma esporádica. Conocimientos adquiridos: “solo los necesarios”; información acaparada y retenida, silos de conocimiento y habilidades.	El aprendizaje se incorpora al proyecto, la empresa y la cadena de suministro. Aportación de conocimiento y habilidades al principio; información abiertamente compartida; confianza mutua y respeto entre las partes interesadas.
PROYECTO TRADICIONAL	PROYECTO LEAN
Diseño y procesos	
No todas las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño.	Todas las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño.
Una vez que el proyecto está diseñado, entonces empieza el diseño de los procesos.	El proyecto y los procesos se diseñan de manera conjunta.
Proceso	
Lineal, inequívoco, segregado.	Concurrente y multinivel.
Relación con proveedores y partes interesadas	
Organizaciones distintas se unen a través del mercado y toman lo que el mercado ofrece.	Se hacen esfuerzos de manera sistemática Para reducir los plazos de entrega de la cadena de suministro.
Los intereses de las partes interesadas no están alineados.	Los intereses de las partes interesadas están alineados.
Jerarquizado / Mando y control	Colaborativo / Autoridad distribuida
Un especialista toma las decisiones y las lanza para que estas se ejecuten.	Las partes interesadas aguas abajo participan de las decisiones que se toman aguas arriba.

Equipos fragmentados, montado sobre la base de “justo lo necesario” o “lo mínimo necesario”, fuertemente jerarquizados y controlados.	Un equipo integrado compuesto por las partes interesadas claves del proyecto, montado al inicio del proceso, abierto y colaborativo.
Comunicación/Tecnología	
Basada en papel, 2 dimensiones, analógica.	Medios digitales, virtuales, Building Information Modeling(3, 4 y 5 dimensiones).

Fuente: Juan Felipe Pons (2014)

Para tener un sistema de producción, Lean donde se busca cumplir con los plazos y aumentar la productividad debemos seguir estos tres pasos en el orden indicado.

1. Asegurar que los flujos no paren

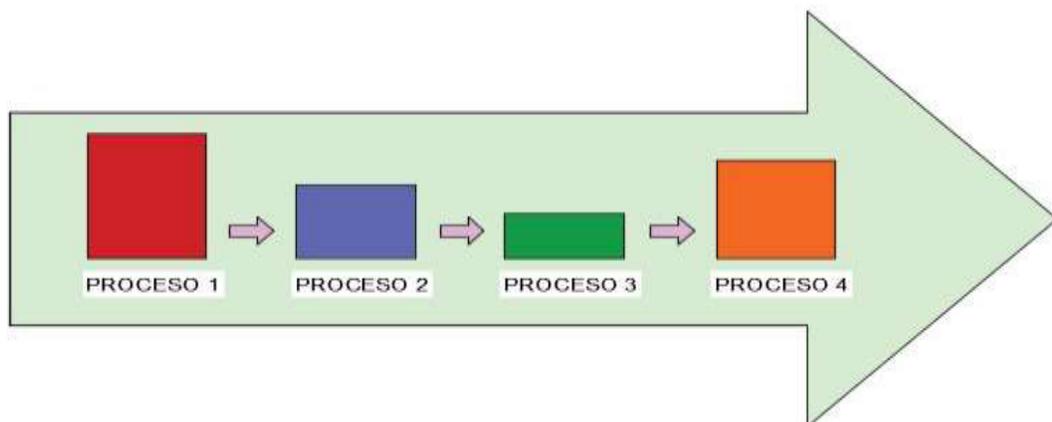


Figura N° 9: Etapa I, Mantener el flujo continuo

Elaboración: los autores

2. Lograr flujos eficientes

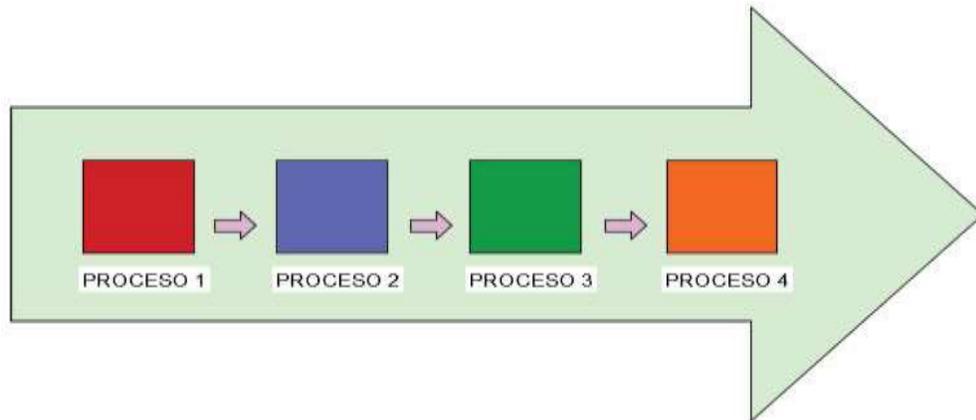


Figura N° 10: Etapa II, lograr flujos eficientes

Elaboración: los autores

3. Lograr procesos eficientes

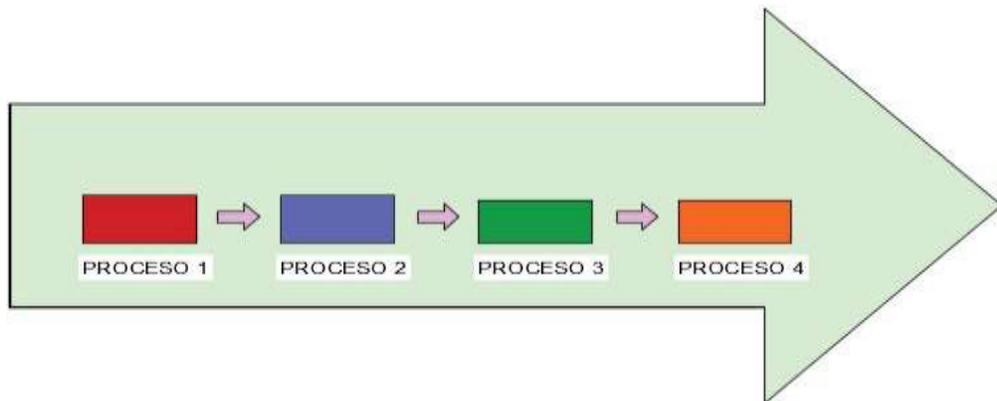


Figura N° 11: Etapa III, Lograr eficiencia dentro de los procesos

Elaboración: Los autores

1.2.3 Lean Project Delivery System

En el desarrollo de un proyecto de construcción, el volumen de datos e información que se manejan a través de todas sus fases y en todas las áreas es cuantioso. Son diferentes los grupos involucrados que manejan esta información.

Toda esta situación no produce un trabajo eficiente debido a diferentes motivos, por ejemplo, falta de calidad en los datos, información incompleta, datos errados, etc. Por tal motivo, es de mayor importancia que se cuente con un sistema que nos permita reunir de manera integral toda la información que se va a generar durante el desarrollo del proyecto.

La filosofía Lean propone, el Lean Project Delivery System, que es un sistema que tiene como fin servir de guía para la gestión de un proyecto de construcción, que estará enfocado a la eliminación de pérdidas y maximización del valor entregado al cliente.

Este sistema nos muestra las cinco fases que debe tener todo proyecto: La Definición del Proyecto, el Diseño, el Abastecimiento, el Ensamblaje y el Uso, cada una de estas fases tienen unos módulos que deben ser gestionados usando diferentes conceptos, técnicas y herramientas. Ballard (2000).



Figura N° 12: Lean Project Delivery System

Fuente: Ballard (2000)

El sistema de Lean Project Delivery se compone por 14 módulos, de los cuales 11 están organizados en 5 fases que están interconectadas entre sí demostrando interrelación de cada fase con la siguiente, además podemos apreciar dos módulos, en la parte inferior, uno de control de producción y el otro de trabajo estructurado. El motivo de ubicarse ahí es que se extenderán a través de todas las fases del proyecto, al igual que el último módulo de evaluación post-ocupación que enlaza el final de un proyecto con el inicio de otro. (Figura N° 12).

Las 5 fases del Lean Project Delivery System son:

Definición del Proyecto (Project Definition)

La fase de definición del Proyecto está conformada por tres módulos: Las necesidades y valores, que va a analizar y estudiar las necesidades de los clientes finales y las expectativas que tendrán los inversionistas, las restricciones que son las consideraciones a tener en cuenta para la concepción de un proyecto, las que provienen de la experiencia y conocimiento relacionado al tema; y el diseño conceptual que es la conceptualización de los dos módulos mencionados en alternativas o esquemas del proyecto que termina en un anteproyecto.

Diseño Lean (Lean Design)

La fase del diseño Lean se va a iniciar con el último modo de la fase anterior (diseño conceptual) y es con este módulo que está enlazado con la fase anterior, le sigue el módulo de Diseño del Proceso que es donde se diseñaron los pasos y procedimientos para lograr una fabricación eficiente del proyecto o producto ya definido; y el tercer módulo de esta fase es el diseño del producto aquí se especificaron las actividades que tenemos que realizar para definir el producto final.

Abastecimiento Lean (Lean Supply)

La fase de abastecimiento sin pérdidas está conectada con la anterior con el módulo del Diseño del Producto, es decir, para iniciar con el abastecimiento sin pérdidas es necesario tener definido y diseñado el producto final o proyecto. En esta fase, se tiene el módulo de Ingeniería en detalle, que va de la mano con el diseño del producto y ambos son indispensables para poder lograr el tercer módulo que es la de compras y logística, ya que si no sabemos o no tenemos definido el producto que haremos o no tenemos la información, detallada y exacta, no se podrán fabricar o tramitar los materiales necesarios para el inicio de la siguiente fase.

Construcción Lean (Lean Assembly)

La fase de construcción sin pérdidas está referida a la parte productiva o la que podrías denominar como Lean Construction. Se inicia con las Compras y Logística que brindan los materiales, las herramientas y todos los recursos necesarios para la construcción. El segundo módulo de esta fase comprende la construcción del proyecto que representa la producción como la conocemos en un proyecto. Finalmente esta fase tiene un módulo de entrega que serían las pruebas al producto ensamblado y la entrega.

Uso

La fase de uso es la última de las cinco fases que propone el Lean Project y se inicia con el módulo final de la fase anterior, es decir, con la entrega; además incluye el módulo de operación y mantenimiento que se desarrolla durante toda la vida del proyecto y una fase de alteraciones que comprende las reparaciones o modificaciones que pueda sufrir el proyecto inicial.

Además de los 11 módulos mencionados en las triadas, se tienen otros tres que son los siguientes:

Control de producción

Este módulo va a tener como principal herramienta de control de producción al Last Planner. Este módulo comprende todas las fases del proyecto y tiene como objetivo el control de flujos de trabajo y unidades de producción.

Trabajo estructurado

Este módulo tiene como objetivo hacer que el flujo de trabajo durante la construcción sea más confiable, eficiente y le añada valor al cliente. El trabajo estructurado también se da durante todo el tiempo de duración del proyecto, desde su concepción como idea hasta su uso, esto hace que todas las decisiones concernientes a la estructuración del trabajo se puedan tomar en cualquier etapa del proyecto.

Como último módulo, se tiene la evaluación post-ocupación que enlaza el final de un proyecto con el inicio de otro. Es un módulo que tendrá como función la retroalimentación y mejora continua, debido a que va a evaluar el proceso de entrega y uso de un proyecto, Briosó Xavier.

1.2.4 Last Planner System

Last Planner System es una herramienta creada por Glenn Ballard y Greg Howell, los cuales tomaron las exigencias que requería la filosofía Lean Construction respecto a la variabilidad que existe en la construcción. Esta herramienta tiene como actores principales al gerente de la construcción y jefes de distintas áreas los cuales se reúnen para coordinar planes de trabajos y evaluar restricciones de esta forma tener una planeación confiable.

Según Womack, 1996 y Picchi F, 1993 para que el uso de Lean Construction sea sencillo debe contar con herramientas que faciliten la adaptación de sus principios a la práctica profesional.

La planificación tradicional no controla la variabilidad en su totalidad, Ballard y Howell agregaron a la planificación tradicional un campo donde detallan de más cerca los procesos que se realizaron y evalúan lo que se debe hacer identificando las restricciones que esto requiere y si es posible realizarlo, esto nos ayuda a tener en claro lo que se puede hacer. Se detallan responsabilidades donde los jefes de áreas se responsabilizan del cumplimiento de las actividades asignadas. La diferencia de la planificación tradicional y Last Planner se puede apreciar en las figuras N° 13 y 14 las que se muestran:



Figura N° 13: Sistema de Planeación Tradicional

Fuente: Koskela (2000)



Figura N° 14: Sistema de Planificación Lean

Fuente: Koskela (2000)

Last Planner es un sistema que asegura lo que se debería realizar sea muy parecido a lo que se ejecutó, para realizar este sistema se apoya en herramientas como lo son el Lookahead, Plan semanal y Plan diario.



Figura N° 15: Last Planner y herramientas

Fuente: Capítulo Peruano de Lean Construction Institute

Todos los planeamientos son pronósticos, y todos ellos pronósticos están errados. Mientras más larga la predicción, más errada estará. Mientras más detallada la predicción, más errada estará. (Xavier Brioso, 2015) Para ser confiables con la planificación se debe:

Planificar a mayor detalle a medida que se aproxime el día en que se realizará el trabajo.

Producir planeamientos colaborativamente con quienes ejecutarán el trabajo, realizando reuniones donde cada responsable de la tarea exponga lo que necesita para seguir adelante, así todos serán conscientes de la importancia de cumplir con sus tareas asignadas:

- Identificar y levantar las restricciones de las tareas planeadas como equipo, teniendo en cuenta que todo es un proceso.
- Hacer promesas confiables, seguros que podremos realizarlas dentro del plazo acordado.
- Aprender de las interrupciones.

La planeación se realiza en todo inicio de obra, pero no es suficiente dejarlo ahí para esto se apoya en programaciones donde se da mayor profundidad a episodios que sucederán durante la ejecución. Esta programación es un análisis, en mayor grado de detalle en el mediano y corto plazo, para esto nos ayudamos de herramientas como:

1.2.4.1 Lookahead

Es la planificación que se realiza en un periodo de 4 a 6 semanas dependiendo de la magnitud de la obra, que son extraídas del cronograma maestro.

El lookahead es una programación media entre la programación maestra y el plan semanal, el cual nos ayuda a identificar las actividades próximas a realizarse y prever las posibles complicaciones.

Se toma a mayor detalle las actividades que están próximas a realizarse, para su coordinación con los proveedores, recursos humanos y diseño para que se cumpla con lo programado, esto nos ayudará a aumentar nuestro PPC (porcentaje de plan cumplido).

Debemos tener en cuenta (EDIFICA):

- Debe partir del cronograma.
- Debe ser hecho por (o al menos con) los ejecutores.
- Detallar a un nivel ágil, pero que permita luego identificar restricciones.

1.2.4.2 Análisis de restricciones

Luego de realizar los periodos de tiempos y las actividades que se realizaron en ese intervalo de tiempo es importante saber

si estas actividades están libres de obstáculos que no les permitan ser ejecutadas.

Para evitar retrasos que pueden generar pérdidas de materiales, mano de obra y retrasos en plazos de entrega, debemos realizar dos pasos:

Primero evaluamos las restricciones que tiene cada actividad empezando de los que tienen mayor grado de responsabilidad hasta el de menor rango, para esto debemos asegurarnos que tenemos los materiales, en el tiempo establecido, es importante tener el compromiso del proveedor y la comunicación con almacén, la mano de obra que intervendrá debe estar preparada y conocer del trabajo que se realizará, también se debe tener en cuenta que debe estar libre de otra actividad antecesora y si no lo es, la actividad que le antecede debe contar con sus restricciones evaluadas y solucionadas.

Segundo, debemos dar soluciones a las restricciones, de tal forma que nos permitan realizar las actividades previstas, si no se pueden levantar las restricciones tenemos que evaluar cuándo estarán libres de estas y reprogramar las actividades para que el flujo se mantenga.

Tendremos diferentes tipos de actividades:

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al Intervalo de Trabajo Ejecutable (ITE) de la semana en curso, pero que no pudieron ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras. (Hernán Porrás Díaz, Omar Giovanni Sánchez Rivera, José Alberto Galvis Guerra;2014).

Si las actividades no logran ser liberadas de restricciones deberán ser reprogramadas y darles nuevos frentes de trabajo a los trabajadores y evitar que el flujo se estanque.

1.2.4.3 Plan Semanal

Es la planeación semanal que está compuesta de las actividades libres de restricciones extraídas del Lookahead.

Se otorgan responsabilidades de cumplimiento a los encargados directos. Se evalúa los recursos compartidos a utilizar por las partidas dando prioridades de uso.

Para realizar una planificación semanal confiable se tomaron las siguientes recomendaciones, según Guzmán C., Obando Julio, Rubio Rodrigo:

Debe contener tareas que sean ejecutables.

Debe hacerse siempre. No basta duplicar la 1era semana del Lookahead.

Deben incluirse actividades colchón.

Debe describir tareas mensurables.

Los beneficios que trae la implementación del Last Planner son:

- Aumento de la seguridad en obra
- Ayuda a estabilizar la producción
- Facilita el control proactivo
- Reduce los tiempos de espera
- Fomenta relaciones eficaces
- Funciona en proyectos grandes y pequeños
- Añade valor al proyecto
- Reduce los costes del personal especializado en obra

- Fomenta el valor, el flujo y la transformación

Para que el Sistema del último planificador funcione es importante el compromiso de todo el equipo y considerarlo como parte del proceso.



Figura N° 16: Cuadro resumen de Last Planner System

Fuente: Pons J. (1) (2014)

1.2.5 Variabilidad

Se puede definir Variabilidad como la ocurrencia de actividades distintas a las que estaban previstas en un proyecto, que sabemos que pueden ocurrir, pero no la exactitud de cuándo. La variabilidad va a estar presente siempre en todo proyecto y no tomarle la merecida importancia va a traer consecuencias significativas y su impacto será grande en el sistema de producción.

¿Por qué se menciona no tomarle la merecida importancia?
 ¿Por qué es tan importante controlar la variabilidad? La importancia de la variabilidad radica en que es la principal fuente de desperdicios en la

construcción. ¿Qué consecuencias trae consigo no tener un control de esta variabilidad?

- Sobrecosto de la variabilidad
 - Pobre productividad debido a baja utilización de recursos
 - Trabajo en condiciones no óptimas
- Costo controlado de la variabilidad
 - Uso de buffers y tareas suplentes

Como mencionamos la Variabilidad va a estar siempre en todo proyecto, por este motivo lo que se busca son dos cosas: reducirla o minimizar su impacto. Las estrategias para minimizar el impacto de la variabilidad se deberían definir en la etapa de planeamiento. Se presentan la metodología y estrategia que nos permitan tener un mejor manejo de la variabilidad.

Metodología para un manejo de la variabilidad:

- Reunión con todo el equipo relacionado con el proyecto.
- Identificación de las principales fuentes de la variabilidad.
- Definición de medidas de mitigación, responsables y fechas que se pusieron en práctica para cada una de las fuentes de variabilidad identificadas anteriormente.
- Finalmente, un seguimiento a las medidas de mitigación, en cada reunión semanal de obra.

Estrategias para el manejo de la variabilidad, Guzmán A. (2014):

- Buffer

Algunos buffers que podemos mencionar: inventario de materiales, equipos en Stand-by, iniciar el proyecto antes de lo previsto, planos que son aprobados por adelantado.

- Entender mejor los procesos

Existen actividades que necesitan reunir a todos los involucrados para definir claramente todos los pasos que son necesarios para su realización.

- Reducir dependencia entre procesos y actividades.

Se busca primero identificar las actividades con alta variabilidad para luego independizarla mediante buffer de tiempo y así no afecte el ciclo y sistema de producción.

- Reorganizar los procesos

Se busca simplificar los procesos de compra y logística.

- Usar procedimientos constructivos que reduzca la incertidumbre

Evitar la prefabricación de elementos de concreto y la fabricación de estructuras metálicas repetitivas.

1.2.6 Teoría de las restricciones

En el año 1984, el físico y empresario, israelí Eliyahu M. Goldratt publicó su libro “La Meta”, que es una novela de administración en la cual se muestra la esencia de su Teoría de las Restricciones.

