

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**PRODUCTIVIDAD Y OPTIMIZACIÓN DE LA EJECUCIÓN  
DEL PROYECTO EDIFICIO “VILLA MARQUEZ”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:  
INGENIERO CIVIL**

**HUMBERTO MARTÍN RAMÍREZ LINARES**

**Lima-Perú**

**2015**

---

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	5
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	8
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b> .....	10
1.1 INTRODUCCIÓN DE LEAN CONSTRUCTION.....	10
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	12
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	13
2.1 LEAN PRODUCTION.....	13
2.2 LEAN CONSTRUCTION.....	17
2.2 HERRAMIENTAS A UTILIZAR.....	28
<b>CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO</b> .....	33
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	33
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	34
3.3 ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO (EDT).....	36
3.4 SISTEMA CONSTRUCTIVO DE TRANSFERENCIA.....	37
3.5 PROVEEDORES Y CONTRATISTAS.....	43
3.6 PROYECTO TERMINADO.....	44

<b>CAPÍTULO IV: APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO</b> .....	45
4.1 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....	45
4.2 CRONOGRAMA MAESTRO.....	48
4.3 SECTORIZACIÓN Y TREN DE TRABAJO.....	49
4.4 PLANEAMIENTO Y LOOKAHEAD 4 SEMANAS.....	55
4.4.1 Etapa de Casco.....	55
4.4.2 Etapa de Acabados .....	56
4.5 PRODUCTIVIDAD Y RATIOS.....	62
4.5.1 Encofrado de Muros .....	64
4.5.2 Encofrado de Techo .....	65
4.5.3 Habilidad y colocación de acero en muros.....	66
4.5.4 Vaciado de concreto de muros .....	67
4.5.5 Tarrajeo cielo raso.....	68
4.5.1 Tarrajeo y solaqueo de muros .....	69
4.5.1 Tabiquería de ladrillo blanco .....	70
4.6 PPC Y ANALISIS DE RESTRICCIONES.....	71
<b>CAPÍTULO V: MONITOREO DE LA JORNADA Y EFICIENCIA DEL SISTEMA</b>	
5.1 ETAPA DE CASCO .....	79
5.1.1 Diagrama de flujo en encofrado de muros.....	79
5.1.2 Diagrama de planta en encofrado de muros.....	82
5.1.3 Diagrama de flujo mejorado.....	87
5.1.4 Análisis cuantitativo aplicando el diagrama de planta.....	90

---

5.2	ETAPA DE ACABADOS.....	91
5.2.1	Carta balance tabiquería de ladrillo.....	91
5.2.2	Análisis de transporte horizontal .....	98
5.2.3	Análisis de transporte vertical .....	100
5.2.4	Carta balance mejorada.....	104
5.2.5	Resultados obtenidos.....	109
5.2.6	Análisis cuantitativo al aplicar la carta balance.....	110
5.3	LECCIONES APRENDIDAS.....	111
5.4	OTRAS CONSIDERACIONES PARA LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS.....	112
5.4.1	Programación de winche.....	112
5.4.2	Constructabilidad.....	113
5.4.3	Protocolos de calidad.....	114
	<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>116</b>
6.1	CONCLUSIONES.....	116
6.1	RECOMENDACIONES.....	118
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>120</b>



## RESUMEN

En este informe se centra el manejo de la producción mediante la filosofía Lean Construction como un método de planificación y control de un proyecto de construcción de departamentos en el distrito de Jesús María. A lo largo del presente trabajo se describen los principales conceptos y herramientas de la filosofía Lean para poder tener una base sólida que pueda respaldar la aplicación de herramientas y el análisis de resultados en la obra. También se analiza y se describe las herramientas más importantes (Last Planner System, Sectorización, Diagramas de Flujo, Diagrama en planta, Cartas Balance etc.)

Por otro lado se analizarán las partidas no cumplidas y se mejorará su productividad y se hará un análisis cuantitativo con la finalidad de demostrar los buenos resultados que brinda esta filosofía y de esta forma alentar a que se expanda a una cantidad mayor de empresas del rubro construcción.

Finalmente se hará unos ejemplos de lecciones aprendidas en el proyecto así como ciertas ideas para una mejora de productividad y así sacar conclusiones y recomendaciones para los próximos proyectos aplicando la metodología de mejora continua.