La Teoría de las Restricciones es una filosofía de gestión que está basada en métodos científicos para optimizar sistemas integrados. Esta teoría postula que, en un conjunto de procesos interrelacionados, independientemente del ámbito en el que se desarrolle, el ritmo será dictado por el proceso más lento. Lo que busca esta teoría es que las empresas enfoquen sus esfuerzos, en esos puntos críticos, para poder optimizar el proceso más débil y así lograr mejoras en la actividad integral de la organización.

La TOC (*Theory of Constraints*) está basada en cinco puntos correlativos de aplicación:

- Identificar las restricciones del sistema
- Decidir cómo explotarlos
- Subordinar todo a la decisión anterior
- Superar la restricción del sistema
 - Si en los pasos anteriores se ha roto una restricción, regresar al paso (1), pero no permitir la inercia

La teoría de las restricciones se centra en factores limitantes, los que denomina como restricciones o “cuellos de botella”. Existen tres tipos de limitantes.

- Limitación física

Es la maquinaria, recursos, instalaciones que no permitan que el sistema cumpla su objetivo.

- Limitación política

Dentro de la política de la empresa, existen reglas que impiden que alcancen sus objetivos (Ej. Si no trabajan a doble turno, no hacen horas extras, etc.)

- Limitación de mercado

En este punto, la restricción está dada por la demanda de los productos o servicios.

1.2.7 Tren de trabajo

Es la planeación secuencial de actividades para mantener una producción constante, su aplicación se da en proyectos donde la variabilidad es controlada o mínima. Para su aplicación se deben tomar consideraciones:

- Los procesos son considerados como una estación de trabajo.
- Se debe entender que cada actividad es un cuello de botella, todo el sistema es una ruta crítica, sabiendo esto debemos programar actividades capaces de cumplir.
- Colocar buffer en cada actividad por precaución.
- La sectorización es importante, se deben dividir las tareas en lotes pequeños capaces de terminarse en un día de trabajo, esto nos permite aprender de manera continua y mejorar día a día.
- Los recursos deben estar divididos en cantidades similares, nos ayudaron a tener un mejor control del proyecto.

El tren de actividades es un sistema de producción que posibilitó a tener un óptimo avance si se cumplen los puntos mencionados. La construcción es una industrialización artesanal. Este sistema nos ayudó a mejorar el orden de avance al regular el ritmo de la producción y generar una curva de aprendizaje que busca la mejora continua.

Pasos para realizar un tren de trabajos:

1. Sectorizar el área de trabajo. Este paso es importante (área pequeña)
2. Listar actividades necesarias
3. Secuenciar las actividades (incluir colchones de tiempo de ser necesario)
4. Dimensionar recursos (MO, Eq., Mat, SC)

Aplicando esta herramienta podremos tener información más ordenada de los recursos (materiales, mano de obra y herramientas) al utilizar dentro de la programación, se puede evitar complicaciones de desabastecimiento de estos. Por otro lado, tendremos fechas de entrega más

exactas que permiten un mejor manejo del personal y control de los rendimientos.

1.2.8 Calidad

1.2.8.1 Calidad en la construcción

Actualmente, en el país, en el sector de construcción, existe mucha competencia entre distintas empresas por parte de los mercados para mejorar su competitividad, esto da lugar a los clientes sean cada vez más exigentes y busquen mejores opciones para satisfacer sus necesidades. Estas exigencias obligan a las empresas, según Alpuche R., (2004):

- Crear una ética de trabajo, en la cual cada empleado asume su responsabilidad para lograr el mejoramiento de la calidad.
- Dedicar todo su esfuerzo para satisfacer los requerimientos del cliente.
- Desarrollar un ambiente de trabajo disciplinado, orientado al trabajo en equipo, motivando a cada persona a rendir su máximo esfuerzo.
- Medir causales de incumplimiento.
- Mejorar los canales de comunicación interdepartamentales.
- Capacitar a su personal con respecto a la cultura de calidad.

Es por este motivo que las empresas constructoras deben invertir capital implementando una buena gestión de calidad que garantice la calidad de sus productos.

Cabe mencionar que para que las empresas constructoras peruanas puedan competir, en mercados internacionales, es necesario que se mejore en áreas como productividad y sobre todo calidad, debido a que, en los últimos años, la certificación de la calidad se ha convertido en la carta de presentación de las empresas para ingresar a nuevos mercados.

1.2.8.1 Concepto de Calidad

Podemos definir a la calidad como lo menciona Phill Crosby: “Calidad es cumplir con los requerimientos o también el grado de satisfacción que ofrecen las características del producto o servicio, en relación con las exigencias del consumidor”.

La calidad total será origina a partir del concepto de control de calidad (que abarca todas las técnicas y actividades que garanticen se puedan cumplir las especificaciones del cliente). La calidad total abarca todos los aspectos y a todas las personas involucradas a la organización. Lo que busca la calidad total es evitar corregir errores, anteriormente cometidos, se centra en conseguir que las cosas se hagan bien a la primera.

1.2.8.3 Estrategias para lograr la calidad

Según Alpuche R., (2004); algunas de las estrategias que podrían implementar las empresas constructoras que se preocupan por realizar actividades y productos de calidad son:

- Visitar a proveedores y subcontratistas para comprobar su aptitud para la ejecución de trabajos para la obra.
- Calibrar sus equipos, por ejemplo, de topografía, manómetros de la prensa de rotura de probetas, entre otros, utilizados en diferentes actividades de una obra.
- Calificar el personal que participará en la ejecución de la obra.
- Contratar cursos o charlas necesarios para mejorar los resultados de obra, etc.

1.2.8.4 Calidad en el diseño del proyecto

La calidad, en el diseño del proyecto, es el grado en que el diseño refleja un producto que satisface las necesidades del cliente.

En una obra, la calidad debe ser pensada con anticipación, desde dos puntos de vista:

- Relacionado con la parte constructiva de la obra, lo referente a ejecución de la misma, de la cual resulta la calidad de construcción.
- Relacionado con la etapa de proyecto, la estética, la especialidad, de la cual resulta la calidad de diseño.

De esto podemos concluir que, si en la etapa del diseño del proyecto no se pensó en el tema de calidad, difícilmente, el producto final logre una buena calidad, por más que los constructores sean los proyectistas.

1.2.8.5 Calidad en los insumos

Una parte significativa del mercado no cuenta con productos normalizados ni con la correspondiente certificación y, en consecuencia, ha venido priorizando el precio por sobre la calidad.

La información técnica con que cuentan los profesionales responsables de especificar los productos y los responsables de utilizarlos en la obra, pese al anhelo innovador de los mismos, para ello es difícil la incorporación de la innovación desarrollada por los fabricantes de insumos, debido a que la misma no siempre es de fácil acceso, no homogénea ni estandarizada. De ahí la importancia de apoyar acciones tender a lograr la catalogación y registro de insumos.

La selección se basa en la evaluación de los insumos en función de los criterios específicos, derivados de los requerimientos del proyecto, del uso, del mantenimiento y de requerimientos particulares del comitente.

Una vez que se determinen cuáles serán los insumos básicos a usarse, cada tipo debe ser investigado para obtener la mayor cantidad de información posible. Existen distintos fabricantes de un tipo de insumo, ello debería determinar su aceptabilidad en función de la equivalencia de los insumos. Hay varios factores a tomarse en cuenta al evaluar un insumo, Alpuche R., (2004).

1.2.8.6 Calidad en la ejecución del proyecto

Incluir la calidad en el diseño de un proyecto, es un beneficio a la hora de ejecutarlo porque nos dará pautas a tener en cuenta para lograr un buen producto final.

La calidad en la ejecución de un proyecto es un punto muy importante porque es aquí donde se debe controlar el cumplimiento de la Gestión de la Calidad, anteriormente definido en el diseño. Este es el punto del cual depende poseer un producto final de calidad o no, porque es donde se tiene que plasmar lo anteriormente planificado.

El presente trabajo de investigación se centra, en este punto, en él se puede identificar los diferentes indicadores de calidad:

- Número de no conformidades
- Cumplimiento del RFI
- Cumplimiento Certificado de Calidad
- Cumplimiento de cierre de no conformidad
- Cumplimiento de respuesta de no conformidad

1.3 Definición de términos básicos

1.3.1 Productividad

Los procesos o sistemas son más eficientes mientras menos recursos consumen para obtener un resultado específico. Gracias a esto, podemos definir la productividad como la medida de la eficiencia, describiendo la eficiencia como cantidad de recursos consumidos para obtener un resultado. Existen los indicadores de productividad que proporcionan información que nos ayudan a tomar decisiones estratégicas o gerenciales.

En conclusión, una productividad mayor, implica mayor producción consumiendo la misma cantidad de recursos.

El trabajo realizado por los obreros y equipos se puede dividir en tres categorías, Pons J. (1) (2014):

TRABAJO PRODUCTIVO (TP)

Son los distintos trabajos que aportarán de forma directa a la producción y van a generar un avance. Ejemplo: colocación de ladrillos, instalado de acero, vaciado de concreto, etc.

TRABAJO CONTRIBUTORIO (TC)

Son los distintos trabajos de apoyo que necesitan ser realizados para poder ejecutar el trabajo productivo, no aportará directamente valor a la producción y es considerado muchas veces como pérdida de segunda categoría por este motivo se debe minimizar, al máximo, en busca de una mejora a la productividad. Ejemplo: el transporte de ladrillos, capacitaciones, inspecciones, etc.

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO (TNC)

Son los distintos trabajos que no son necesarios, y que ejecutarlos tiene un costo lo que genera directamente una pérdida. Realizar estas actividades no genera un avance y no es necesario. Ejemplo: trabajos rehechos, esperas, descansos, etc.

1.3.2 Just In Time

Just In Time (justo a tiempo) es un modelo de gestión de recursos que está basado en los principios del Lean Production. Esta ideología busca minimizar, al máximo, los inventarios (que lo muestran como una pérdida para la producción porque incurre en costos innecesarios), gestionando adecuadamente el abastecimiento de materiales.

Lo que busca este modelo de gestión de recursos es tener un control de la cantidad correcta de materiales en el momento preciso en el cual es necesario para la producción.

Algo vital e importante para este modelo es que necesita de proveedores dignos de confianza, que cumplan con exigentes requerimientos de Calidad, que se ubiquen cerca de la empresa para facilitar entregas frecuentes.

Estas son algunas de las tendencias de las políticas de los proveedores:

- Ubicarse cerca del cliente.
- Emplear camiones pequeños, de carga lateral, y realizar embarques conjuntos.
- Establecer pequeños almacenes cerca del cliente, compartir los almacenes con otros proveedores.
- Emplear contenedores estandarizados y hacer las entregas de acuerdo con un programa de entregas preciso.

- Convertirse en un proveedor certificado y aceptar cobrar por intervalos de tiempo en lugar de por entregas.

Como sabemos, la construcción depende, en gran parte, de los proveedores, que son los que nos abastecen de material, y buscar implementar esta ideología en nuestro país implicaría un gran riesgo debido a que pondríamos el avance de obra en manos de estos proveedores y dependeríamos del servicio que ellos nos brinden el cual en su mayoría, es distinto al que prometen, lo que nos traerá como consecuencia estar expuestos a la variabilidad que se busca reducir.

1.3.3 Buffers

Como sabemos una buena planificación y programación de un proyecto de construcción, puede garantizar el éxito del mismo, debido a que nos marcan el ritmo, duración y descripción de cada una de las actividades que lo componen. Sin embargo, las tradicionales técnicas de programación no han podido combatir, de manera eficiente, con la naturaleza variable de los proyectos, lo que se ve traducido en retrasos y que genera mayores costos. Si bien es cierto actualmente se viene utilizando la filosofía Lean Construction, en algunas empresas (a través del Last Planner, que reduce, de alguna manera, los efectos de la variabilidad para el proyecto), aún existe cierta variabilidad que no se controla mediante esta herramienta y es ahí donde cobra importancia el uso de Buffers que tienen como objetivo principal contrarrestar los efectos de variabilidad, que se escapan de la filosofía Lean.

La traducción de un buffer es “colchón” que como ya se mencionó, servirá como alternativa para combatir los efectos negativos que origine la variabilidad.

Los buffers se clasifican en tres tipos, Briosó X.:

- Buffer de inventario

Este tipo de buffer se traduce a tener una cantidad mayor a la necesaria en materiales y/o equipos para evitar que el flujo no sea continuo debido a alguna falla en la entrega de algún recurso.

- Buffer de tiempo

Este buffer servirá de colchón de tiempo para que el proyecto que se pueda usar en caso de complicaciones y de esa forma, no salir del plazo establecido.

- Buffer de capacidad

Este buffer de capacidad lo que hace es que no se programen partidas no críticas del proyecto y que sean realizadas cuando el personal no tenga frente de trabajo y así aprovechar el tiempo de trabajo de manera productiva y evitar desperdicios (espera).

1.3.4 Porcentaje de Plan Cumplido

Es una herramienta de la cual obtenemos, de manera resumida, el cumplimiento, de las actividades programadas durante la semana, para esto debemos comparar el metrado programado y el metrado realizado.

La construcción posee alta variabilidad es por esto que no siempre se podrá obtener el 100% de cumplimiento, esta herramienta acepta como tolerancia mínima el 85% de cumplimiento.

Se detallan las causas por las cuales no se cumplió con la actividad programada y las medidas de control para que no ocurran, también se responsabilizará al personal encargado de realizar dicha actividad. Al evaluar los motivos nos permitió que en la siguiente semana no ocurra.

Por último, se reflejaron los datos obtenidos en tablas de tendencia.

1.3.5 Sectorizar

Dividir en cantidades o dimensiones similares un proyecto para generar un tren de trabajo.

Se deben tener en cuenta conceptos estructurales y constructivos para ser consecuentes con el proceso de construcción, tales como:

- Encofrar completamente las vigas.
- Las losas se pueden cortar, solo en el sentido de las viguetas, previa coordinación con el estructural.
- Tanto losas como vigas se pueden cortar en los tercios, pero siempre con la autorización del ingeniero estructural, de ser el caso, con la colocación de refuerzos y/o aditivo para junta fría.

1.3.7 Curva de aprendizaje

La curva de aprendizaje es un gráfico mediante el cual podemos visualizar el mejoramiento que tiene el recurso humano en las actividades realizadas.

Cuando se empieza una actividad, en un proyecto nuevo, la forma de desarrollarlo es distinta a otro proyecto, así sea la misma actividad, es por esto que se tiene que llevar un proceso de adaptación donde el personal con el transcurrir del tiempo logra un mejor rendimiento, la repetición de estas actividades nos ayuda a acumular experiencia que sirve para mejorar, en aspectos como calidad de procesos, tiempo de entrega y costo de proyecto.

Esto se grafica, en un diagrama, donde el eje horizontal representa el periodo de tiempo y el eje vertical los logros alcanzados. Esto permite tener una mejor visualización del éxito obtenido durante el periodo de aprendizaje.

1.3.8 Correlación

La correlación es un método estadístico que busca encontrar la relación entre una o más variables. Puede ser de al menos dos variables o de una variable dependiente y dos o más variables independientes, denominada correlación múltiple.

Se dice que existe correlación entre variables; si el cambio de una variable afecta a la otra de forma directa o indirecta.

1.3.8.1 Coeficiente de Correlación de Pearson

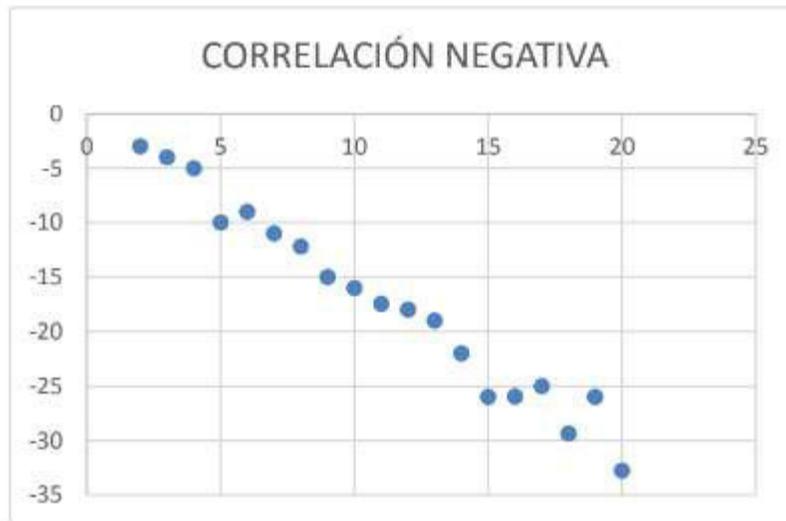
Es la representación, cuántica de la relación entre variables y es representada mediante la letra "r". Esta se halla mediante la siguiente fórmula:

$$r = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2} * \sqrt{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

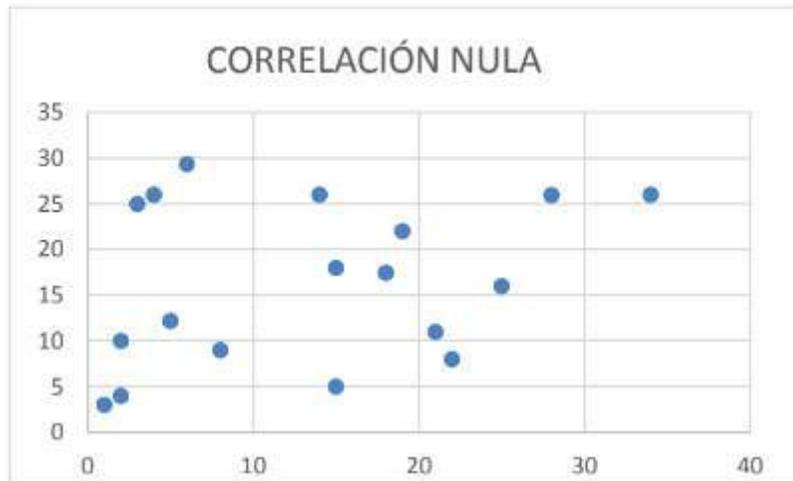
Este coeficiente de correlación se encuentra en el rango de +1 y -1, que también nos indica qué tipo de relación tiene, siendo +1 una relación directamente proporcional, -1 una relación inversamente proporcional y 0 una nos indica que no guarda relación.



Elaboración: Los autores



Elaboración: Los autores



Elaboración: Los autores

Mientras más cerca esté a la unidad, la relación que tengan las variables será más fuerte. Los gráficos también nos sirven para identificar, rápidamente, si existe correlación entre dos o más variables, si los puntos guardan una tendencia ya sea lineal

Los gráficos son herramientas que nos ayudan a tener una mejor visualización de los resultados y entendimiento de la relación que guardan las variables.

Hernández R. (2015) nos indica los rangos de la variación del coeficiente de correlación de Pearson con las siguientes descripciones:

- 1.00 = correlación negativa perfecta. (“A mayor X, menor Y”, de manera proporcional. Es decir, cada vez que X aumenta una unidad, Y disminuye siempre una cantidad constante.) Esto también se aplica “a menor X, mayor Y”.
- 0.90 = Correlación negativa muy fuerte
- 0.75 = Correlación negativa considerable
- 0.50 = Correlación negativa media

- 0.25 = Correlación negativa débil
- 0.10 = Correlación negativa muy débil
- 0.00 = No existe correlación alguna entre las variables
- +0.10 = Correlación positiva muy débil
- +0.25 = Correlación positiva débil
- +0.50 = Correlación positiva media
- +0.75 = Correlación positiva considerable
- +0.90 = Correlación positiva muy fuerte

- +1.00 = Correlación positiva perfecta. (“A mayor X, mayor Y” o “a menor X, menor Y”, de manera proporcional. Cada vez que X aumenta, Y aumenta siempre una cantidad constante.)

Quando el coeficiente r de Pearson se eleva al cuadrado (r^2), se obtiene el coeficiente de determinación y el resultado indica la varianza de factores comunes. Esto es, el porcentaje de la variación de una variable debido a la variación de la otra variable y viceversa (o cuánto explica o determina una variable la variación de la otra) como se muestra en la figura N° 17, Hernández R. (2015) (p: 313).

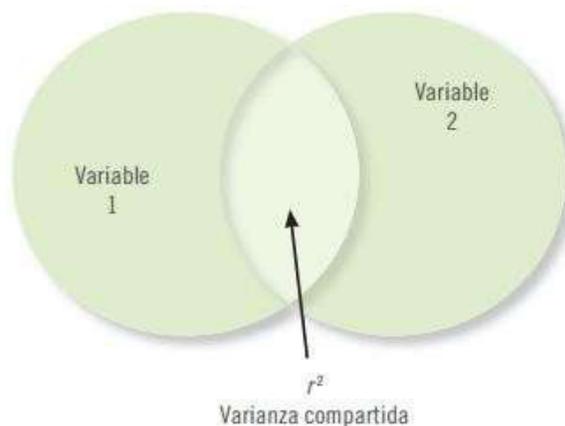


Figura N° 17: Varianza de factores comunes
Fuente: Hernández R. (2015)

1.3.9 Sistema Pull

Es un sistema de control de la producción en el que las actividades, aguas abajo (tanto las que están en las mismas instalaciones como en instalaciones separadas) dan la señal de sus necesidades a las actividades, aguas arriba de la cadena de valor, a menudo mediante tarjetas Kanban, sobre qué elemento o material necesitan, en qué cantidad, cuándo y dónde lo necesitan. Es decir, que el proceso del proveedor, aguas arriba, no produce nada hasta que el proceso del cliente, aguas abajo, lo señala. Es el cliente (interno o externo) quien tira de la demanda y no el fabricante o productor quién empuja los productos hacia el cliente (Juan Pons, 2014).

El sistema Pull es un componente fundamental del Just In Time y se esfuerza por eliminar el exceso de inventario y la sobreproducción. Este sistema es opuesto al sistema de producción tradicional o Push, que está basado en el sistema de grandes lotes de artículos producidos, a gran escala y a la máxima velocidad, según la demanda prevista, moviéndolos o empujándolos hacia el siguiente proceso, aguas abajo, o bien hacia el almacén de productos terminados, sin tener en cuenta el ritmo actual de trabajo del siguiente proceso o la demanda real del cliente (Juan Pons, 2014).

1.3.9.1 Pull vs Push

Se trata de un sistema Pull en lugar de un sistema Push porque es la actividad, aguas abajo, en la cadena o flujo de valor la que marca el ritmo y tira de la demanda y no a la inversa como ocurre en el sistema tradicional, en el que las actividades, aguas arriba, empujan la producción hacia las actividades aguas abajo, generando cuellos de botella, exceso de inventario y esperas, entre otros desperdicios. (Juan Pons, 2014).

Tabla N° 3: Comparación del sistema Push vs el sistema Pull

PROCESO TRADICIONAL (PUSH)	PROCESO TRADICIONAL (PULL)
El sistema push se caracteriza porque los lotes de fabricación previamente planificados "empujan" a la producción	En el sistema pull ("de tirón" o de información descentralizada), cada proceso o cliente retira el producto o las piezas del proceso anterior a medida que las necesita. De esta forma, un centro de trabajo o servicio únicamente trabaja cuando el proceso siguiente le comunica la necesidad de hacerlo
Los clientes vienen y retiran sus pedidos, pero el almacén lanza pedidos según está ordenado por planificación de materiales	Los clientes inician el proceso: retiran el material y así el almacén final lanza nuevos pedidos a la planta. Si no hay actividad por parte de los clientes, tampoco la hay en el almacén
Planificación de materiales establece el inventario para cada uno de los puestos de trabajo, y estos producen con independencia de los demás puestos	Los puestos de trabajo no tienen inventarios y dependen los unos de los otros para continuar la producción
Una menor demanda por parte de los clientes puede provocar una acumulación excesiva de inventario. Una forma de evitarlo consiste en "inundar" el canal	El cliente activa el proceso. Si la demanda disminuye, todo el proceso se ralentiza.
Los suministradores y el almacén mantienen su ritmo habitual siguiendo el plan de producción	Los puestos de trabajo adaptan su velocidad a la nueva demanda, evitando inventarios innecesarios

Fuente: Juan Pons (2014)

1.3.10 RFI (Request For Information)

Un RFI (Request For Information), en español, significa Requerimiento de Información es un proceso usado en la construcción para exigir información al del contratista al cliente o viceversa; esto se realiza por escrito, para fines de resolver alguna duda ya sea sobre el procedimiento o detalles de planos, que sean de gran relevancia durante la ejecución del proyecto.

Es una herramienta que ayuda al contratista a realizar trabajos con eficiencia, pero debe ser usado con responsabilidad y criterio para no caer en un reclamo o petición injustificada.

Un RFI es usado para obtener información que servirá para plantear soluciones, obtener una base de datos, construir una estrategia, etc.

1.3.11 Certificado de Calidad

El Certificado de Calidad acredita que esa empresa cumple la normativa vigente en la elaboración o ejecución de un producto o servicio, un distintivo de garantía y seguridad ante sus clientes y prestigio ante el mercado (Pascual, 2014).

La importancia del Certificado de Calidad es contar con productos que cumplan con medidas exactas que permiten un mejor desarrollo de la actividad.

La seguridad es otro factor importante, muchos de los productos son utilizados, en trabajos riesgosos, donde el personal se encuentra utilizando estos productos para salvaguardar su integridad, es por ello, que es obligación de la empresa exigir este documento certificador al adquirirlo.

1.3.12 Conformidad

La conformidad de un producto es que este cumpla con las especificaciones técnicas que se definieron en un principio, las cuales cuentan con requerimientos dados por el cliente.

La conformidad la da el jefe de Calidad quien debe supervisar que los procedimientos deberán ser completados asegurando la calidad del producto, así como los materiales que se usan, deben ser los que el cliente definió, esto asegura que unos productos puedan obtener una conformidad.

De no contar con la aprobación, se le dará una No Conformidad que deberá ser reportado.

1.3.13 No conformidad

Es la no aprobación de la calidad de un producto entregado que no cumple con las especificaciones y por ende, no está apto para ser entregado.

La no conformidad representa un retraso para el proyecto, ya que este no permitirá que se prosiga con el siguiente proceso, lo cual genera un retrabajo.

Para levantar una no conformidad se deberá tomar medidas correctivas, evaluadas por el jefe de calidad.

1.3.14 Protocolo

Son documentos más técnicos, que describen actividades específicas, referenciados en los procedimientos. Permiten obtener evidencia de la aplicación del Sistema de Calidad.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1 Elección del diseño de investigación

Esta investigación, como anteriormente, se mencionó es cuantitativa, con alcance correlacional y tendrá un diseño no experimental.

Es no experimental porque las variables tanto de calidad como de Last Planner System no se manipularon, ya que estos acontecimientos ya sucedieron y no será posible su modificación, lo que se busca es analizar los efectos que causaron.

La clasificación que se le dio a esta investigación no experimental será longitudinal debido a que se tuvo la variación de las variables a través del tiempo.



Elaboración: Los autores

2.2 Selección de la muestra

La presente investigación tendrá una muestra no probalística, debido a que la elección de cada uno de los elementos que lo componen se dio bajo el criterio de los autores teniendo en cuenta las características de la investigación.

La ventaja de esta investigación en tener una muestra no probalística radica en que no necesitamos una gran representatividad de cada uno de los elementos, sino una elección con criterio, siguiendo las características especificadas en el planteamiento del problema.

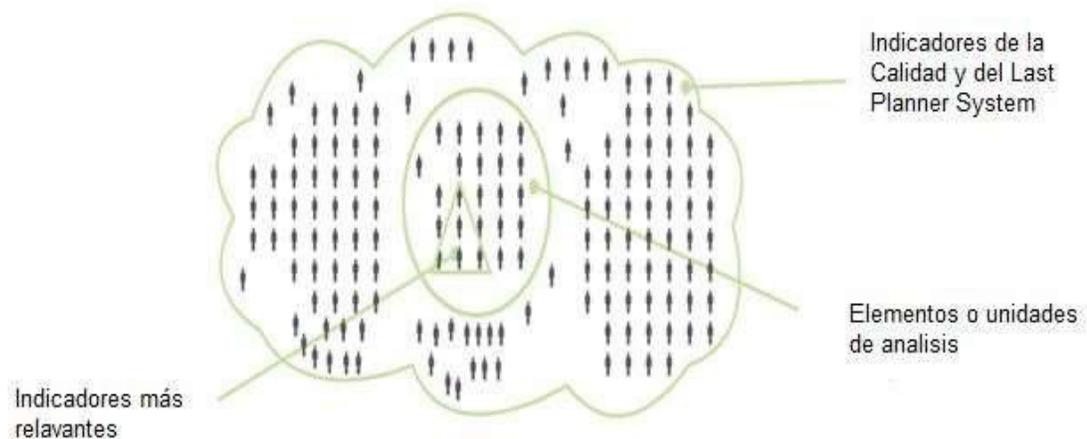


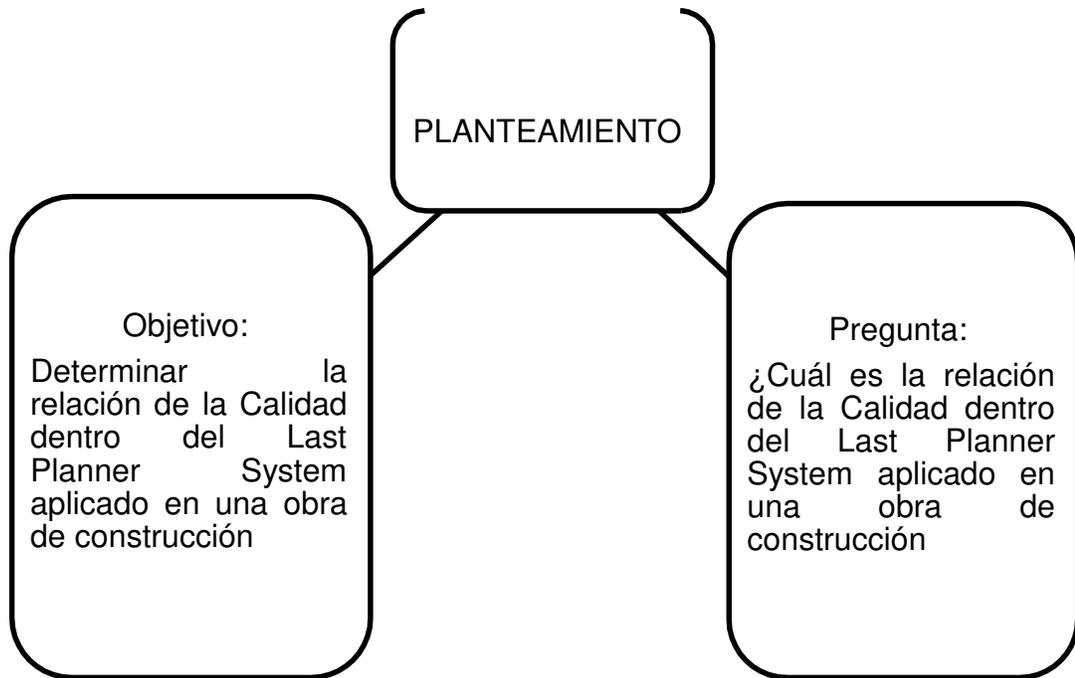
Figura N° 18: Representación de una muestra como subgrupo

Fuente: Hernández R. (2015)

En la figura N° 18, se pudo apreciar que esta investigación tuvo como población los Indicadores de la calidad y del Last Planner System, en una obra, y como muestra los indicadores más relevantes (según el criterio de los autores), para llegar al objetivo de la investigación.

2.2 Recolección de datos cuantitativos

Una vez definido el diseño de la investigación y la muestra adecuada, se define el método para la recolección de datos.



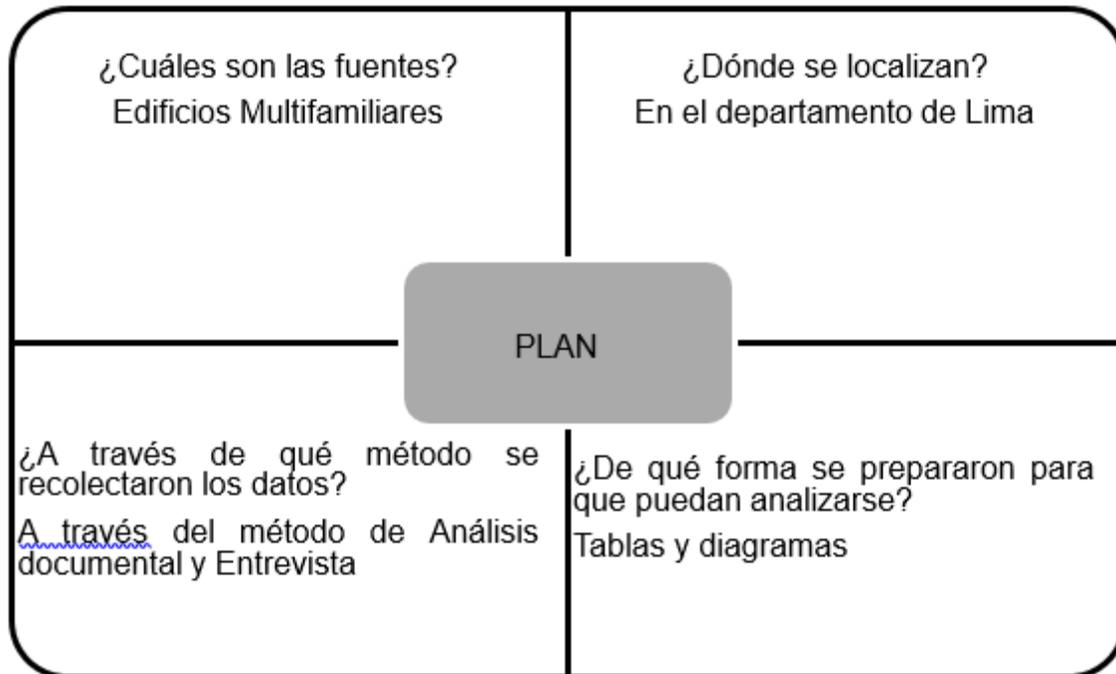


Figura N° 19: Plan para la obtención de datos

Elaboración: Los autores

En la figura N° 19, se muestra el plan para la recolección de datos, eligiendo el método de Análisis documental debido a que la información se obtuvo gracias a la base de registro de datos del proyecto.

2.4 Análisis de los datos

Los datos recogidos, en obra, pasaron por un proceso de identificación donde evaluamos su relevancia en la investigación, su validez y confiabilidad de forma superficial ya que más adelante lo detallamos. La recopilación de datos se tomó con cautela ya que esto nos ayudó a demostrar la veracidad de la hipótesis y cumplió nuestros objetivos trazados. Según Hernández R. (2015) debemos seguir una secuencia de fases para analizar los datos, como se muestra en la figura N° 20:



Figura N° 20: Proceso para efectuar análisis estadístico

Fuente: Hernández R. (2015)

Como nos indica Hernández R. (2015), se empezó con escoger el software que nos ayudó a analizar los datos obtenidos durante el periodo de construcción de los proyectos en estudio.

Paso 1

Este análisis se realizó mediante el software Microsoft Excel, que es uno de los programas más difundidos y conocidos de nuestro país por contar con un interfaz práctico, que contiene los análisis estadísticos que nos fueron de ayuda para la presente investigación.

Paso 2

Después de la obtención de datos, se crearon tablas para tener un mejor manejo de información, antes de hacer un tipo de cálculo, se comprobó que el software funcionará correctamente. Comprobado esto, se procedió a la ejecución del programa.

Paso 3

En esta etapa, seguidamente de la ejecución del programa se obtuvo los resultados, para los cuales se crearon tablas, histogramas y gráficos que permitieron tener un mayor entendimiento del comportamiento de las variables en estudio y así, un mejor análisis.

Paso 4

En esta etapa, se evaluarán la confiabilidad y validez del instrumento de medición. Para calcular la confiabilidad (fiabilidad o congruencia interna) existen varios métodos (estabilidad, formas alternativas y mitades partidas) para lo cual, en esta investigación, se demuestran con el siguiente método.

Medida de forma alternativa o paralela

Este método calcula la confiabilidad mediante el coeficiente de correlación entre dos pruebas, las cuales se suponen que mantienen relación, como se visualiza en la figura N° 21:



Figura N° 21: Método de formas alternativas o paralelas.

Fuente: Hernández R., (2015)

Para definir la validez de la muestra obtenida, se identificó la mayor cantidad de indicadores de la variable, en medición, con el fin de saber que la muestra representa un dominio amplio de la variable.

Paso 5

Mediante el uso del coeficiente de correlación de Pearson, se analizó la relación que mantienen las variables, demostrando la certeza de la hipótesis.

Paso 6

Las importancias de los criterios adquiridos durante los pasos anteriores nos ayudaron a tener un mejor panorama de lo que sucede cuando se relaciona las variables. Para confirmar las tendencias estadísticas que se obtuvo del análisis de los datos, se realizaron análisis adicionales de criterio, obtenidos en el marco teórico, que reforzaron la certeza de los resultados hallados anteriormente.

Paso 7

Como último paso, se realizaron las siguientes actividades:

1. Se revisaron los resultados obtenidos de gráficos, tablas, cuadros, etc.
2. Se organizaron los resultados.
3. Se cotejaron los resultados la congruencia y, en caso de que se haya detectado alguna inconsistencia, se volvió a la etapa de análisis.
4. Se comentó, brevemente, la esencia de los análisis, valores, tablas, diagramas y gráficos.
5. Por último, se mostró un reporte de investigación o conclusión.

CAPÍTULO III DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Descripción del proyecto

3.1.1 Descripción de la empresa

PRODUKTIVA es una constructora del GRUPO EDIFICA con más de 8 años de experiencia ejecutando edificaciones con los estándares de calidad y seguridad, requeridos por las obras y así supera las expectativas del cliente en cuanto al costo y plazo establecidos. Su filosofía se basa en agregar valor en todas las etapas del proceso constructivo, lo cual les ha permitido desarrollar una relación, a largo plazo, con todos los involucrados de los proyectos que se les encomienda.

Misión

Buscar la excelencia operacional, productividad e innovación en cada uno de los proyectos encomendados, promoviendo el desarrollo integral de sus colaboradores y maximizando rentabilidad a sus accionistas.

Visión

Ser una de las empresas constructoras líderes de edificaciones en el mercado peruano, que destaca por agregar valor a sus clientes.

Valores

Sus valores son:

- Integridad
- Proactividad
- Compromiso
- Trabajo en equipo
- Innovación

3.1.2 Descripción de la obra “Canvas”

Es un edificio multifamiliar en los que se construyen viviendas tipo departamentos y estacionamientos. Consta de 125 departamentos y 235 estacionamientos. Tiene un área de terreno de 1,104.00 m² y un área construida de 22,590.40 m². La obra está ubicada en la esquina de la Av. Pardo y la calle Gral. Borgoño (Miraflores, Lima).

La edificación consta de 20 niveles sobre el nivel de la vía y 7 sótanos. Presenta un sistema estructural mixto de concreto armado, considerando en su diseño placas, pórticos y losas. La estructura cuenta con una cimentación superficial a base de zapatas y vigas conectadas de cimentación, ubicadas por debajo del séptimo sótano.



Figura N° 22: Vistas 3D referenciales al acabado en azotea, obra “Canvas”

Fuente: Productiva



Figura N° 23: Vistas referenciales de acabados en 3D de la obra “Canvas”

Fuente: Productiva

3.1.3 Descripción de la obra “Ecoderby”

Es un edificio multifamiliar en los que se desarrollan viviendas tipo departamentos y estacionamientos. Consta de 103 departamentos y 227 estacionamientos. Tiene una área de terreno de 2,989.17 m² y una área construida de 9,251.00 m². La obra está ubicada en Av. El Derby, de la Parcelación Semi rústica El Vivero, (Santiago de Surco, Lima).

La edificación consta de 11 niveles sobre el nivel de la vía y 7 sótanos. Presenta un sistema estructural mixto de concreto armado, considerando, en su diseño placas, pórticos y losas. La estructura cuenta con una cimentación, superficial a base de zapatas y vigas conectadas de cimentación ubicadas por debajo del séptimo sótano.



Figura N° 24: Vistas referenciales, acabado azotea 2D, obra “Ecoderby”

Fuente: Inmobiliaria Fundamenta



Figura N° 25: Vistas referenciales de acabados en 3D, obra “Ecoderby”

Fuente: Inmobiliaria Fundamenta

3.1.4 Descripción de la obra “Harmony”

Es un edificio multifamiliar en los que se desarrollan viviendas tipo departamentos y estacionamientos. Consta de 108 departamentos y 119 estacionamientos. Tiene una área de terreno de 841.00 m² y una área construida de 9,251.00 m². La obra está ubicada en Av. César Vallejo N° 1375-1391 en esquina con calle Manco Segundo (Lince, Lima).

La edificación consta de 20 niveles sobre el nivel de la vía y 5 sótanos, presenta un sistema estructural mixto de concreto armado, considerando en su diseño placas, pórticos y losas. La estructura cuenta con una cimentación superficial a base de zapatas y vigas conectadas de cimentación ubicadas por debajo del quinto sótano.