<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>Pág.</b>
Cuadro 3.1 Resumen del presupuesto del proyecto.....	35
Cuadro 3.2 Cuadro de principales proveedores.....	43
Cuadro 3.3 Cuadro de principales contratistas.....	43
Cuadro 4.1 Cronograma Maestro de la obra .....	48
Cuadro 4.2 Resumen de la primera iteración .....	51
Cuadro 4.3 Resumen de la segunda iteración .....	54
Cuadro 4.4 Programación de Casco a 4 semanas.....	55
Cuadro 4.5 Programación de Tarrajeo a 4 semanas.....	57
Cuadro 4.6 Programación de Tabique a 4 semanas.....	59
Cuadro 4.7 Cuadro de llegada de materiales.....	60
Cuadro 4.8 Programación de Materiales a 4 semanas.....	61
Cuadro 4.9 Cálculo de Rendimiento de Encofrado Vertical.....	64
Cuadro 4.10 Curva Semanal Encofrado de Muros.....	64
Cuadro 4.11 Cálculo de Rendimiento de Encofrado de Techo.....	65
Cuadro 4.12 Curva Semanal Encofrado de Techo.....	65
Cuadro 4.13 Cálculo de Rendimiento de Acero en Muros.....	66
Cuadro 4.14 Curva Semanal Acero en Muros.....	66
Cuadro 4.15 Cálculo de Rendimiento Concreto en Muros.....	67
Cuadro 4.16 Curva Semanal Concreto en Muros.....	67
Cuadro 4.17 Cálculo de Rendimiento Tarrajeo Cielo Raso.....	68
Cuadro 4.18 Curva Semanal Tarrajeo Cielo Raso.....	68
Cuadro 4.19 Cálculo de Rendimiento Tarrajeo en Muros.....	69

Cuadro 4.20	Curva Semanal Tarrajeo en Muros.....	69
Cuadro 4.21	Cálculo de Rendimiento Tabiquería de ladrillo.....	70
Cuadro 4.22	Curva Semanal Tabiquería de ladrillo.....	70
Cuadro 4.23	Porcentaje de Plan Cumplido Semana 23.....	71
Cuadro 4.24	Porcentaje de Plan Cumplido Semana 23 al 34.....	72
Cuadro 4.25	Porcentaje de Plan Cumplido Semana 26.....	74
Cuadro 4.26	Porcentaje de Plan Cumplido Semana 27.....	75
Cuadro 4.27	Porcentaje de Plan Cumplido Semana 33.....	76
Cuadro 4.28	Porcentaje de Plan Cumplido Semana 34.....	77
Cuadro 5.1	Diagrama de flujos encofrado de muros.....	81
Cuadro 5.2	Análisis de diagrama de flujo.....	82
Cuadro 5.3	Rendimiento de encofrado de muros.....	83
Cuadro 5.4	Cálculo de metrado para cada cuadrilla.....	84
Cuadro 5.5	Cálculo de paneles y puntales para cada cuadrilla.....	84
Cuadro 5.6	Diagrama de flujos encofrado de muros mejorado.....	87
Cuadro 5.7	Análisis de diagrama de flujo mejorado.....	88
Cuadro 5.8	Cálculo de ratio primera muestra.....	88
Cuadro 5.9	Cálculo de ratio segunda muestra.....	89
Cuadro 5.10	Presupuesto de encofrado de muros.....	89
Cuadro 5.11	Análisis cuantitativo aplicando el diagrama de planta.....	90
Cuadro 5.12	Carta balance tabiquería primera medición.....	91
Cuadro 5.13	Análisis de productividad de tabiquería primer muestra....	93
Cuadro 5.14	Análisis de trabajos contributorios primera muestra....	94
Cuadro 5.15	Análisis de trabajos no contributorios primera muestra....	95

Cuadro 5.16	Programación de tabiquería ladrillo blanco.....	97
Cuadro 5.17	Cálculo de ladrillos para cada sector.....	97
Cuadro 5.18	Cálculo de tiempo por ciclo en transporte horizontal.....	99
Cuadro 5.19	Cálculo de tiempo por ciclo en transporte vertical.....	101
Cuadro 5.20	Carta balance tabiquería segunda medición.....	104
Cuadro 5.21	Análisis de productividad de tabiquería 2da muestra....	106
Cuadro 5.22	Análisis de trabajos contributorios segunda muestra....	107
Cuadro 5.23	Análisis de trabajos no contributorios segunda muestra....	108
Cuadro 5.24	Análisis de productividad mediante carta balance.....	109
Cuadro 5.25	Presupuesto de tabiquería.....	110
Cuadro 5.26	Lecciones aprendidas.....	111