Figura N° 26: Vistas referenciales, acabado azotea 3D, obra "Harmony"

Fuente: Produktiva



Figura N° 27: Vistas referenciales de acabados en 3D, obra "Harmony"

Fuente: Produktiva

2.2 Muestra

Como se identificó, anteriormente, se tiene como muestra, los indicadores más relevantes de calidad y Last Planner System, que harán posible el desarrollo de la investigación.

Tabla N° 4: Tabla de selección de muestra para la investigación.

		CANVAS	HARMONY	ECODERBY
INDICADORES LAST PLANNER SYSTEM	PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO (PPC)	x	x	x
	NÚMERO DE RESTRICCIONES REFERENTES A CALIDAD			
	NÚMERO DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS POR SEMANA	x	x	x
	CAUSA DE INCUMPLIMIENTO POR TIPO (%)			
INDICADORES DE CALIDAD	NÚMERO DE NO CONFORMIDADES	x	x	x
	CUMPLIMIENTO RFI (%)			
	CUMPLIMIENTO CERTIFICADO DE CALIDAD (%)			
	CUMPLIMIENTO DE PLANOS APC (%)			
	CUMPLIMIENTOS DE PROTOCOLOS (%)	x	x	x
	CUMPLIMIENTO DE CIERRE DE NO CONFORMIDADES (%)			
	CUMPLIMIENTO DE RESPUESTA DE NO CONFORMIDADES (%)			
	DESVIACIONES DE CUADRO DE MANDO (%)			
	COMUNICACIONES EXTERNAS (%)			

Elaboración: Los autores

En la tabla N° 4, se muestra el número total de indicadores del proyecto (población), tanto de calidad como Last Planner System, y la selección de los que consideramos más relevantes a la hora de realizar esta investigación que son los marcados por una “X”.

- Porcentaje de Plan cumplido
- Número de actividades programadas por semana
- Número de no conformidades
- Cumplimiento de protocolos

2.3 Recolección de datos

La recolección de datos se dio por el método del Análisis Documental, debido a que la constructora Productiva realizó un control y medición de los indicadores que hemos escogido por conceptos definidos, anteriormente. Estos datos representan el comportamiento que se tiene en obra con respecto a la calidad y la herramienta Last Planner System, que nos ayudaron a resolver el problema que propone esta investigación.

La recolección se realizó, semanalmente, en el que se tuvo el seguimiento conforme el avance de campo, por motivos de tiempo. Para la presentación de esta investigación se puso una fecha límite a la recolección, cual fue la semana 18 para las tres obras de estudio (Harmony, Canvas, Ecoderby).

Se tuvo el apoyo de los miembros involucrados en la realización de los formatos, así como los jefes de las áreas involucradas, esto ayudó a tener un solo concepto de los datos y sucesos que se presentaron durante la semana.

Para facilidades de recepción de los datos, se usó un instrumento que nos ayude a mantener el orden, que se tenía en obra, a fin de evitar distorsiones en su análisis.

2.3.1 Instrumento de medición

El instrumento que se utilizó fueron las tablas de Excel las cuales facilitaron el manejo y entendimiento de los datos recogidos; es un formato accesible para compartir esta información por su popularidad académica.

Se crearon formatos con la finalidad de que sea fácil de entender y llenar, se evitó redundar en datos, los cuales estuvieron enlazados a gráficos para mantener una dinámica, que permita la visualización del comportamiento de los datos ingresados. Así como también nos adaptamos a formatos establecidos por la empresa Productiva como se ve en la figura 28, 29 y 30.

Características

Se realizaron formatos para cada tipo de indicadores, en los cuales se tiene, por el lado de las filas, la información semanal y por el lado de las columnas, el nombre del proyecto, el número de las semanas, la fecha de inicio, fecha final y por último, el tipo de indicador en evaluación como se muestra en la tabla N° 5.

Tabla N° 5: Instrumento de medición semanal según indicador

PROYECTO	SEMANA	FECHA INICIO	FECHA FINAL	INDICADOR
"NOMBRE"				

Elaboración: los autores

La **tabla N° 6** muestra, en las filas, los meses en los cuales se obtuvo cierta cantidad de restricciones y en las columnas, se clasifica el estado de las restricciones.

Tabla N° 6: Instrumento de medición de restricciones mensuales

RESTRICCIONES			
Mes	Mes n°	Identificadas	Cerradas
ene-16	1		
feb-16	2		
mar-16	3		
abr-16	4		
may-16	5		
jun-16	6		
jul-16	7		

Fuente: Produktiva

En la tabla N° 7, se resume el cumplimiento de la calidad representada en porcentaje, durante cada semana.

Tabla N° 7: Instrumento de medición de Indicadores de Gestión de Calidad, resumen semanal

INDICADORES DE GESTION DE CALIDAD			FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
i.1	Cumplimiento de RFI	# RFI Levantados / # RFI Totales				
i.2	Cumplimiento de Certificados de Calidad	# Certificados de Materiales en Obra / # Materiales en Obra				
i.6	Cumplimiento de Respuesta de No Conformidades	# NCR Con Respuesta / # NCR Abiertas				
i.7	Cumplimiento de Cierre de No Conformidades	# NCR Cerradas / # NCR Totales				

Fuente: Productiva

2.4 Análisis de datos

El análisis de los datos, en un principio, fue realizado con el criterio que nos brinda los autores de estudios pasados, mencionados en el capítulo I, donde se verificó la validez y confiabilidad de los datos antes de tomarla como muestra.

Al obtener, ordenadamente, por semanas, los datos de todos los indicadores seleccionados como muestra, correlacionamos los indicadores que mantengan relación según el criterio del autor.

Para realizar la relación de los datos, se usó el coeficiente de correlación de Pearson obteniendo el grado de relación que mantienen los Indicadores de Calidad y Last Planner System, los cuales representaron el grado de relación que representan.

Se realizó un análisis diferente con las correlaciones bajas. Según Hernández R. (2014), "Una correlación de Pearson puede ser significativa, pero si es menor a 0.30 resulta débil, aunque de cualquier manera ayuda a explicar el vínculo entre las variables". También se encontró coeficiente de correlación espuria, las cuales se detectaron y fueron eliminados.

El siguiente paso fue hallar el coeficiente de determinación, esto se obtuvo elevando al cuadrado el coeficiente de correlación, de la relación de los indicadores de la calidad y LPS, esto representa, en porcentaje, la variación que de los indicadores de la calidad dentro de Last Planner y viceversa.

Por último, se realizó una inspección de los procedimientos realizados, y la congruencia de los resultados, para luego presentar las conclusiones que se presentan en el Capítulo V.

CAPÍTULO IV PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Indicadores del Last Planner System

En este punto, se muestran los valores de los indicadores del Last Planner System (Porcentaje de Plan Cumplido y número de actividades programadas) de cada proyecto (Canvas, Harmony, Ecoderby).

4.1.1 Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)

En las siguientes tablas, se muestran los PPC semanales, identificando la fecha de inicio y fin de cada semana.

Tabla N° 8: Porcentajes de Plan Cumplido proyecto “Canvas”

PROYECTO	SEMANA	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	PPC
CANVAS	SEMANA 52	19/12/2016	24/12/2016	80%
	SEMANA 53	26/12/2016	31/12/2016	81%
	SEMANA 2	02/01/2017	07/01/2017	83%
	SEMANA 3	09/01/2017	14/01/2017	85%
	SEMANA 4	16/01/2017	21/01/2017	69%
	SEMANA 5	23/01/2017	28/01/2017	76%
	SEMANA 6	30/01/2017	04/02/2017	63%
	SEMANA 7	06/02/2017	11/02/2017	71%
	SEMANA 8	13/02/2017	18/02/2017	63%
	SEMANA 9	20/02/2017	25/02/2017	41%
	SEMANA 10	27/02/2017	04/03/2017	59%
SEMANA 11	06/03/2017	11/03/2017	84%	
	SEMANA 12	13/03/2017	18/03/2017	66%
	SEMANA 13	20/03/2017	25/03/2017	68%
	SEMANA 14	27/03/2017	01/04/2017	86%
	SEMANA 15	03/04/2017	08/04/2017	47%
	SEMANA 16	10/04/2017	15/04/2017	63%
	SEMANA 17	17/04/2017	22/04/2017	64%
	SEMANA 18	24/04/2017	29/04/2017	58%

Elaboración: Los autores

En la tabla N° 8, se muestran los porcentajes semanales de plan cumplido del proyecto Canvas, teniendo como máximo un 86% que se dio en la semana 14 y un mínimo de 41% que se dio en la semana 9. En general, los porcentajes fueron bajos respecto a lo esperado por diversos motivos, en su mayoría, de programación.

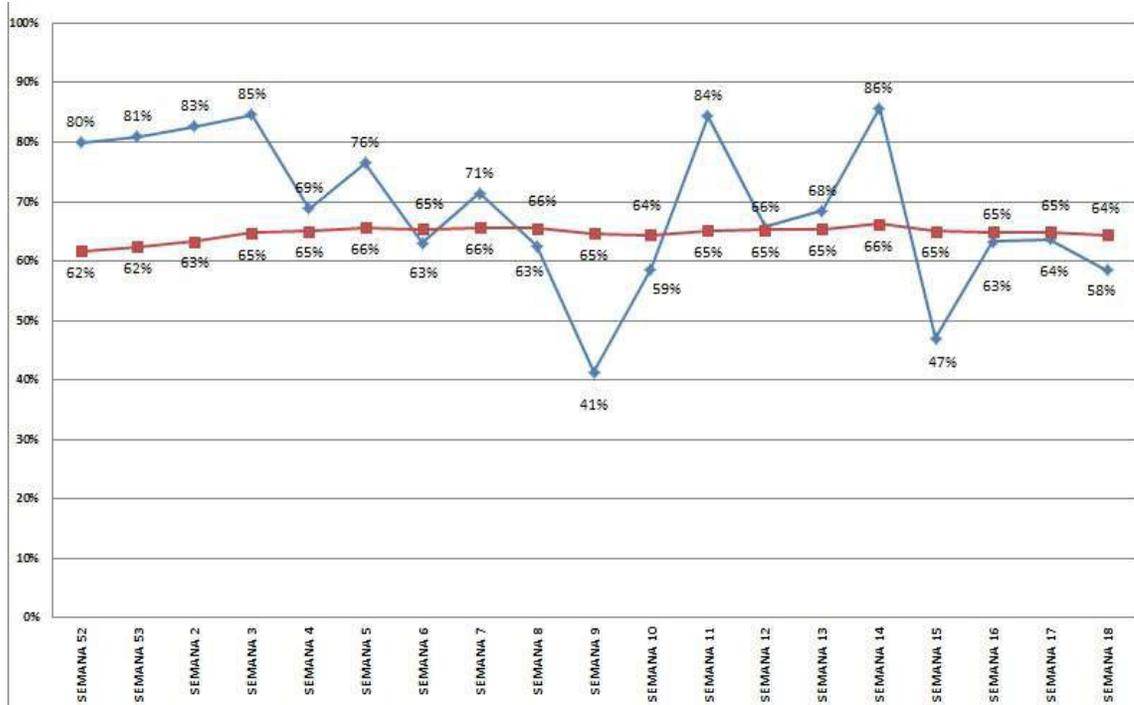


Figura N° 31: Porcentaje de PPC Semanal y Acumulado para el proyecto “Canvas”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 31, se muestra la tendencia del PPC semanal (azul) y acumulado (rojo) el cual muestra que se lleva un avance de obra de 64% a fin de la semana 18 para el proyecto “Canvas”.

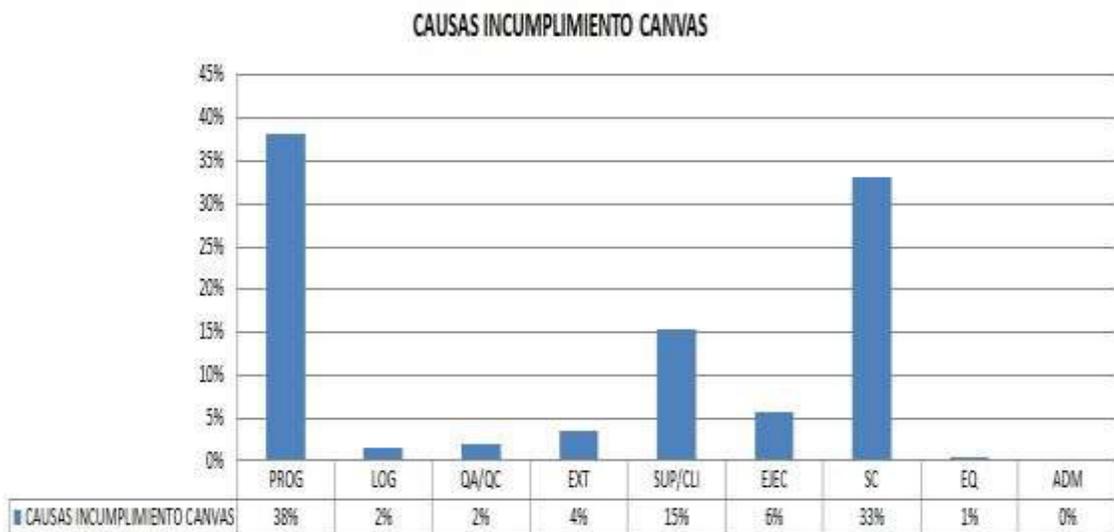


Figura N° 32: Causas de incumplimiento del PPC para el proyecto “Canvas”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 32, se muestran las principales causas de incumplimiento del PPC para este proyecto, de las cuales se resalta como la mayor, la mala programación.

Tabla N° 9: Leyenda

PROG=	PROGRAMACIÓN
LOG=	LOGÍSTICA
QA/QC=	CONTROL DE CALIDAD
EXT=	EXTERNOS
SUP/CLI=	CLIENTE/SUPERVISIÓN
EJEC=	ERRORES DE EJECUCIÓN
SC=	SUBCONTRATAS
EQ=	EQUIPOS
ADM=	ADMINISTRATIVOS

Elaboración: Los autores

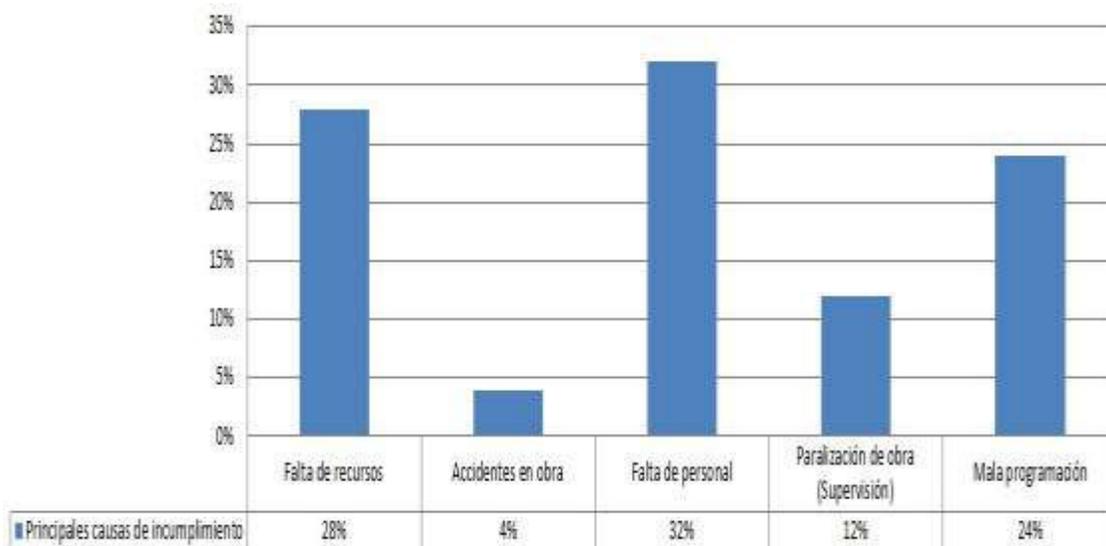


Figura N° 33: Causas de una mala programación en el incumplimiento del PPC para el proyecto “Canvas”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 33, se muestran las causas que originan una mala programación y como consecuencia, el “No Cumplimiento” del PPC como vemos el gráfico. Lo que causa (en mayor porcentaje) una mala programación es la falta de personal para realizar cada una de las actividades.

Tabla N° 10: Porcentajes de Plan Cumplido proyecto “Harmony”

PROYECTO	SEMANA	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	PPC
HARMONY	SEMANA 45	31/10/2016	05/11/2016	89%
	SEMANA 46	07/11/2016	12/11/2016	64%
	SEMANA 47	14/11/2016	19/11/2016	100%
	SEMANA 48	21/11/2016	26/11/2016	62%
	SEMANA 49	28/11/2016	03/11/2016	27%
	SEMANA 50	05/12/2016	10/12/2016	0%
	SEMANA 51	12/12/2016	17/12/2016	0%
	SEMANA 52	19/12/2016	24/12/2016	27%
	SEMANA 53	26/12/2016	31/12/2016	9%
	SEMANA 2	02/01/2017	07/01/2017	45%
	SEMANA 3	09/01/2017	14/01/2017	0%
	SEMANA 4	16/01/2017	21/01/2017	50%
	SEMANA 5	23/01/2017	28/01/2017	9%
	SEMANA 6	30/01/2017	04/02/2017	0%
	SEMANA 7	06/02/2017	11/02/2017	0%
	SEMANA 8	13/02/2017	18/02/2017	52%
	SEMANA 9	20/02/2017	25/02/2017	96%
	SEMANA 10	27/02/2017	04/03/2017	96%
	SEMANA 11	06/03/2017	11/03/2017	89%
	SEMANA 12	13/03/2017	18/03/2017	72%
SEMANA 13	20/03/2017	25/03/2017	69%	
SEMANA 14	27/03/2017	01/04/2017	86%	

SEMANA 15	03/04/2017	08/04/2017	77%
SEMANA 16	10/04/2017	15/04/2017	83%
SEMANA 17	17/04/2017	22/04/2017	80%
SEMANA 18	24/04/2017	29/04/2017	55%

Elaboración: Los autores

En la tabla N° 10 apreciamos los PPC semanales del proyecto Harmony donde se ve que 4 semanas (semana 50, 51, 3, 6 y 7) tienen 0%, esto debido a fenómenos naturales en este caso Huaycos que impidieron la realización de las distintas actividades programadas.

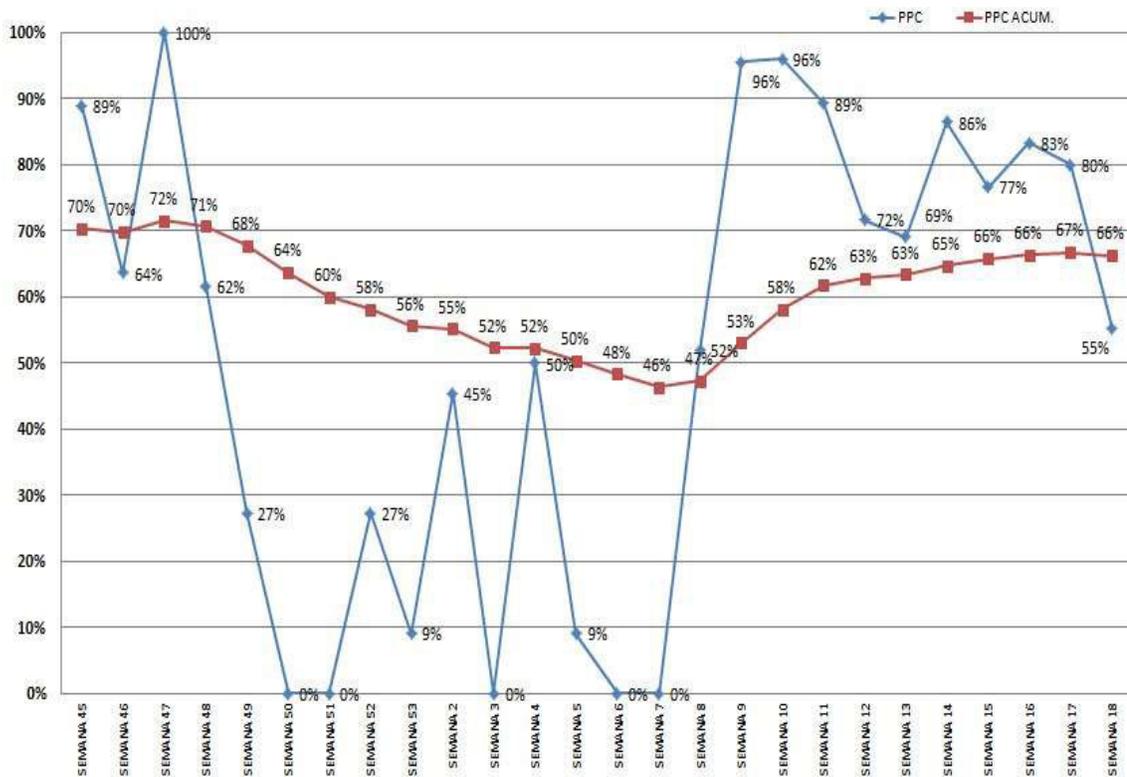


Figura N° 34: PPC Semanal y Acumulado para el proyecto “Harmony”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 34, se muestra la tendencia del PPC semanal (azul) y acumulado (rojo) el cual muestra que se lleva un avance de obra de 66% a fin de la semana 18 para el proyecto “Harmony”.