<b>LISTA DE FIGURAS</b>		<b>Pág.</b>
Figura 2.1	Modelo de flujos de procesos.....	13
Figura 2.2	Beneficios de Lean Construction.....	20
Figura 2.3	Beneficios obtenidos con la implantación Lean.....	21
Figura 2.4	Desafíos y barreras para la implementación de Lean.....	22
Figura 2.5	Factores de éxito en la implantación Lean.....	23
Figura 2.6	Recomendaciones para la implantación Lean.....	26
Figura 3.1	Ubicación del proyecto.....	34
Figura 3.2	Estructura de desglose de trabajo (EDT).....	36
Figura 3.3	Proyecto terminado.....	44
Figura 4.1	Corte en Sótanos.....	45
Figura 4.2	Plano en planta estructura.....	46
Figura 4.3	Plano en corte en edificio.....	47
Figura 4.4	Primera Iteración Sector 1 y 2.....	49
Figura 4.5	Primera Iteración Sector 3 y 4.....	50
Figura 4.6	Plano con corte en el muro.....	51
Figura 4.7	Segunda Iteración Sector 1 y 2.....	52
Figura 4.8	Primera Iteración Sector 3 y 4.....	53
Figura 4.9	Sectorización en Casco Torre B.....	54
Figura 4.10	Plano de arranque en la etapa de acabados.....	56
Figura 4.11	Sectorización de Tarrajeo en Torre B.....	58
Figura 4.12	Sectorización de Tabique en Torre B.....	60
Figura 4.13	Grafica de la evolución PPC.....	73

Figura 5.1	Muro a analizar para el diagrama de flujo.....	79
Figura 5.2	Procedimiento constructivo en encofrado de muros.....	80
Figura 5.3	Sector a analizar en el diagrama de flujo.....	82
Figura 5.4	Orientación de encofrado de cuadrillas.....	83
Figura 5.5	Diagrama de Muther en encofrado de muros.....	85
Figura 5.6	Diagrama de planta encofrado de muros.....	86
Figura 5.7	Diagrama pastel de productividad primera muestra.....	93
Figura 5.8	Diagrama de Pareto tiempo contributorio 1era muestra.....	94
Figura 5.9	Diagrama de Pareto tiempo no contributorio 2da muestra.	95
Figura 5.10	Sectorización de Tabiquería de ladrillo.....	96
Figura 5.11	Análisis de transporte horizontal.....	98
Figura 5.12	Análisis de transporte vertical.....	100
Figura 5.13	Diagrama de planta de tabiquería día 1.....	102
Figura 5.14	Diagrama de planta de tabiquería día 2.....	103
Figura 5.15	Diagrama pastel de productividad segunda muestra.....	106
Figura 5.16	Diagrama de Pareto tiempo contributorio 2da muestra....	107
Figura 5.17	Diagrama de Pareto tiempo no contributorio 2da muestra.	108
Figura 5.18	Diagrama de evolución de productividad.....	109
Figura 5.19	Herramienta de traslado.....	113
Figura 5.20	Herramienta para traslado.....	113
Figura 5.21	Protocolo de calidad.....	114

## **CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

Desde principios de los años 90, el sistema productivo a nivel global se encuentra inmerso en un cambio, que surgió primero en el sector del automóvil (Lean Manufacturing) y más tarde fue adaptándose a otras industrias y sectores. La aplicación del nuevo modelo productivo a la construcción (Lean Construction) surgió a nivel académico hace 20 años y a nivel de implementación se está manifestando más intensamente desde 2007, principalmente en Estados Unidos, donde diversos estudios y análisis realizados hasta ahora revelan que las empresas que ya aplican esta filosofía de producción han obtenido altos niveles de rendimiento en cuanto a reducción de costos, incremento de la productividad, cumplimiento de los plazos de entrega, mayor calidad, incremento de la seguridad, mejor gestión del riesgo y mayor grado de satisfacción del cliente

El sistema Lean nos proporciona herramientas que contribuyen a una mayor integración entre los diferentes agentes sociales y las empresas que intervienen a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, desde los gerentes hasta los trabajadores a pie de obra. Esto implica adoptar un nuevo enfoque en la gestión del proyecto.

En una empresa Lean, las personas representan un activo fundamental, la mano de obra está mejor formada, juega un papel más enérgico en la mejora continua y la contratación de personal se lleva a cabo de una manera más ordenada, sostenible y con visión a largo plazo, dando como resultado una mayor calidad laboral. Este sistema fomenta el trabajo en equipo, mejora la comunicación, facilita la visión de conjunto de todo proceso, ayuda a la identificación temprana de errores seguida de una resolución eficaz y rápida de problemas, y conduce hacia una mayor autogestión.

## 1.1) OBJETIVOS

### OBJETIVO PRINCIPAL

- Control y manejo de la producción en la construcción multifamiliar “Edificio Villa Márquez”, construida por la empresa “Proyectos y Construcciones Lugano S.A.C”. mediante el Sistema del ultimo planificador (Last Planner) y hacer una optimización o mejora de las partidas no cumplidas en la etapa de casco (Diagrama de flujo y diagrama de planta) y en la etapa de acabados (Carta Balance).