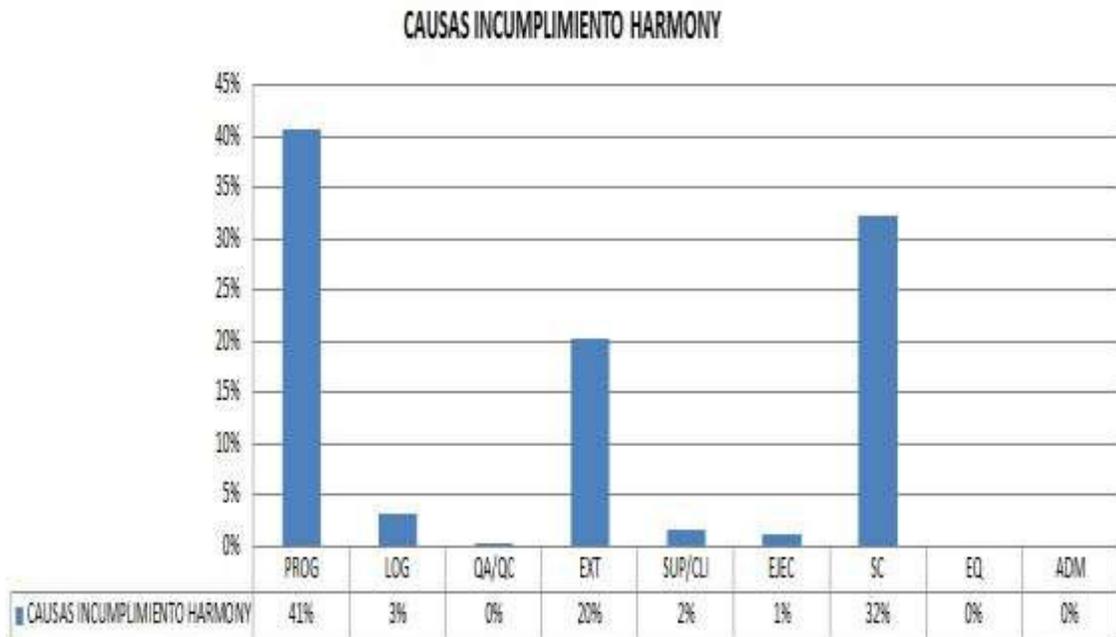


Figura N° 35: Causas de incumplimiento del PPC para el proyecto “Harmony”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 35, se muestran las principales causas de incumplimiento del PPC para este proyecto, de las cuales se resalta como la principal, una mala programación.

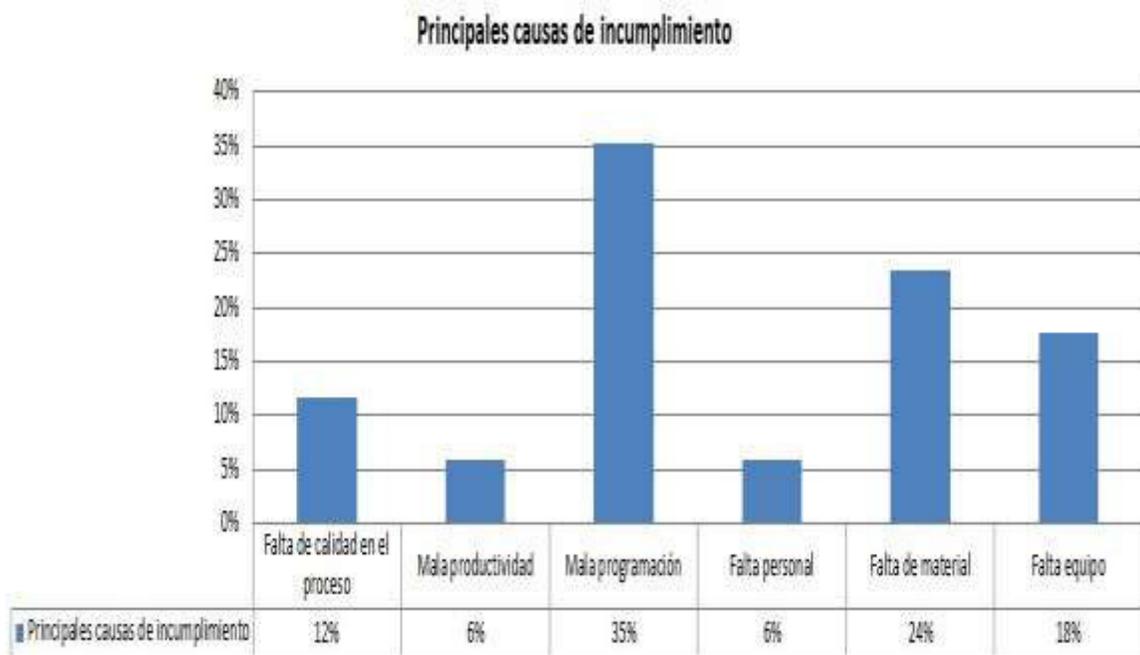


Figura N° 36: Causas de una mala programación en el incumplimiento del PPC para el proyecto “Harmony”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 36, se muestran las causas que originan una mala programación y como consecuencia, el “no cumplimiento” del PPC, como vemos el gráfico. Lo que causa (en mayor porcentaje) una mala programación, es aquella programación propiamente dicha (programación de actividades, documentación faltante).

Tabla N° 11: Porcentajes de Plan Cumplido proyecto “Ecoderby”

PROYECTO	SEMANA	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	PPC
ECODERBY	SEMANA 51	12/12/2016	17/12/2016	22%
	SEMANA 52	19/12/2016	24/12/2016	52%
	SEMANA 53	26/12/2016	31/12/2016	86%
	SEMANA 2	02/01/2017	07/01/2017	77%
	SEMANA 3	09/01/2017	14/01/2017	59%
	SEMANA 4	16/01/2017	21/01/2017	42%
	SEMANA 5	23/01/2017	28/01/2017	89%
	SEMANA 6	30/01/2017	04/02/2017	83%
	SEMANA 7	06/02/2017	11/02/2017	69%
	SEMANA 8	13/02/2017	18/02/2017	65%
	SEMANA 9	20/02/2017	25/02/2017	65%
	SEMANA 10	27/02/2017	04/03/2017	74%
	SEMANA 11	06/03/2017	11/03/2017	44%
	SEMANA 12	13/03/2017	18/03/2017	36%
	SEMANA 13	20/03/2017	25/03/2017	60%
	SEMANA 14	27/03/2017	01/04/2017	31%
	SEMANA 15	03/04/2017	08/04/2017	39%
	SEMANA 16	10/04/2017	15/04/2017	43%
SEMANA 17	17/04/2017	22/04/2017	45%	
SEMANA 18	24/04/2017	29/04/2017	42%	

Elaboración: Los autores

Y, por último, se muestra la tabla N° 11 correspondiente al proyecto Ecoderby, la cual nos muestra, en su mayoría, porcentajes bajos, con un máximo de 89% (semana 5) y un mínimo de 22% (semana 51).

En los tres proyectos se observan porcentajes bajos, esto debido a que no se llevó una buena programación que permita obtener resultados esperados.

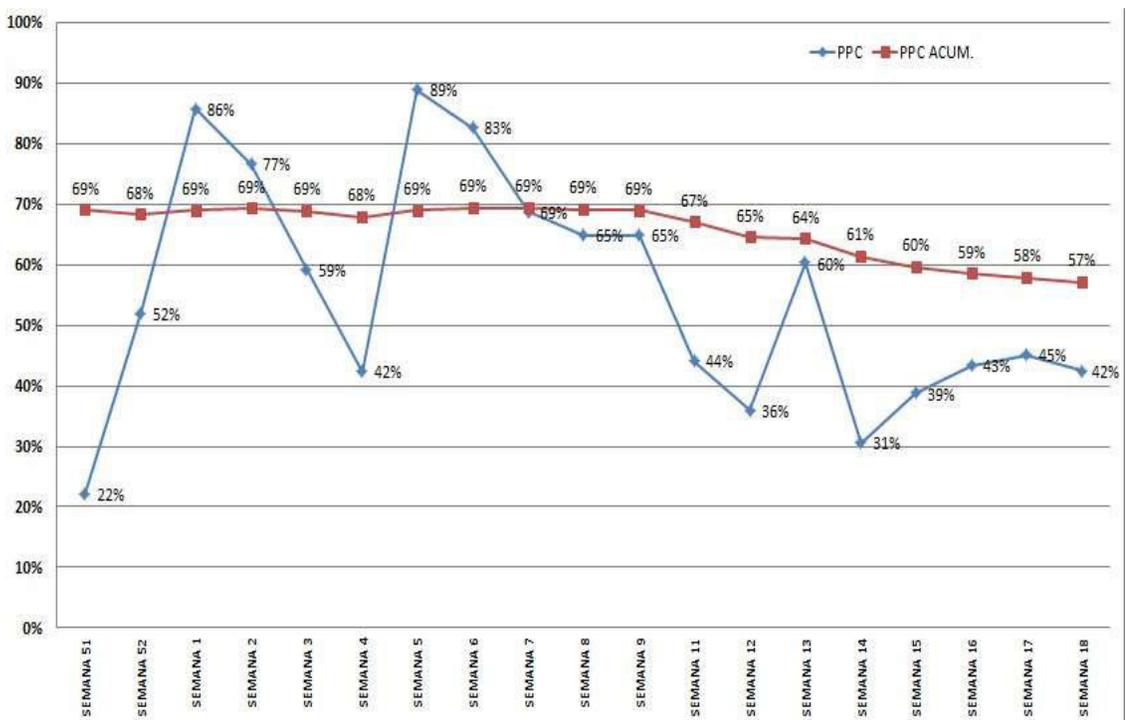


Figura N° 37: PPC Semanal y Acumulado para el proyecto “Ecoderby”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 37, se muestra la tendencia del PPC semanal (azul) y acumulado (rojo) el cual muestra que se lleva un avance de obra de 57% a fin de la semana 18 para el proyecto “Ecoderby”.

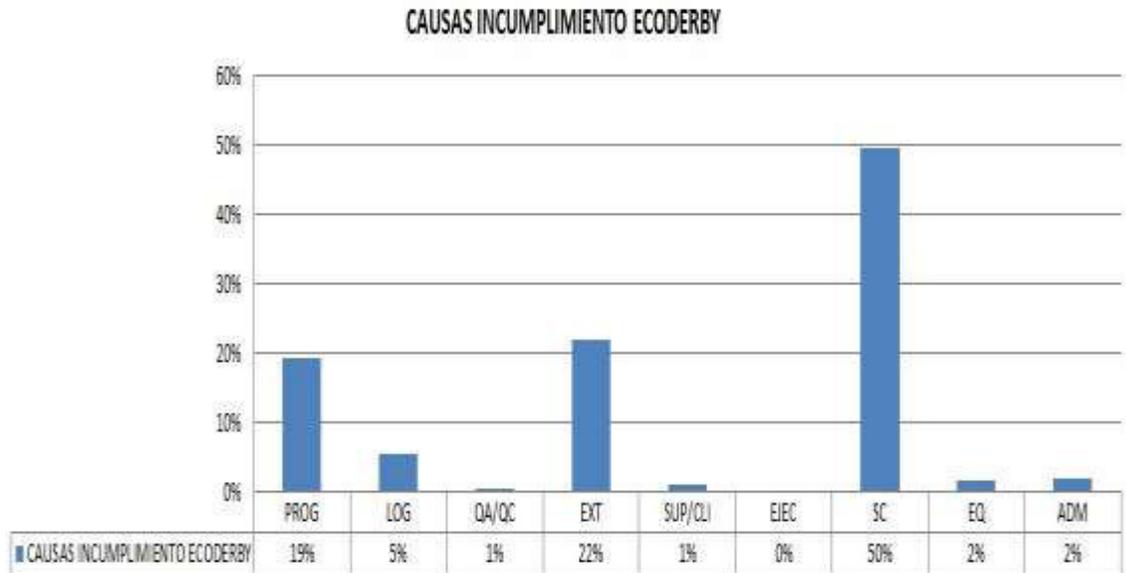


Figura N° 38: Causas de incumplimiento del PPC para el proyecto “Ecoderby”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 38, se muestran las principales causas de incumplimiento del PPC para este proyecto, de las cuales se resalta como la principal; problemas con el subcontratista.

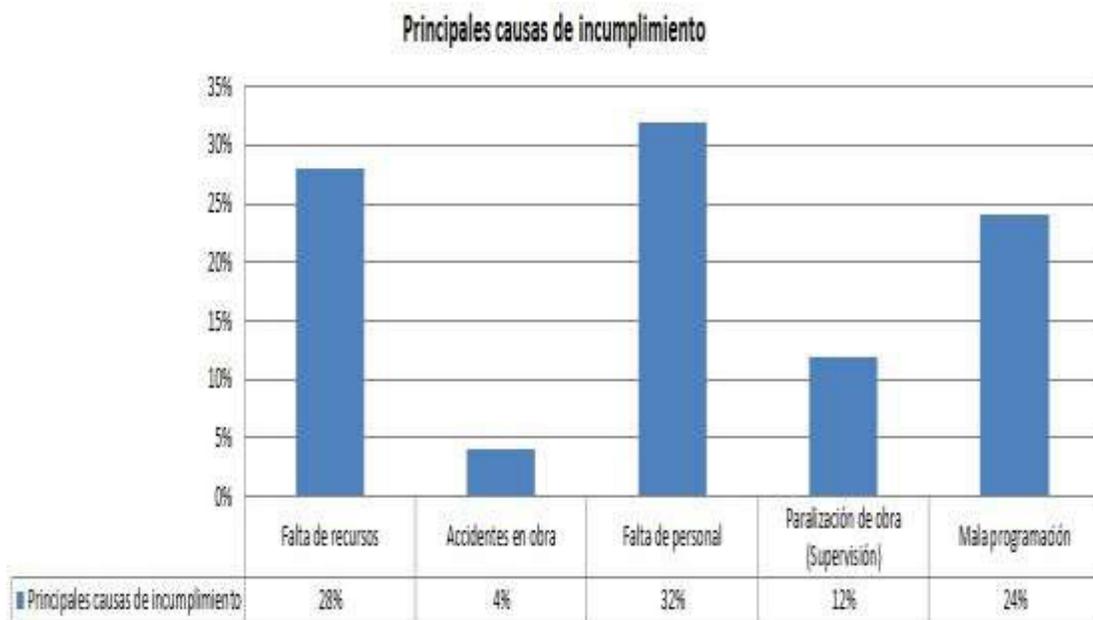


Figura N° 39: Causas de una mala programación en el incumplimiento del PPC para el proyecto “Ecoderby”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 39, se muestran las causas que originan una mala programación y como consecuencia el “No Cumplimiento” del PPC como vemos el gráfico. Lo que causa, en mayor porcentaje, una mala programación es la falta de personal para realizar cada una de las actividades.

4.1.2 Número de actividades programadas:

Es el otro indicador del Last Planner System que, a criterio de los autores ayudará a cumplir los objetivos trazados.

Del mismo modo que con el PPC, se mostrar datos semanales para los tres proyectos.

Tabla N° 1211: Número de actividades programadas semanalmente del proyecto “Canvas”

PROYECTO	SEMANA	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	N° ACTIVIDADES PROGRAMADAS
CANVAS	SEMANA 52	19/12/2016	24/12/2016	20
	SEMANA 53	26/12/2016	31/12/2016	21
	SEMANA 2	02/01/2017	07/01/2017	23
	SEMANA 3	09/01/2017	14/01/2017	39
	SEMANA 4	16/01/2017	21/01/2017	45
	SEMANA 5	23/01/2017	28/01/2017	34
	SEMANA 6	30/01/2017	04/02/2017	46
	SEMANA 7	06/02/2017	11/02/2017	28
	SEMANA 8	13/02/2017	18/02/2017	32
	SEMANA 9	20/02/2017	25/02/2017	29
	SEMANA 10	27/02/2017	04/03/2017	29
	SEMANA 11	06/03/2017	11/03/2017	32
	SEMANA 12	13/03/2017	18/03/2017	35
	SEMANA 13	20/03/2017	25/03/2017	38
	SEMANA 14	27/03/2017	01/04/2017	42
	SEMANA 15	03/04/2017	08/04/2017	66
	SEMANA 16	10/04/2017	15/04/2017	60
	SEMANA 17	17/04/2017	22/04/2017	55
SEMANA 18	24/04/2017	29/04/2017	77	

Elaboración: Los autores

En la tabla N° 12, se muestra el número de actividades programadas semanalmente del proyecto “Canvas”. Se inició (semana 52) con

20 actividades y luego fue incrementado hasta llegar a 77 (semana 18). Este aumento de actividades se debió al incremento del frente de trabajo y partidas necesarias para seguir con el avance del proyecto.



Figura N° 40: Número de actividades programadas para el proyecto “Canvas”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 40, se muestra la tendencia del número de actividades programadas explicadas anteriormente.

Tabla N° 13: Número de actividades programadas semanalmente del proyecto “Harmony”

PROYECTO	SEMANA	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	NUMERO DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS
HARMONY	SEMANA 45	31/10/2016	05/11/2016	9
	SEMANA 46	07/11/2016	12/11/2016	11
	SEMANA 47	14/11/2016	19/11/2016	8
	SEMANA 48	21/11/2016	26/11/2016	13
	SEMANA 49	28/11/2016	03/11/2016	11
	SEMANA 50	05/12/2016	10/12/2016	11
	SEMANA 51	12/12/2016	17/12/2016	11
	SEMANA 52	19/12/2016	24/12/2016	11
	SEMANA 53	26/12/2016	31/12/2016	11
	SEMANA 2	02/01/2017	07/01/2017	12
	SEMANA 3	09/01/2017	14/01/2017	12
	SEMANA 4	16/01/2017	21/01/2017	11
	SEMANA 5	23/01/2017	28/01/2017	11
	SEMANA 6	30/01/2017	04/02/2017	11
	SEMANA 7	06/02/2017	11/02/2017	11
	SEMANA 8	13/02/2017	18/02/2017	52
	SEMANA 9	20/02/2017	25/02/2017	45
	SEMANA 10	27/02/2017	04/03/2017	51
	SEMANA 11	06/03/2017	11/03/2017	56
	SEMANA 12	13/03/2017	18/03/2017	60
	SEMANA 13	20/03/2017	25/03/2017	55
	SEMANA 14	27/03/2017	01/04/2017	37
	SEMANA 15	03/04/2017	08/04/2017	60
	SEMANA 16	10/04/2017	15/04/2017	24
SEMANA 17	17/04/2017	22/04/2017	20	
SEMANA 18	24/04/2017	29/04/2017	29	

Elaboración: Los autores

Para el proyecto “Harmony” (tabla N° 13) se tiene como máximo número de actividades 60 (semanas 12 y 15) y como mínimo 8 (semana 47). El cambio más notorio se da entre la semana 7 y 8 al pasar de 11 actividades a 52, esto debido a que, en la semana 7, se culminaron trabajos de subestructura y en la 6, al iniciar trabajos de superestructura, el número de partidas aumenta.