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Se controlará la producción comenzando con la programación maestra, sectorización del tren de trabajo y planeamiento o lookahead de 4 semanas de la etapa de casco y acabados.
- Se realizará mediciones de los rendimientos y ratios del personal en la etapa de casco (encofrado, acero y vaciado) y de acabados (tarrajeo cielo raso, tarrajeo de muros y tabiquería de ladrillo).
- Se realizará cada semana un porcentaje de plan cumplido (PPC) y un análisis de restricciones para poder levantar las observaciones.
- Se harán mejoras en las actividades observadas en el análisis de restricciones mediante herramientas de diagrama de flujo y carta balance.
- Se hará un análisis cuantitativo del ahorro que vamos a tener al aplicar estas herramientas.



## 1.2) METODOLOGÍA DE TRABAJO

1. Se seleccionará un proyecto en el cual se aplique la filosofía Lean Construction con el sistema Last Planner.
2. Se describirá el proceso constructivo en la etapa de casco y acabado en el proyecto.
3. Se realizará un cronograma maestro del proyecto, donde marca los hitos de las partidas, se hará una sectorización en la etapa de casco y acabado para que después se hará una programación lookahead de 4 semanas para poder anticipar algunas partidas por venir y una programación de materiales.
4. Se analizará los rendimientos en una semana en las partidas donde hay más incidencia en etapa de casco (encofrado de muros, encofrado de techos, acero en muros, vaciado de muros) y en acabados (tarrajeo cielo raso, tarrajeo y solaqueo de muros y tabiquería de ladrillo).
5. Se realizará cada semana el porcentaje de plan cumplido (PPC) y se hará un análisis de restricciones donde nos indica las causas de no incumplimiento para poder levantarlas.
6. Se realizará mejoras en las partidas observadas en el análisis de restricciones. En la etapa de casco se realizó el diagrama de flujo y de planta del encofrado de muro y en la etapa de acabados se realizó una carta balance para analizar los trabajos productivos (TP), trabajos Contributorios (TC) y trabajos no Contributorios (TNC).
7. Se concluirá sobre los resultados obtenidos y los beneficios que brinda la aplicación de esta filosofía en proyectos de edificaciones con el fin de incentivar su aplicación para una mejora de todo el sector construcción en el Perú.
8. Conclusiones, comentarios y recomendaciones.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1) Lean Production

El lean Production es un sistema que tiene como finalidad eliminar o reducir al máximo los elementos que no aporten de manera positiva en recursos, tiempo, espacio u otros; para agregarle valor al producto, ya que como sabemos lo que busca el Lean production es agregarle valor a sus productos eliminando actividades innecesarias (desperdicios).

Uno de los conceptos fundamentales de la teoría Lean Production es ver el proceso de producción como un flujo de materiales e información que van desde las materias primas hasta el producto final que llegara al cliente. Esto se grafica en el siguiente figura.



Figura 2.1 Modelo de flujos de procesos (Fuente: Tesis Abner Guzmán, 2014)

En esta figura se puede observar, además del proceso de producción, las actividades que definimos en el grafico anterior, por ejemplo tenemos los procesos 1 y 2 que son actividades que agregan valor al producto. También se tiene el transporte y el tiempo de espera, estas actividades no agregan valor al producto y por lo tanto se deben separar en necesarias y no necesarias, el tiempo de espera es una actividad no necesarias por lo cual se debe tratar de eliminar y así reducir los tiempos para generar menores perdidas, por otro lado el transporte es una actividad necesaria para pasar de un proceso a otro y no se puede eliminar, sin embargo este tipo de actividades se pueden reducir haciendo una correcta planificación lo cual también generara un gran ahorro de tiempo en todo el proceso.

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 perdidas 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 todos los ámbitos de la producción y también es algo negativo 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, la cual 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 a 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 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 procesos de la empresa líder en nuestro campo de acción para tener ideas de mejora basándonos en el potencial de las empresas de la competencia.

Como se puede 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.

**1) 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.

**2) 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 Contributorios.

**3) Transporte:** Este tipo de pérdida no se refiere al transporte en si 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 que hagan que se transporte continuamente los materiales sin generar apoyo a la producción.

**4) 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 perdida más difícil de identificar y reducir.

**5) 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.

**6) 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 mucho más exhaustiva para eliminarlo.

**7) 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.

## **2.2)Lean Construction:**

La aplicación de los principios y herramientas del sistema Lean a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción se conoce como Lean Construction o construcción sin pérdidas.

Lean Construction abarca la aplicación de los principios y herramientas Lean al proceso completo de un proyecto desde su concepción hasta su ejecución y puesta en servicio. Entendemos Lean como una filosofía de trabajo que busca la excelencia de la empresa, por lo tanto, sus principios pueden aplicarse en todas las fases de un proyecto: diseño, ingeniería, pre comercialización, marketing y ventas, ejecución, servicio de postventa, atención al cliente, puesta en marcha y mantenimiento del edificio, administración de la empresa, logística y relación con la cadena de suministro.

“Lean Construction es un enfoque basado en la gestión de la producción para la entrega de un proyecto una nueva manera de diseñar y construir edificios e infraestructuras. La gestión de la producción Lean ha provocado una revolución en el diseño, suministro y montaje del sector industrial. Aplicado a la gestión integral de proyectos, desde su diseño hasta su entrega, Lean cambia la forma en que se realiza el trabajo a través de todo el proceso de entrega. Lean Construction se extiende desde los objetivos de un sistema de producción ajustada maximizar el valor y minimizar los desperdicios - hasta las técnicas específicas, y las aplica en un nuevo proceso de entrega y ejecución del proyecto. Como resultado:

- a) La edificación o infraestructura y su entrega son diseñados juntos para mostrar y apoyar mejor los propósitos de los clientes.
- b) El trabajo se estructura en todo el proceso para maximizar el valor y reducir los desperdicios a nivel de ejecución de los proyectos.
- c) Los esfuerzos para gestionar y mejorar el rendimiento están destinados a mejorar el rendimiento total del proyecto, ya que esto es más importante que la reducción de los costes o el aumento de la velocidad de ninguna actividad aislada.

d) El Control se redefine como pasar de “monitorizar los resultados” a “hacer que las cosas sucedan”. Los rendimientos de los sistemas de planificación y control se miden y se mejoran.

e) La notificación fiable del trabajo entre especialistas en diseño, suministro y montaje o ejecución asegura que se entregue valor al cliente y se reduzcan los desperdicios. Lean Construction es especialmente útil en proyectos complejos, inciertos y de alta velocidad. Se cuestiona la creencia de que siempre debe haber una relación entre el tiempo, el coste y la calidad (mayor calidad y mayor velocidad no tiene por qué implicar mayor coste)”.

### **¿Qué esperamos al implantar Lean Construction?**

Esta es una pregunta que nos han planteado muchos agentes que intervienen en alguna de las fases del proceso constructivo y que hoy podemos responder a través de los resultados presentados por diversos estudios sobre implementación Lean que se han realizado hasta ahora. Los estudios analizados contemplan los retos y las dificultades, la resistencia al cambio, los beneficios que nos aporta, los recursos o medios que necesitamos y los cambios que tendremos que realizar para convertir nuestra empresa en una organización Lean.

**a. ¿Es la construcción una industria diferente?** La construcción se ha visto a menudo como una clase propia, diferente de la fabricación, y tradicionalmente se han rechazado muchas de las ideas del sector industrial de la fabricación o se han incorporado tarde debido a la creencia de que la construcción era un sector diferente. Estas ideas han estado presentes desde el origen de Lean Construction y todavía permanece en el pensamiento de gran parte de empresarios y profesionales de la construcción. El profesor finlandés Lauri Koskela (2000) clasificó y definió las tres principales peculiaridades que presenta la construcción con respecto al sector de la fabricación:

1. Un proyecto de edificación tiene naturaleza única o prototípica.
2. Es algo único que cada vez se ejecuta en un lugar diferente.
3. Estas peculiaridades han sido utilizadas por gerentes y profesionales de empresas de la industria de la construcción como motivos o razones cuando no han sido capaces de alcanzar los mismos niveles de productividad, calidad,



seguridad y plazos de entrega que en el sector industrial de la fabricación. Sin embargo, estas excusas fueron discutidas por el propio Koskela (2000) y han ido perdiendo fuerza a medida que los beneficios de Lean Construction se hacían evidentes. Hoy, la tecnología y el software por un lado y la industrialización y prefabricación de la construcción por otro, nos ayudan a comprender mejor la construcción de un edificio o infraestructura como la suma de diferentes flujos de valor que pueden repetirse en diferentes obras y proyectos, y por tanto, resulta más fácil identificar los desperdicios y aplicar ciclos encadenados de mejora continua y estandarización de procesos para eliminar la improductividad.

Las diferencias entre la industria de la construcción y el sector de la fabricación existen y son admitidas, pero no como una razón que justifique la dificultad para implantar el sistema Lean, sino como un desafío que debe abordar de manera definitiva la industria de la construcción.

**b. Implementar Lean Construction requiere romper paradigmas** La reacción inicial a la implantación de Lean en la industria de la construcción causó resistencia y exclusión. Inicialmente, Lean Construction fue mal interpretado y su aplicación a las diferentes fases de un proyecto así como el papel que debía asumir cada actor o agente social interviniente en el proceso constructivo no fue bien entendido. La tendencia empezó a cambiar, al igual que ocurriera con Lean Manufacturing, según se iban demostrando las ventajas competitivas que suponía para las empresas pioneras que comenzaron su implementación y conforme surgían nuevos documentos técnicos y casos de estudio que facilitaban su comprensión.