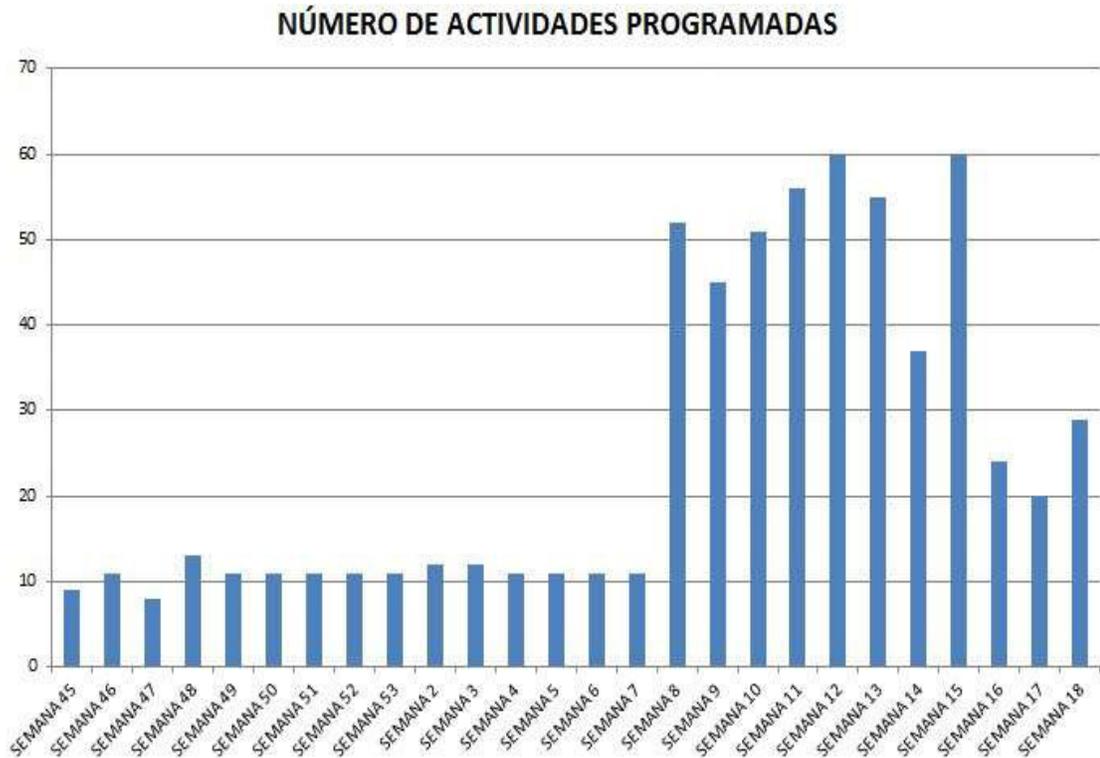


Figura N° 41: Número de actividades programadas para el proyecto “Harmony”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 41, se muestra la tendencia del número de actividades programadas explicadas anteriormente.

Tabla N° 14: Número de actividades programadas semanalmente del proyecto “Ecoderby”

PROYECTO	SEMANA	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	NUMERO DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS
ECODERBY	SEMANA 51	12/12/2016	17/12/2016	27
	SEMANA 52	19/12/2016	24/12/2016	25
	SEMANA 53	26/12/2016	31/12/2016	21
	SEMANA 2	02/01/2017	07/01/2017	30
	SEMANA 3	09/01/2017	14/01/2017	27
	SEMANA 4	16/01/2017	21/01/2017	26
	SEMANA 5	23/01/2017	28/01/2017	36
	SEMANA 6	30/01/2017	04/02/2017	23
	SEMANA 7	06/02/2017	11/02/2017	32
	SEMANA 8	13/02/2017	18/02/2017	37
	SEMANA 9	20/02/2017	25/02/2017	37
	SEMANA 10	27/02/2017	04/03/2017	45
	SEMANA 11	06/03/2017	11/03/2017	68
	SEMANA 12	13/03/2017	18/03/2017	77
	SEMANA 13	20/03/2017	25/03/2017	68
	SEMANA 14	27/03/2017	01/04/2017	98
	SEMANA 15	03/04/2017	08/04/2017	98
	SEMANA 16	10/04/2017	15/04/2017	83
SEMANA 17	17/04/2017	22/04/2017	71	
SEMANA 18	24/04/2017	29/04/2017	73	

Elaboración: Los autores

En la última tabla mostrada (tabla N° 14), perteneciente al proyecto “Ecoderby”, se tiene un máximo de 98 actividades (semanas 14 y 15) y un mínimo de 21. El motivo del incremento es el anteriormente mencionado para los demás proyectos, ya que el procedimiento de ejecución para las tres obras es bastante similar.

Cabe mencionar que la diferencia existente entre el número de actividades para cada proyecto se debe a la magnitud de los mismos.



Figura N° 42: Número de actividades programadas para el proyecto “Ecoderby”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 42, se muestra la tendencia del número de actividades programadas explicadas anteriormente.

4.2 Indicadores de calidad

En este punto, se muestran los valores de los indicadores de la calidad (Número de no conformidades y cumplimiento de protocolos de cada proyecto (Canvas, Harmony, Ecoderby)).

4.2.1 Cumplimiento de protocolos

En las siguientes tablas, se muestra el porcentaje de cumplimiento de protocolos de cada semana.

Tabla N° 15: Cumplimiento de protocolos del proyecto “Canvas”

PROYECTO	SEMANA	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	CUMPLIMIENTO DE PROTOCOLOS
CANVAS	SEMANA 52	19/12/2016	24/12/2016	100%
	SEMANA 53	26/12/2016	31/12/2016	100%
	SEMANA 2	02/01/2017	07/01/2017	100%
	SEMANA 3	09/01/2017	14/01/2017	100%
	SEMANA 4	16/01/2017	21/01/2017	99%
	SEMANA 5	23/01/2017	28/01/2017	98%
	SEMANA 6	30/01/2017	04/02/2017	98%
	SEMANA 7	06/02/2017	11/02/2017	100%
	SEMANA 8	13/02/2017	18/02/2017	100%
	SEMANA 9	20/02/2017	25/02/2017	100%
	SEMANA 10	27/02/2017	04/03/2017	100%
	SEMANA 11	06/03/2017	11/03/2017	95%
	SEMANA 12	13/03/2017	18/03/2017	100%
	SEMANA 13	20/03/2017	25/03/2017	100%
SEMANA 14	27/03/2017	01/04/2017	100%	

	SEMANA 15	03/04/2017	08/04/2017	93%
	SEMANA 16	10/04/2017	15/04/2017	100%
	SEMANA 17	17/04/2017	22/04/2017	100%
	SEMANA 18	24/04/2017	29/04/2017	100%

Elaboración: Los autores

Para el proyecto “Canvas” (tabla N° 15), se tienen porcentajes, en su mayoría del 100%, como mínimo un 93% (semana 15) y el resto varía, en un rango de 95–99%.

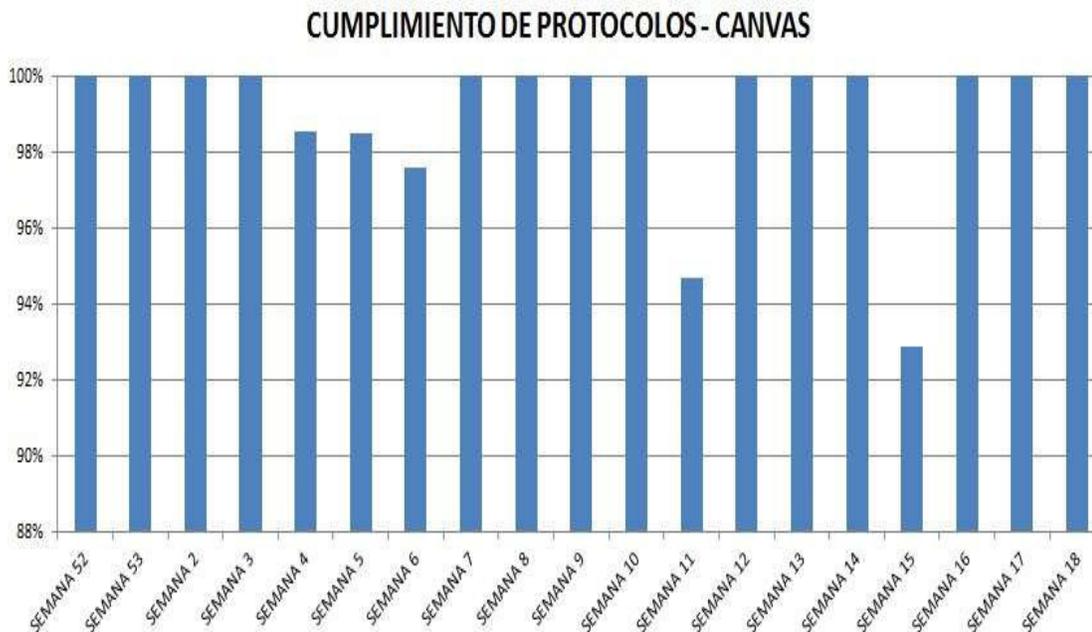


Figura N° 43: Cumplimiento de Protocolo para el proyecto “Canvas”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 43, se muestra la tendencia del cumplimiento de protocolos explicados, anteriormente.

Tabla N° 16: Cumplimiento de protocolos del proyecto “Harmony”

PROYECTO	SEMANA	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	CUMPLIMIENTO DE PROTOCOLOS
HARMONY	SEMANA 45	31/10/2016	05/11/2016	100%
	SEMANA 46	07/11/2016	12/11/2016	100%
	SEMANA 47	14/11/2016	19/11/2016	100%
	SEMANA 48	21/11/2016	26/11/2016	80%
	SEMANA 49	28/11/2016	03/11/2016	95%
	SEMANA 50	05/12/2016	10/12/2016	100%
	SEMANA 51	12/12/2016	17/12/2016	100%
	SEMANA 52	19/12/2016	24/12/2016	100%
	SEMANA 53	26/12/2016	31/12/2016	100%
	SEMANA 2	02/01/2017	07/01/2017	75%
	SEMANA 3	09/01/2017	14/01/2017	100%
	SEMANA 4	16/01/2017	21/01/2017	80%
	SEMANA 5	23/01/2017	28/01/2017	95%
	SEMANA 6	30/01/2017	04/02/2017	90%
	SEMANA 7	06/02/2017	11/02/2017	95%
	SEMANA 8	13/02/2017	18/02/2017	100%
	SEMANA 9	20/02/2017	25/02/2017	100%
	SEMANA 10	27/02/2017	04/03/2017	100%
	SEMANA 11	06/03/2017	11/03/2017	100%
	SEMANA 12	13/03/2017	18/03/2017	100%
	SEMANA 13	20/03/2017	25/03/2017	100%
	SEMANA 14	27/03/2017	01/04/2017	100%
	SEMANA 15	03/04/2017	08/04/2017	100%
	SEMANA 16	10/04/2017	15/04/2017	100%
SEMANA 17	17/04/2017	22/04/2017	100%	
SEMANA 18	24/04/2017	29/04/2017	100%	

Elaboración: Los autores

En la tabla N° 16, se ve el control desde la semana 45 hasta la semana 18 (proyecto “Harmony”) lo más resaltante es que todas las semanas tienen un cumplimiento de protocolos del 100%.

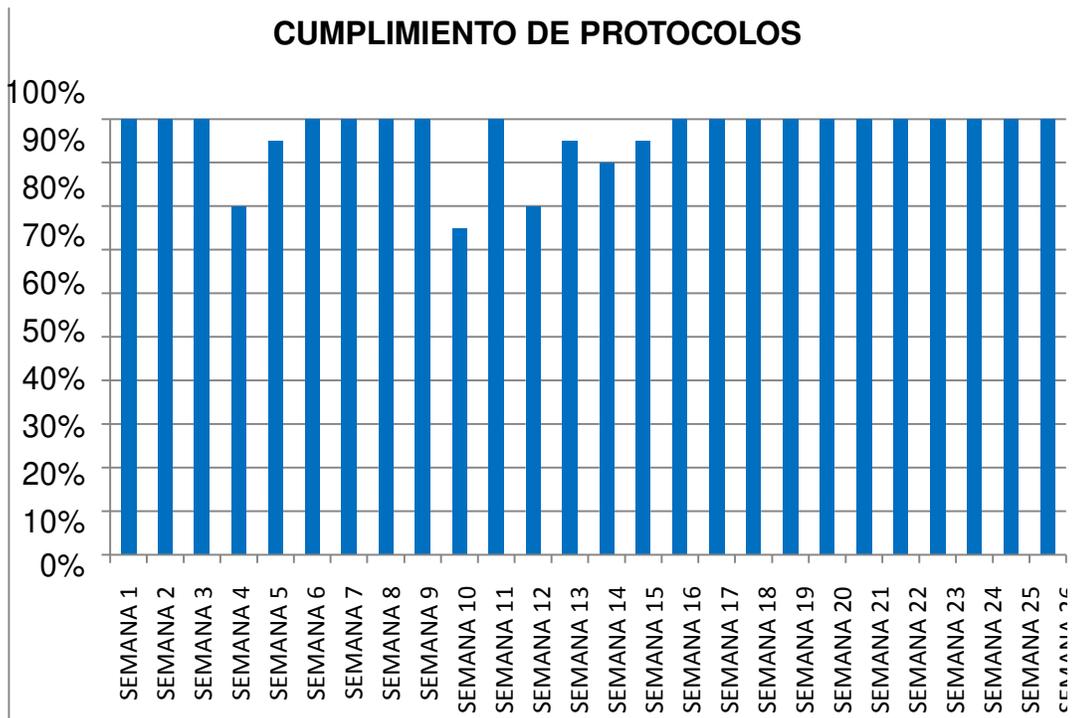


Figura N° 44: Cumplimiento de Protocolo para el proyecto “Harmony”

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 44, se muestra la tendencia del cumplimiento de protocolos explicados, anteriormente.

Tabla N° 17: Cumplimiento de protocolos del proyecto “Ecoderby”

PROYECTO	SEMANA	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	CUMPLIMIENTO DE PROTOCOLOS
ECODERBY	SEMANA 51	12/12/2016	17/12/2016	93%
	SEMANA 52	19/12/2016	24/12/2016	100%
	SEMANA 53	26/12/2016	31/12/2016	83%
	SEMANA 2	02/01/2017	07/01/2017	99%
	SEMANA 3	09/01/2017	14/01/2017	78%
	SEMANA 4	16/01/2017	21/01/2017	87%
	SEMANA 5	23/01/2017	28/01/2017	94%
	SEMANA 6	30/01/2017	04/02/2017	100%
	SEMANA 7	06/02/2017	11/02/2017	91%
	SEMANA 8	13/02/2017	18/02/2017	97%
	SEMANA 9	20/02/2017	25/02/2017	100%
	SEMANA 10	27/02/2017	04/03/2017	100%
	SEMANA 11	06/03/2017	11/03/2017	93%
	SEMANA 12	13/03/2017	18/03/2017	83%
	SEMANA 13	20/03/2017	25/03/2017	85%
	SEMANA 14	27/03/2017	01/04/2017	83%
	SEMANA 15	03/04/2017	08/04/2017	81%
	SEMANA 16	10/04/2017	15/04/2017	97%
SEMANA 17	17/04/2017	22/04/2017	99%	
SEMANA 18	24/04/2017	29/04/2017	70%	

Elaboración: Los autores

En la última tabla, perteneciente al proyecto “Ecoderby”, a diferencia de los otros dos proyectos, no se ven porcentajes tan elevados, siendo porcentajes que van desde 70% (semana 18) o 78% (semana 3) y solo 4 semanas que llegan al máximo de 100% (semanas 52, 6, 9 y 10).

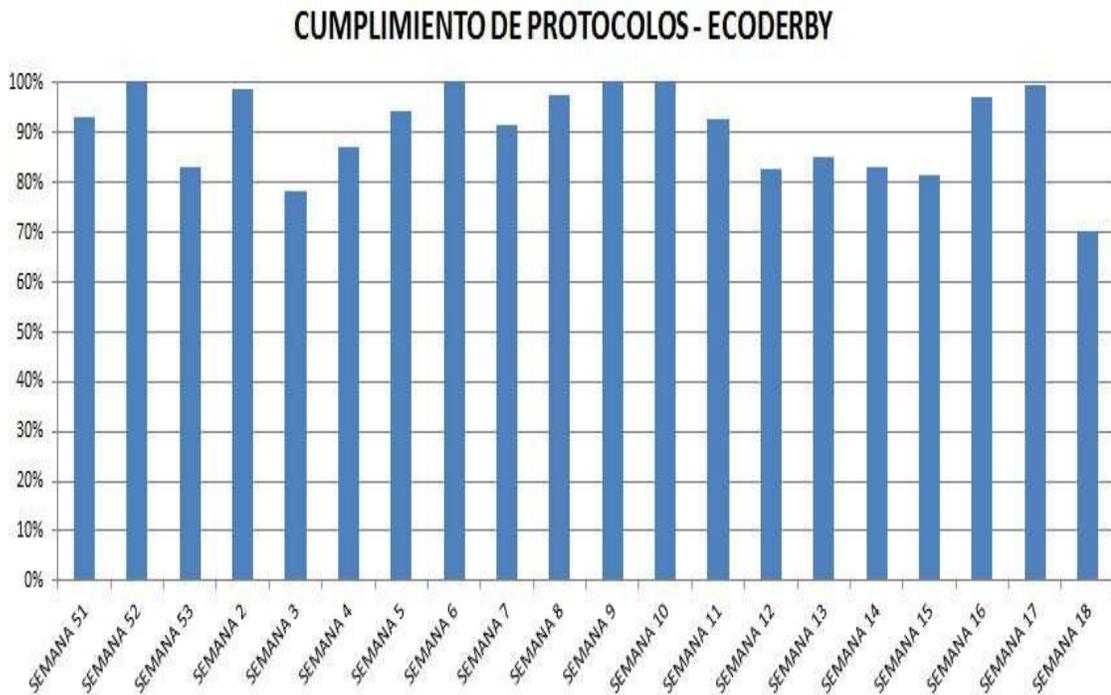


Figura N° 45: Cumplimiento de Protocolo para el proyecto “Ecoderby”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 45, se muestra la tendencia del cumplimiento de protocolos explicados, anteriormente.

4.2.2 Número de No Conformidades

Para este indicador, a diferencia de los demás, la muestra de datos se dio, de manera mensual para los tres proyectos, tanto de número de No Conformidades como de PPC.

Tabla N° 18: Número de No Conformidades del proyecto “Canvas”

Proyecto	Semana	PPC	NCR identificadas
CANVAS	mayo	52%	1
	junio	67%	30
	julio	63%	16
	agosto	59%	6
	septiembre	65%	22
	octubre	54%	5
	noviembre	72%	14
	diciembre	82%	17
	enero	78%	20
	febrero	60%	32
	marzo	73%	40
	abril	58%	34

Elaboración: Los autores

La tabla N° 18 (proyecto “Canvas”) nos muestra mayor número de No Conformidades, en los últimos meses febrero, marzo y abril (32, 40 y 34). También nos muestra los PPC (Porcentaje de Plan Cumplido), pero esta vez de manera mensual.

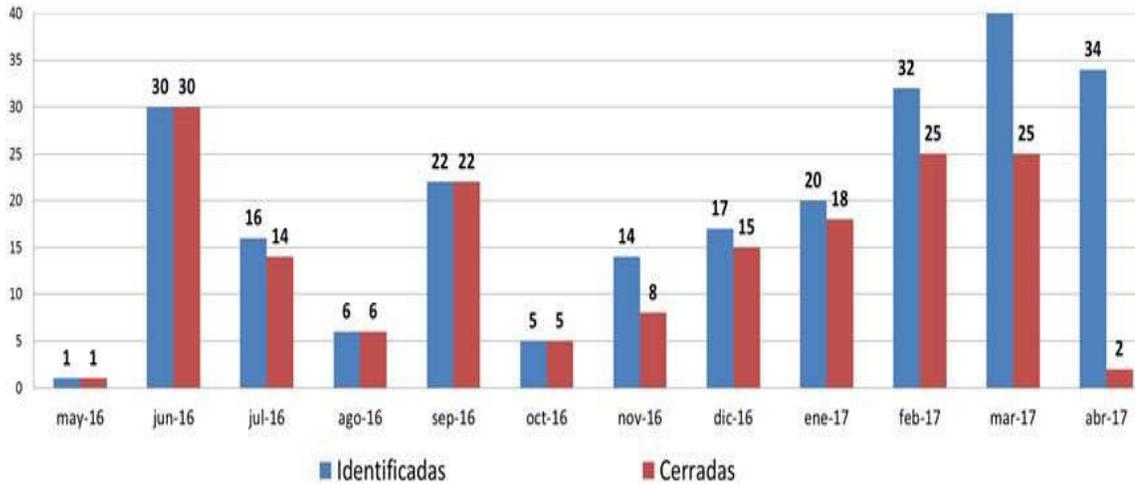


Figura N° 46: Número de No Conformidades identificadas y cerradas en el proyecto “Canvas”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 46, se muestra la tendencia del número de No Conformidades identificadas y cerradas, explicadas anteriormente.