El cambio de modelo productivo o de sistema de trabajo en una empresa siempre requiere de un gran esfuerzo por parte de todos al principio, aunque las ventajas competitivas que se obtienen con el cambio merecen el esfuerzo. El cambio puede costar más en organizaciones que llevan muchos años operando con el mismo sistema, ya que ello requiere romper paradigmas. El concepto paradigma aquí se refiere a las ideas, pensamientos y creencias incorporadas generalmente durante una etapa de nuestra vida laboral, que se aceptaron durante años, como verdaderas o falsas, sin ponerlas a prueba de un nuevo análisis. Dicho de otro modo, llevamos tanto tiempo haciendo las cosas de la misma manera, que asumimos como buenas, maneras de trabajar que están



lejos de ser eficientes según los estándares actuales de competitividad de clase mundial.

Algunas frases típicas que se escuchan como excusas para no implantar Lean son:

"Aquí siempre hemos trabajado así".

"Esa no es mi responsabilidad".

"A mí no me ha dicho nadie nada".

"No tengo tiempo para eso".

"De todas formas no cambiaría nada".

"Otro artilugio que no durará".

"Hay problemas más importantes".

"Eso no es posible hacerlo aquí".

"Ya tenemos bastante trabajo".

"Y yo, ¿qué saco con esto?".

"Ya lo probamos una vez y no funcionó".

En el contexto global y extremadamente competitivo en el que nos encontramos hoy quedarse parado es retroceder. El trabajo desarrollado hasta ahora y la experiencia adquirida es un activo fundamental, pero existe el peligro real de permanecer presos de esas ideas, conceptos y métodos que han funcionado bien en el pasado. Es fundamental interiorizar que el éxito en el pasado no garantiza el éxito en el futuro y es responsabilidad de cada empresa iniciar el cambio.

**c. Beneficios que aporta la implantación de Lean Construction** Un informe sobre el estado de Lean en la Construcción en EE. UU. (2012) y otro informe más reciente de McGraw Hill Construction (2013) sobre la aplicación de Lean Construction en proyectos de edificación revelan que en aquellas empresas que ya han utilizado prácticas Lean entre el 70% y el 85% han alcanzado un nivel

alto o medio sobre una amplia variedad de beneficios, entre los que se incluyen como resumen los indicados en la siguiente tabla:

Informe sobre el estado de Lean en la Construcción en EE. UU. (2012)	Informe de McGraw Hill Construction sobre la aplicación de Lean Construction (2013)
Mejor cumplimiento del presupuesto	Mayor calidad en la construcción
Menor número de cambio de órdenes y pedidos	Mayor satisfacción del cliente
Rendimiento más alto de entregas a tiempo	Mayor productividad
Menor número de accidentes	Mejora de la seguridad
Menor número de demandas y reclamaciones	Reducción de plazos de entrega
Mayor entrega de valor al cliente	Mayor beneficio y reducción de costos
Mayor grado de colaboración	Mejor gestión del riesgo

Figura 2.2 Beneficios de Lean Construction (Fuente: Juan Pons Achell, 2014)

Según el informe de McGraw Hill Construction, algunos casos de estudio también revelan beneficios específicos de la implantación de Lean Construction:

Un estudio del flujo de valor de la empresa Rosendin Electric, costó 2.000 \$ pero ahorró a la empresa 50.000 \$ en coste de personal.

Una coordinación activa de la empresa Boldt Construction en la instalación de paredes cabe- ceras prefabricadas en un Hospital redujo el número de horas/hombre por elemento instalado en más de dos tercios, de 24 a 7.

En España todavía no disponemos de estudios específicos sobre el estado de implantación de Lean Construction, no obstante, en 2013 la Fundación Escuela de Organización Industrial (EOI) realizó un estudio sobre la situación de Lean Manufacturing en España. Para dicho estudio se hicieron encuestas a profesionales y directivos de empresas pertenecientes a 17 sectores, incluidos la construcción, siendo los más representativos, el sector del automóvil, el de la alimentación y bebidas, el metal-mecánico y el farmacéutico.

El estudio de la Fundación EOI confirma el hecho de que la implantación del sistema Lean proporciona numerosas mejoras y beneficios en un amplio número de aspectos de la empresa y al mismo tiempo pone de manifiesto la utilidad de Lean como apuesta clave para la competitividad de las empresas. Según este estudio, alrededor del 90% de las empresas consultadas valoraron como mucho o bastante las mejoras obtenidas relativas a reducción de costes, mayor

flexibilidad, participación del personal, aprovechamiento de los recursos y aumento de la productividad, como principales beneficios de la implantación Lean.

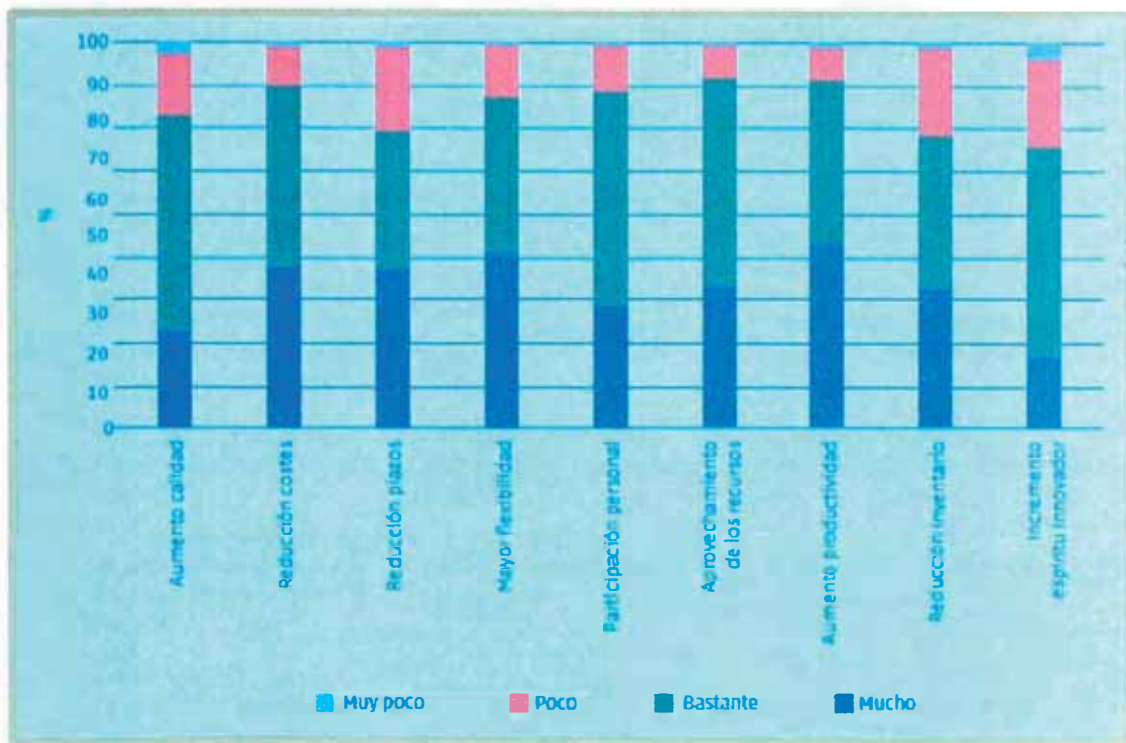


Figura 2.3 Beneficios obtenidos con la implantación Lean Construction (Fuente: Fundación EOI, 2013)

Por otro lado, entre aquellas empresas que todavía no han implantado Lean, el porcentaje que afirma que estas técnicas no se implantarán es muy reducido. Además, es significativo que casi el 80% de los encuestados que no están usando las técnicas Lean afirman que algún día se incorporarán a la empresa en la que trabajan o que incluso ya están evaluando su implantación.

**d. Desafíos y factores de éxito en la aplicación Lean** La siguiente tabla muestra los desafíos y las barreras para la implementación de Lean Construction, según sendos estudios de Sayer y Anderson, 2012 (columna de la izquierda) y McGraw Hill Construction, 2013 (columnas del centro y de la derecha).

Barreras para la implementación de Lean	Desafíos que afectan a quienes practican Lean	Desafíos que afectan a quienes no practican Lean
Falta de conocimiento del significado de <i>Lean</i> y sus beneficios.	Falta de conocimiento (47%).	Falta de apoyo de la Industria/Comprensión de <i>Lean</i> (39%).
Falta de formación.	Falta de apoyo suficiente a través del equipo de proyecto (43%).	Percepción de que <i>Lean</i> absorberá demasiado tiempo (33%).
Falta de compromiso por parte de propietarios y gerentes.	Percepción de que <i>Lean</i> es demasiado complejo (40%).	Falta de conocimiento (32%).
Creencia de que <i>Lean</i> absorberá demasiado tiempo.	Resistencia al cambio de los empleados (40%).	Preocupación por la rentabilidad a través de la transición hacia <i>Lean</i> (28%).
Pobre comunicación y falta de colaboración entre promotores, constructores, clientes y consultores externos.	Falta de apoyo de la Industria/Comprensión de <i>Lean</i> (39%).	Percepción de que <i>Lean</i> es demasiado complejo (26%).
Dificultad para alinear los intereses de las diferentes partes.	Percepción de que <i>Lean</i> absorberá demasiado tiempo (31%).	Falta de apoyo suficiente a través del equipo de proyecto (25%).
Los contratos relacionales se ven como algo no probado aún en los tribunales de justicia.	Falta de normas o estándares (19%).	Falta de normas o estándares (18%).
<i>Lean</i> requiere de cambios de pensamiento y de comportamiento que no todos aceptan.	Preocupación por la rentabilidad a través de la transición hacia <i>Lean</i> (9%).	Resistencia al cambio de los empleados (18%).
Falta de compromiso de los miembros del equipo o rechazo a cambios de actitud.	Reticencias sindicales (5%).	Reticencias sindicales (16%).