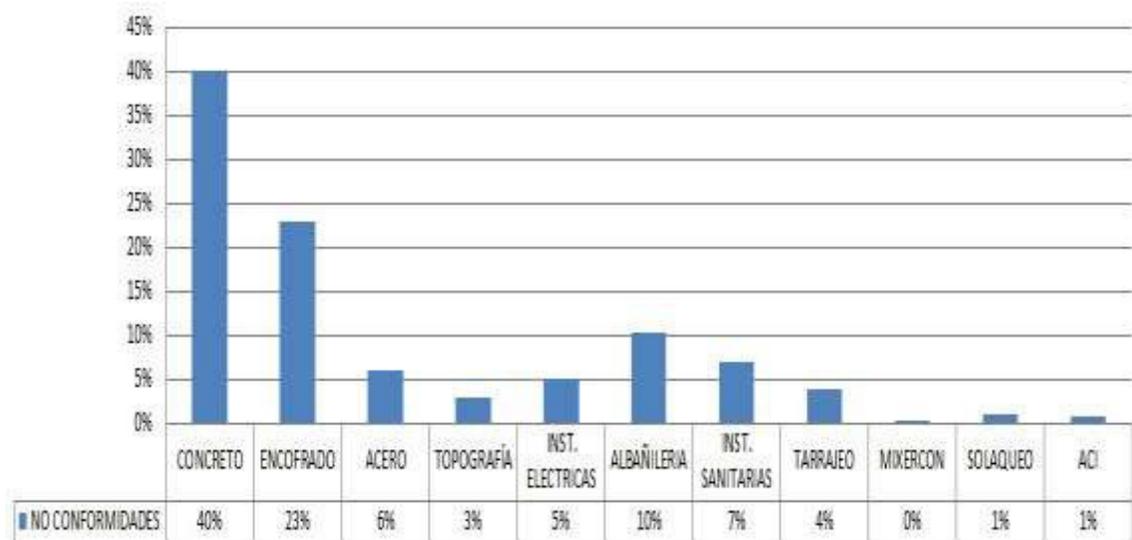


Figura N° 47: Partidas en las cuales se originó mayor número de No Conformidades en el proyecto “Canvas”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 47, se muestran las partidas en las cuales se originó mayor número de No Conformidades para este proyecto, siendo la de mayor porcentaje el Concreto, seguido del encofrado.

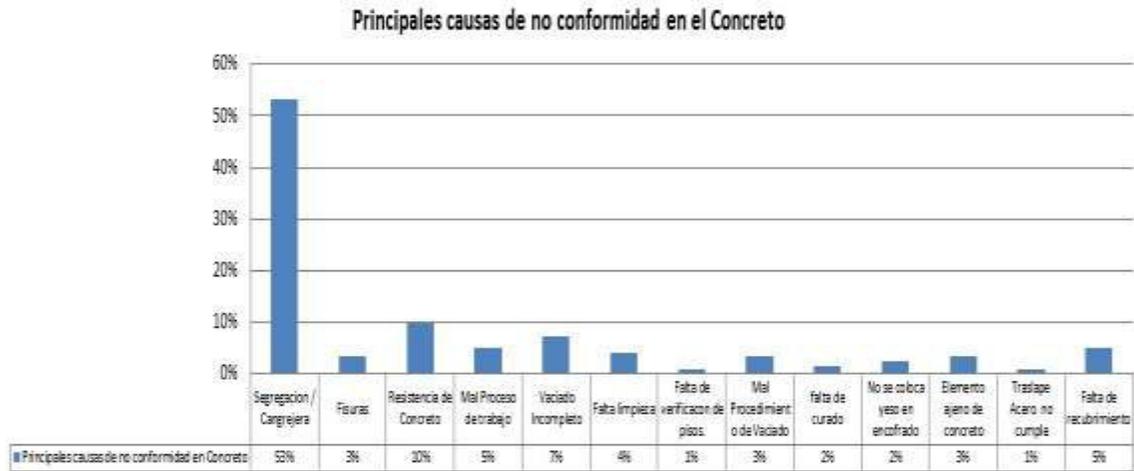


Figura N° 48: Principales problemas con el concreto que originaron No Conformidades en el proyecto “Canvas”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 48, se muestra que el mayor problema que existe en el concreto para esta obra es la segregación lo que posteriormente trajo problemas de No Conformidad.

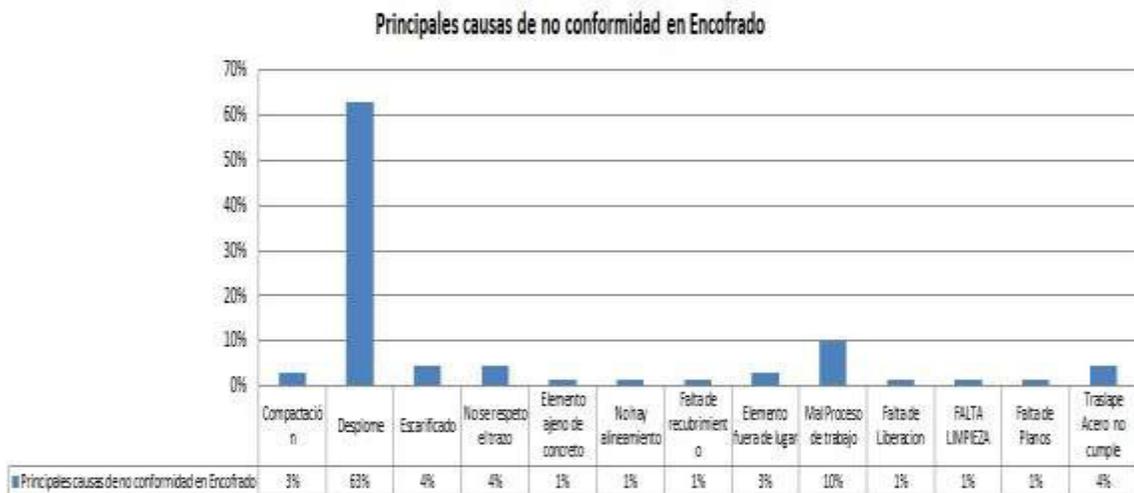


Figura N° 49: Principales problemas con el encofrado que originaron No Conformidades en el proyecto “Canvas”.

Elaboración: Los autores

En la figura N° 49, se muestra que el mayor problema que existe en el encofrado para esta obra es el desplome, lo que posteriormente trajo problemas de No Conformidad.

Tabla N° 19: Número de No Conformidades del proyecto “Harmony”

Proyecto	Semana	PPC	NCR identificadas
HARMONY	mayo	0%	0
	junio	0%	0
	julio	0%	0
	agosto	53%	1
	septiembre	89%	5
	octubre	65%	0
	noviembre	79%	3
	diciembre	13%	45
	enero	26%	58
	febrero	37%	8
	marzo	83%	10
	abril	74%	4

Elaboración: Los autores

El proyecto “Harmony” (tabla N° 19) muestra valores altos de No Conformidad, en los meses de diciembre, enero y marzo, que son los meses, en los cuales se tiene menor PPC.

HARMONY- NCR Identificadas y Cerradas

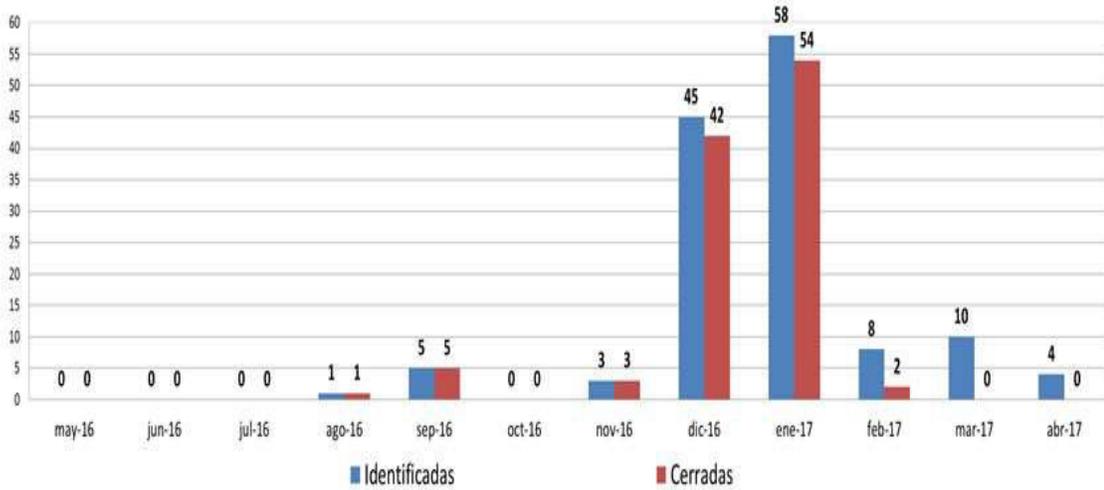


Figura N° 50: Número de No Conformidades identificadas y cerradas para el proyecto “Harmony”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 50, se muestra la tendencia del número de No Conformidades identificadas y cerradas, explicadas anteriormente.

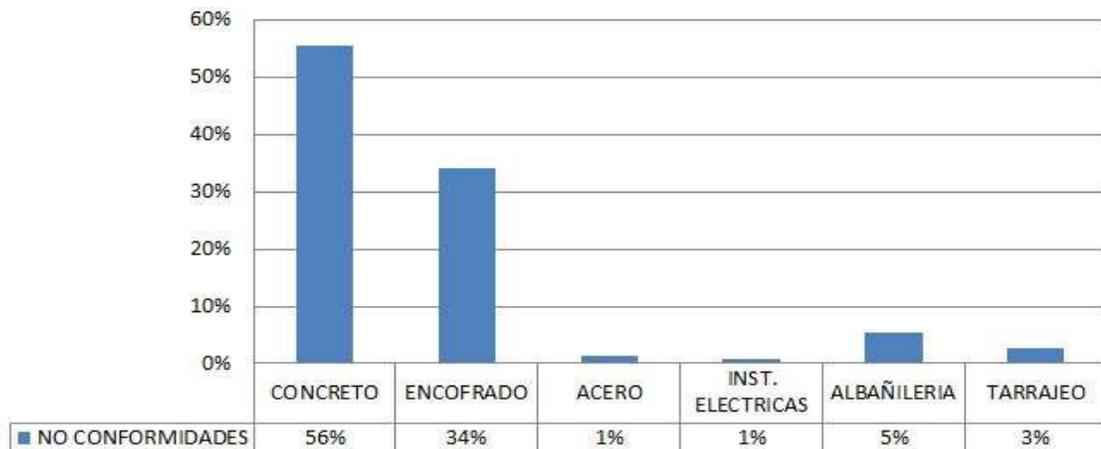


Figura N° 51: Partidas en las cuales se originó mayor número de No Conformidades en el proyecto “Harmony”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 51, se muestran las partidas, en las cuales, se originó mayor número de No Conformidades para este proyecto, siendo la de mayor porcentaje el Concreto, seguido del encofrado.

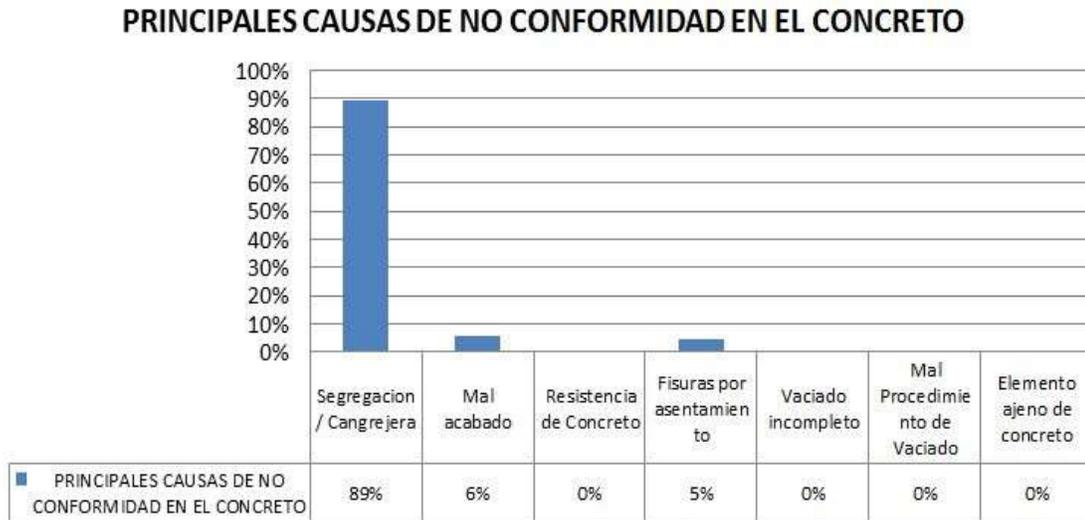


Figura N° 52: Principales problemas con el concreto que originaron No Conformidades en el proyecto “Harmony”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 52, se muestra que el mayor problema, que existe en el concreto para esta obra, es la segregación lo que posteriormente trajo problemas de No Conformidad.

PRINCIPALES CAUSAS DE NO CONFORMIDAD EN EL ENCOFRADO

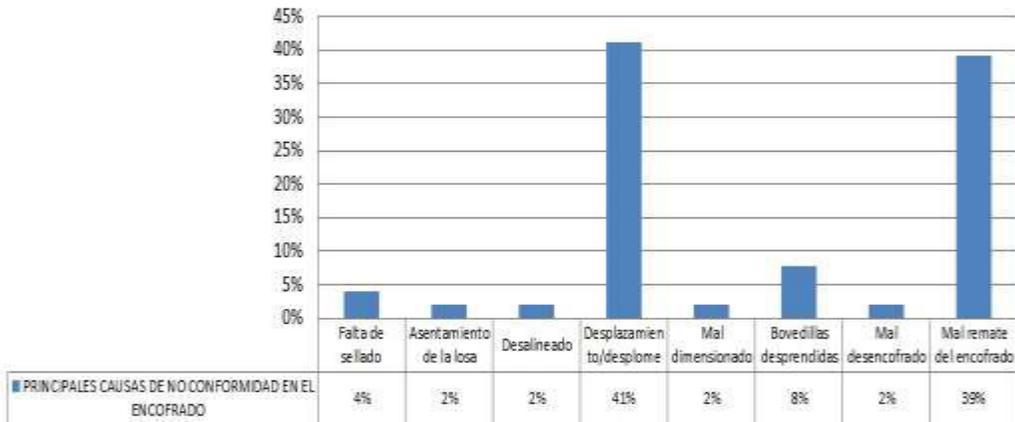


Figura N° 53: Principales problemas con el encofrado que originaron No Conformidades en el proyecto “Harmony”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 53, se muestra que el mayor problema que existe en el encofrado para esta obra, es el desplome seguido del mal remate del encofrado, los que, posteriormente trajeron problemas de No Conformidad.

Tabla N° 20: Número de No Conformidades del proyecto “Ecoderby”

Proyecto	Semana	PPC	NCR identificadas
ECODERBY	mayo	0%	
	junio	71%	2
	julio	78%	14
	agosto	80%	11
	septiembre	80%	7
	octubre	85%	19
	noviembre	52%	9
	diciembre	58%	28
	enero	67%	15
	febrero	70%	15
	marzo	42%	25
	abril	47%	18

Elaboración: Los autores

Para el proyecto “Ecoderby” (tabla N° 22), el número de No Conformidades no es tan alto, comparado con los otros dos proyectos; se tienen máximos de 28 y 25 (diciembre y marzo, respectivamente) y mínimos de 2 y 7 (junio y septiembre).

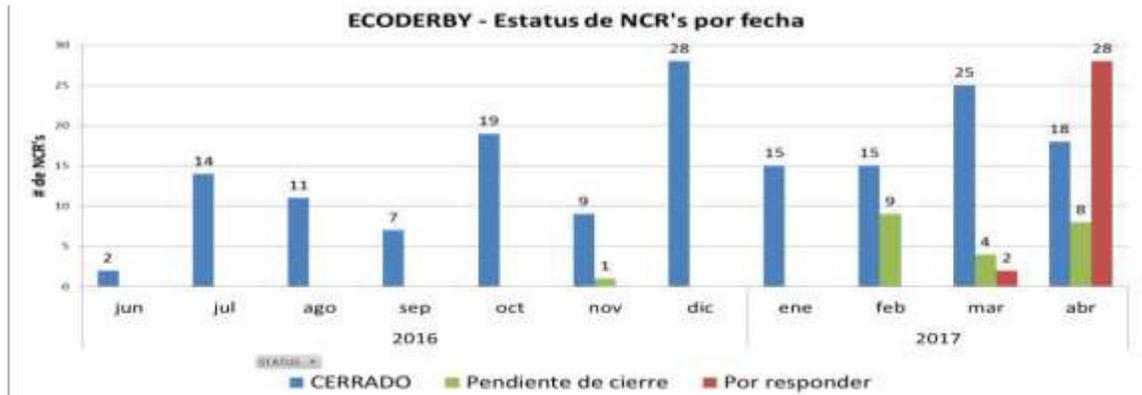


Figura N° 54: Número de No Conformidades identificadas y cerradas para el proyecto “Ecoderby”.

Elaboración: Los autores

En la figura N°54, se muestra la tendencia del número de No Conformidades identificadas y cerradas, explicadas anteriormente.

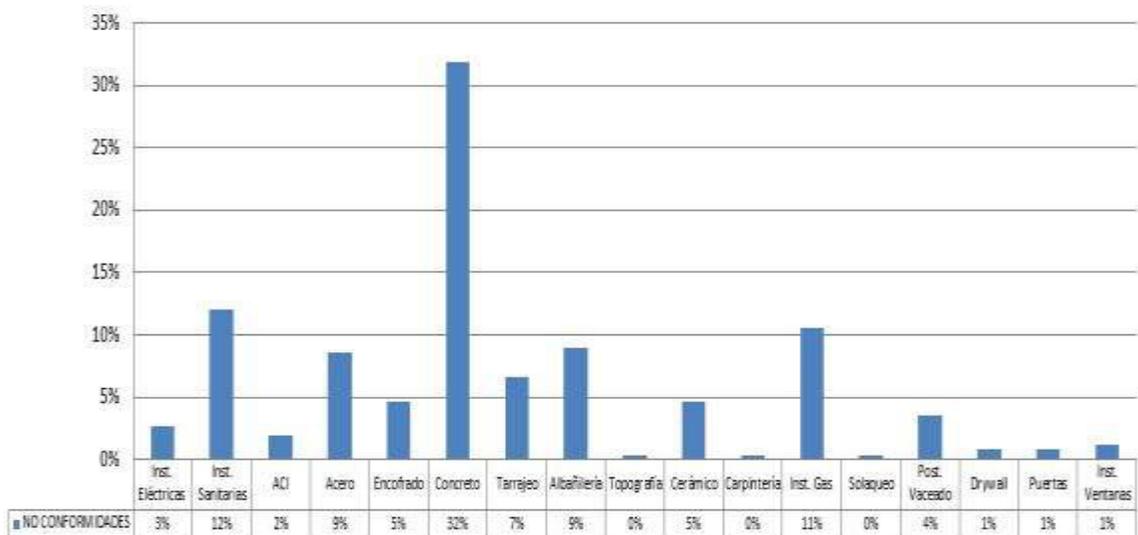


Figura N° 55: Partidas en las cuales se originó mayor número de No Conformidades en el proyecto “Ecoderby”.

Elaboración: Los autores

En la figura N° 55, se muestran las partidas, en las cuales, se originó al mayor número de No Conformidades para este proyecto, siendo la de mayor porcentaje, el Concreto seguido de las instalaciones sanitarias.

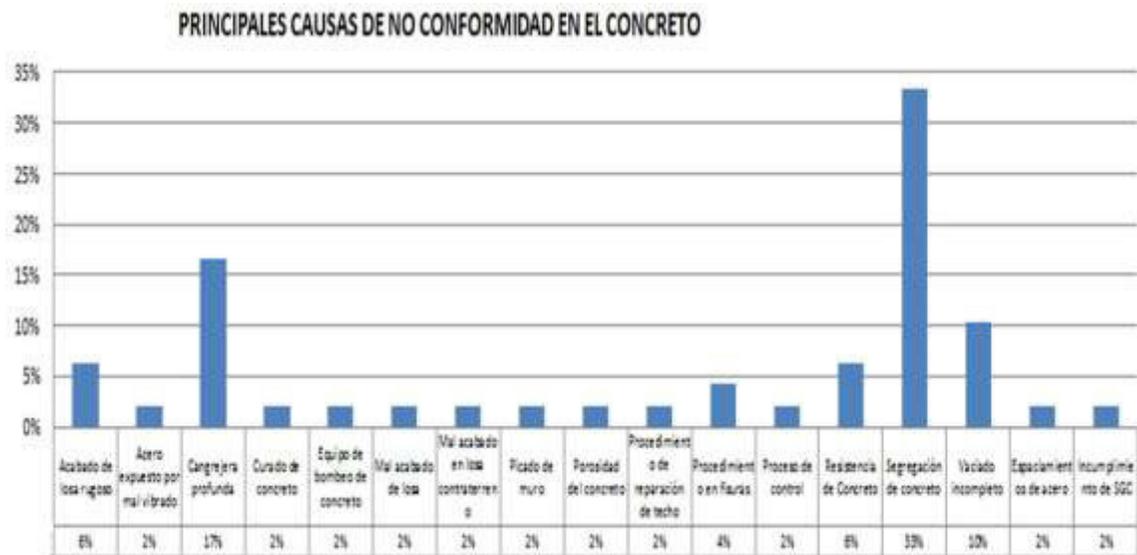


Figura N° 56: Principales problemas con el concreto que originaron No Conformidades en el proyecto “Ecodeby”

Elaboración: Los autores

En la figura N° 56, se muestra que el mayor problema que existe en el concreto para esta obra, es la segregación lo que posteriormente trajo problemas de No Conformidad.

4.3 Relación de indicadores

4.3.1 Relación de Porcentaje de Plan Cumplido con Número de No Conformidad

A continuación, se muestra el valor de coeficiente de correlación de Pearson entre los indicadores de PPC y el número de no Conformidades

Tabla N° 21: Cuadro de coeficientes de correlación de los 3 proyectos.

RELACIÓN	PROYECTO		
	CANVAS	HARMONY	ECODERBY
PPC VS NÚMERO DE NO CONFORMIDAD	0,33	- 0,76	- 0,43

Elaboración: Los autores

Se observa correlaciones positivas y negativas, lo cual representa la diferente gestión que se llevó, en cada obra. En las obras de Harmony y Ecoderby se obtuvo una correlación negativa media y en el Proyecto Canvas, se obtuvo correlación positiva débil.

Con estos datos, se obtuvo el coeficiente de determinación que se muestra en la tabla N° 22.

Tabla N° 22: Datos de coeficiente de determinación que se obtiene al elevar al cuadrado el coeficiente de Pearson

RELACIÓN	PROYECTO		
	CANVAS	HARMONY	ECODERBY
PPC VS NÚMERO DE NO CONFORMIDAD	11%	57%	18 %

Elaboración: Los autores

4.3.2 Relación de Porcentaje de Plan Cumplido con Cumplimiento de Protocolos

A continuación, se muestra el valor de coeficiente de correlación de Pearson entre los indicadores de PPC y el porcentaje de cumplimiento de protocolos.

Tabla N° 23: Relación del PPC con el Cumplimiento de Protocolos

RELACIÓN	PROYECTO		
	CANVAS	HARMONY	ECODERBY
PPC VS CUMPLIMIENTO DE PROTOCOLOS	0,17	0,57	0,34

Elaboración: Los autores

Se observa correlaciones positivas y negativas, lo cual representa la diferente gestión que se llevó en cada obra. En las obras de Harmony y Ecoderby se obtuvo una correlación negativa media y en el Proyecto Canvas, se obtuvo correlación positiva débil.

Con estos datos, se obtuvo el coeficiente de determinación que se muestra en la tabla N° 24.

Tabla N° 24: datos de coeficiente de determinación que se obtiene al elevar al cuadrado el coeficiente de Pearson.

RELACIÓN	PROYECTO		
	CANVAS	HARMONY	ECODERBY
PPC VS CUMPLIMIENTO DE PROTOCOLOS	3%	33%	12%

Elaboración: Los autores

4.3.3 Relación del Número de Actividades Programadas con el Número de No Conformidad

A continuación, se muestra el valor de coeficiente de correlación de Pearson entre los indicadores, número de actividades Programadas y número de no conformidad.

Tabla N° 25: Cuadro de coeficientes de Correlación de los tres proyectos

RELACIÓN	PROYECTO		
	CANVAS	HARMONY	ECODERBY
N° DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS VS NUMERO DE NO CONFORMIDAD	0,67	-,53	0,05

Elaboración: Los autores

Se tienen coeficientes negativos y positivos, los cuales representan la diferente gestión que se llevó en cada obra; en las obras de Harmony se obtuvo una correlación negativa media y en el Proyecto Canvas y Ecoderby, se obtuvo correlación positiva considerable y nula, respectivamente.

Con estos datos, se obtuvo el coeficiente de determinación, que se muestra en la tabla N° 26.

Tabla N° 26: Datos de coeficiente de determinación que se obtiene al elevar al cuadrado el coeficiente de Pearson.

RELACIÓN	PROYECTO		
	CANVAS	HARMONY	ECODERBY
N° DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS VS NUMERO DE NO CONFORMIDAD	45%	28%	0%

Elaboración: Los autores

4.3.4 Relación del Número de Actividades Programadas con el Cumplimiento de Protocolos

A continuación, se muestra el valor de coeficiente de correlación de Pearson entre los indicadores, número de actividades programadas y cumplimiento de protocolos.

Tabla N° 27: Cuadro de coeficientes de Correlación de los tres proyectos

RELACIÓN	PROYECTO		
	CANVAS	HARMONY	ECODERBY
NÚMERO DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS VS CUMPLIMIENTO DE PROTOCOLOS	-0,44	0,29	-0,57

Elaboración: Los autores

Se tienen coeficientes negativos y positivos, los que representan la diferente gestión que se llevó en cada obra; en Harmony se obtuvo una correlación positiva baja y en el Proyecto Canvas y Ecoderby, se obtuvo correlación negativa media.

Con estos datos, se obtuvo el coeficiente de determinación que se muestra en la tabla N° 28.

Tabla N° 28: datos de coeficiente de determinación que se obtiene al elevar al cuadrado el coeficiente de Pearson.

RELACIÓN	PROYECTO		
	CANVAS	HARMONY	ECODERBY
N° DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS VS CUMPLIMIENTO DE PROTOCOLOS	19%	9%	32%

Elaboración: Los autores

CAPITULO V DISCUSIÓN Y APLICACIÓN

5.1 Aplicación de Last Planner

El sistema Last Planner depende de la identificación de las restricciones, son fundamentales las reuniones periódicas donde la presencia de los responsables, que formen parte del tren de actividades, sea obligatoria y se fomente la lluvia de ideas, esto ayuda a tener un panorama claro del desarrollo de las actividades para que ningún miembro tenga problemas, al iniciar y culminar su trabajo.

Esta herramienta debe ser divulgada y compartida con todos los involucrados en el proyecto, no solo con el área de producción, sino también con el área de calidad, ventas, logística, etc.

La herramienta Last Planner System brinda formatos de control que ayudan a llevar un control de lo que viene sucediendo, semana a semana, el llenado de estos, debe ser de manera consciente y lo más ajustado a lo real, pero esto debe quedar solo como base de datos del proyecto; se deben analizar los errores y retroalimentarse de los errores cometidos durante la semana y proteger a las semanas siguientes para que no vuelva a suceder.

Se debe tratar cada día como un ciclo de mejora continua, esto ayuda a estar prevenido y no volver a cometer los mismos errores.

5.2 Restricciones

Si no se logra identificar todas las restricciones, el Lookahead sufrirá variaciones que pueden afectar el costo del proyecto y fecha de culminación. En las tres obras, se pudo identificar las principales causas de incumplimiento, la mala programación y subcontrata con gran porcentaje, esto indica que la programación no se dio correctamente; Dentro de las causas de programación, es la falta de personal y material, que debieron ser identificados como una restricción importante, ya que son recursos productivos.

5.3 Porcentaje de Plan Cumplido

Muestra el avance que se dio durante el proyecto, donde se obtuvo semanas de hasta 0% lo cual refleja la mala programación que se dio con respecto a los recursos y el control a los subcontratistas, pero se pudo evitar que se repitiera, como se muestran en los gráficos, el PPC acumulado aumentó en sus últimas semanas.

Este indicador ayudó a tomar decisiones y medidas de control, que cambiaron el rumbo del proyecto.

Si no se cumple con el 100% de las actividades programadas se cargan para la semana siguiente. La empresa Productiva considera una actividad culminada solo si se ha completado al 100%; con esta ideología se logra mantener una secuencia en el proceso constructivo, ya que si un proceso no se culminado en su totalidad, el siguiente proceso no empezó, es por esto que no serviría darle un porcentaje de avance.

5.4 Calidad

La calidad se aplica en todo proyecto y es de gran importancia su correcto control. Las tres obras están representadas por empresas dedicadas a la gestión de la calidad independiente de las demás áreas, las que asumen toda responsabilidad por la falta de calidad en los procesos; De esta manera, se previene la complicidad entre áreas (producción, oficina técnica, seguridad).

El control se llevó mediante protocolos, que fueron diseñados con las exigencias requeridas por las especificaciones técnicas. La supervisión diaria ayudó a resolver dudas que tuvieron en la interpretación de los protocolos, lo cual aceleró el inicio de las actividades.

La detección de las No Conformidades fue importante para prevenir futuros problemas con post-venta. Las mayores causas de no conformidad, en la etapa de estructura, fueron:

- Concreto
 - Segregación: se dio por un mal vibrado durante el vaciado y por vaciar concreto después de las 2 horas.
- Acero
 - Elemento fuera de lugar: originado por el mal trazo, la mala colocación de los separadores o el mal procedimiento en el vibrado dejando al acero con inclinaciones que afectan al enfierrado del siguiente nivel.
 - Grifado: es la acción ocasionada por tener un elemento fuera de lugar, buscando corregirlo.
- Encofrado
 - Desplome: esto se dio por no asegurar el encofrado, lo cual ocasiona problemas, en otras etapas, como tarrajeo, y en la colocación de porcelanato.

5.5 Protocolos

Se llevó un buen cumplimiento de los protocolos, lo cual asegura que la actividad se haya culminado con la calidad con que se diseñó. Pero hubo dificultades, como se describió, anteriormente. La empresa Productiva solo considera los procesos cuando se han realizados correctamente y al 100%, es por ello que los protocolos que fueron mal llenados o pendientes y no se regularizaron a tiempo, fueron considerados como no cumplidos.

5.6 Correlación de indicadores

Se realizaron correlaciones de los indicadores para ver la influencia entre ellas, se advirtió una relación hasta de 45% de influencia entre número de actividades programadas y el número de no conformidades, esto se dio al inicio de una actividad nueva, que pasa por un proceso de aprendizaje en el que se logra corregir el tiempo y práctica que brinda el tren de actividades. Se obtuvo hasta 33% de influencia de los protocolos, PPC y los números de actividades, esto se dio por la gran participación de subcontrata. Al ingresar nuevas subcontratas requieren un periodo de adaptación que afecta al PPC, por esto se brindaron capacitaciones mediante charlas diarias

CONCLUSIONES

1. Según el análisis realizado en el capítulo anterior, se concluye que la relación de la Calidad y el Last Planner System existe, es una relación que se debe tomar en cuenta, ya que tiene un impacto prolongado, afectando al PPC de manera abrupta. Hubo semanas en las que se lograron porcentajes altos de cumplimiento, pero que bajaron inesperadamente a la siguiente semana, siendo estas actividades similares. Esto se da por No Conformidades que se detectaron y afecta el inicio de los procesos subsiguientes, afectando a la programación.
2. El Last Planner System muestra un PPC acumulado promedio de 62% (debajo del estándar 80% que se esperó), afectado en gran parte por retrasos de los subcontratistas, quienes representan, aproximadamente, un 90 % de la mano de obra de los proyectos. También fue afectado por nuevas restricciones generadas por las No Conformidades, que no permitieron la continuidad de los procesos.
3. La calidad es el escudo, que protege al proyecto de costos y tiempo no programados, se debió dar una mayor importancia y participación a la elaboración de la programación. Se concluye que el control de protocolos es la principal herramienta de la calidad, un buen control nos asegura que el avance de los procesos se está realizando según las especificaciones requeridas por el cliente, esto evita que se vuelva a reprogramar.
4. La correlación de los indicadores representó que, al aumentar el número de actividades, esta influirá en el control de los protocolos y esta, a su vez, guarda relación con el aumento de las No Conformidades que se generan por mala interpretación del protocolo y falta de una capacitación a los trabajadores. Es una cadena que logra afectar al PPC si no se toma en consideración. Esta relación dependerá del orden y control que se tenga al iniciar un procesos.

RECOMENDACIONES

1. El control de la obra se divide en áreas: Calidad, Oficina Técnica, Producción y Logística) que deben trabajar de la mano, pero no en complicidad, es por esto que se recomienda designar subcontratas por área, esto permite tener autonomía en el desarrollo de sus labores y una mayor confiabilidad, también cada área tendrá responsabilidades que asumir. Esto ayuda a cumplir con las metas del proyecto, entregar una obra con calidad, al tiempo previsto y al costo presupuestado.
2. En la actualidad, los subcontratistas representan un gran porcentaje de la mano obra, es por esto que el avance depende de ellos y, a su vez, son los principales causantes de retrasos y de No Conformidades al tratar de cumplir con la programación de forma desordenada, esto es ocasionado por la falta de personal. Se propone evaluar el rendimiento real de su personal e identificar el personal faltante, con esto podemos buscar nuevas contratatas asegurando el cumplimiento de la programación y no depender de ellos.
3. La sectorización sufre modificaciones durante el avance del proyecto, es importante evaluar, periódicamente, si esta influye en el desarrollo de nuevas actividades. En la etapa de casco, se divide por área equilibrando metrados, lo cual no funciona para la etapa de acabados donde la importancia de terminar un departamento es más relevante. Se recomienda que la sectorización se debe realizar por departamentos, al hacerlo se tendra una mejor visualización del avance y se evitará el conflicto entre subcontratistas (de no hacerlo, los subcontratistas tienen que cruzarse dentro de un departamento que se encuentra unido por dos sectores). De este modo, la entrega de departamentos se hace más sencilla.

4. La comunicación del ingreso de nuevo personal debe ser tratado y aprobado por el área de calidad y producción conjuntamente con seguridad, acreditando el desenvolvimiento y conocimiento de los ingresantes.
5. Para obtener estándares altos de calidad dentro de los procesos constructivos, tenemos que tener mano de obra calificada que sea capaz de seguir al pie de la letra los protocolos, solo esto nos asegura procesos con calidad. Es por esto que se recomienda realizar charlas de inducción sobre de producción, calidad y seguridad, a todos los subcontratistas antes que empiecen con sus labores, esto les ayudará a tener un concepto sobre sus obligaciones y responsabilidades, así como describir los conceptos que se manejan dentro de los protocolos, de esta manera, evitar errores en su interpretación. Se recomienda designar un responsable por cuadrilla encargado de asegurarse que su personal se encuentre realizando los procesos según las especificaciones técnicas, también deberán ser responsables de llenar los protocolos correctamente y entregárselo al supervisor para validarlo.
6. La calidad y productividad deben ir de la mano que mantengan una comunicación continua durante cada proceso de la construcción, no se puede permitir el inicio de una actividad si no se tiene un protocolo aprobado, esto ayuda a llevar un mejor control de calidad. Para que esto se logre se debe programar, conjuntamente, con los subcontratistas un horario de entrega de protocolos para evitar un desorden en la captación de las mismas.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

Bibliográficas:

Alpuche R., (2004), Calidad en la Construcción, recuperado de caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/alpuche_s_r/capitulo2.pdf.

Brioso X. Taller Gestión Lean en la Construcción, Consejo departamental de Lima CIP Capítulo de Ingeniería Civil. Lima, Perú.

De la Cruz C., Rómulo J. (2014). Aplicación de la Filosofía Lean Construction en una obra de edificación (caso: condominio casa club recrea – El Agustino). (Tesis de pregrado). Universidad San Martín de Porres, Lima.

Díaz M., Daniela A., (2007). Aplicación del sistema de planificación “Last Planner” a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura. (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Chile.

Guzmán T., Abner, (2014). Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Guzmán C., Obando Julio, Rubio Rodrigo, Filosofía Lean Construction, construcción sin pérdidas, EDIFICA Constructora, Lima, Perú.

Hernández R., Fernando C., Baptista M., (5)(2010), Metodología de la Investigación, México DC, México: Interamericana Editores.

Otárola J. y Camargo J. (2014). Estudio comparativo de las herramientas empleadas para el diseño de procesos. Avances, volumen (11).

Peña A., Grandoso O., Mora A., Rodríguez L., Scigliotti M., Guzmán D., D'Herve N., Manicini L., Angelomé N. La Calidad en la industria de la construcción. (Estudio de diagnóstico). Universidad de Palermo, Argentina.

Pons J. (1)(2014), Introducción a Lean Construction, Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción.

Electrónicas:

Ballard H. (2000). The Last Planner System of Production Control (Tesis doctoral) Recuperado de <http://www.leanconstruction.dk/media/15590/ballard2000-dissertation.pdf>.

Goldratt E., (1998), La Meta, recuperado de grupocazaperu.com/tianos/banco/watch/543ea2db3d4c2.

Inmobiliaria Fundamenta (05/05/2017), Proyectos en ejecución, fundamenta.pe

Koskela L., (1992), Application of the New Production Philosophy to Construction, recuperado de decife.stanford.edu/sites/default/files/TR072.pdf.

Orihuela P y Orihuela J., (2013), Aplicaciones del Lean design a proyectos inmobiliarios de vivienda, recuperado de motiva.com.pe/Articulos/Lean%20Design%20en%20Proyectos%20Inmobiliarios.pdf.

Palacio P. (2016). Herramientas de Lean Manufacturing. Recuperado de http://www.autoreseditores.com/book_preview/pdf/000000321.pdf.

Porras H, Giovanny O., Galvis J.,(2014), Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual, recuperado de unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art4.pdf.

Produktiva (05/05/2017), Proyectos en ejecución, produktiva.com.pe

Womack J. y Jones D. (2000). Lean Thinking. Recuperado de <http://web.mit.edu/esd.83/www/notebook/WomackJones.pdf>.

ANEXOS

1. Fotos
2. Cuadro de mando
3. Panel de Programación

1. Panel de control



Foto N° 1 Reunión con el Ing. Residente de la obra Canvas.



Foto N° 2 Se identificó un punto fuera de lugar, esto retraso el avance de la pintura de cielorraso.



Foto N° 3 Se mantiene los materiales fuera del contacto del piso, el cuidado de los materiales también afecta a la calidad.



Foto N° 4 Se identificó que el dintel de la puerta presentaba una inclinación, esto pudo afectar al colocar los marcos.



Foto N° 5 El ing. de calidad revisa que los empalmes sean los correctos (60cm segun especificación técnica)



Foto N° 6 Supervisión revisa los trazos para el ingreso de la cuadrilla de albañilería.



Foto N° 7 Supervisión no aprobó el gruñado, se identificó a tiempo antes del ingreso de pintura.



Foto N° 8 Se encontró tecnopor dentro de la placa, se procedió a retirar y resanar con aditivo.



Foto N° 9 Se corrigió el desplome del derrame.



Foto N° 10 Se encontro acero cubierta de cemento, lo cual le quita la adherencia, se procedió a limpiar para encofrar.



Foto N° 11 Se liberó los puntos sanitarios.



Foto N° 12 El corte de los ladrillos se realizó en un lugar ventilado y con la protección correcta.



Foto N° 13 se detectó filtración en la prueba de estanqueidad, se procedió a la reparación.



Foto N° 14 Se detectó el inicio de los trazos para albañilería sin tener el área liberada por parte de instalaciones eléctricas.



Foto N° 15 Se encontró falta de amarre de los estribos, lo cual perjudica a la estructura, se conversó con la subcontratista para que no vuelva a ocurrir.



Foto N° 16 Se revisó el nivel de la regla antes de empezar a tarrajar la base de la viga.



Foto N° 17 Se encontró cangrejas en la unión de la viga y columna, se comunicó a subcontrata que no se puede tarrajear sin antes resanar. Se paró el tarrajeo.



Foto N° 18 Se encontró presencia de cangrejas en la placa del ascensor, se procedió a picar y resanar antes de tarrajear.



Foto N° 19 Se verifica la distribución de los aceros de la malla antes de cerrar el encofrado.



Foto N° 20 Se anclo correctamente los aceros de albañilería.



Foto N° 22 Se puede ver que la tubería se encuentra fuera del muro.



Foto N° 21 Se encontró mala distribución de acero en albañilería, esto paró la actividad hasta que se corrija.