Figura 2.4 Desafíos y barreras para la implementación de Lean Construction  
(Fuente: Juan Pons Achell, 2014)

En cuanto a los factores de éxito en la implantación Lean y siguiendo con el estudio de la EOI, más del 90% de los encuestados valoran como muy importante o bastante importante, el compromiso de la dirección, la motivación del personal, la disposición de un líder adecuado para el proyecto y el plan de formación y motivación de los empleados. Por otro lado, la disponibilidad de recursos económicos no es un tema importante para el 50% de los encuestados, lo que puede entenderse desde la perspectiva de que muchas de las técnicas Lean no necesitan elevadas inversiones, sino la disponibilidad de recursos humanos suficientes.

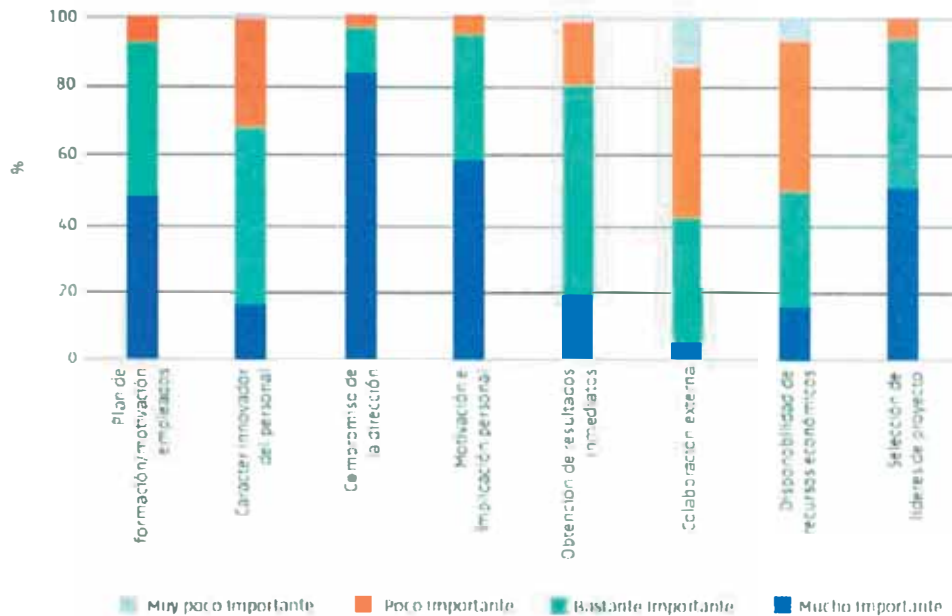


Figura 2.5 Factores de éxito en la implantación Lean Construction (Fuente: Fundación EOI, 2013)

Otro aspecto a destacar es que el 53% de las empresas han utilizado servicios de consultoría externa, siendo el grado de utilidad obtenido alto, ya que el 83% de las mismas volvería a utilizarlos. Este dato contrasta con la falta de cultura en la utilización de servicios de consultoría externa en la construcción, mucho más habitual en el sector industrial, aun cuando vemos, que la contratación de consultoría externa y formación aportan beneficios a la empresa.

Respecto a los elementos negativos que pueden convertirse en obstáculos para obtener los resultados adecuados en una implantación Lean, estos están relacionados fundamentalmente con la resistencia al cambio, la falta de liderazgo y la falta de colaboración entre departamentos. Por otro lado se aprecia claramente que las técnicas Lean no presentan ninguna dificultad conceptual o de aplicación, resultando ser técnicas sencillas que necesitan sobre todo la colaboración de los empleados.

Y por último, en cuanto a las razones que se han puesto de manifiesto por las cuales no se han aplicado las técnicas Lean, en mayor medida destacan la falta de conocimiento, la falta de apoyo de la dirección y la falta de tiempo para abordar los estudios para su implantación.



**e. Aspectos de la implantación relativos al personal** Respecto a la forma de adquirir el conocimiento de los empleados, el estudio de la Fundación EOI revela que, mayoritariamente los encuestados manifestaron haberla adquirido mediante su experiencia personal en implantaciones. El estudio también muestra que la implantación de herramientas Lean ha impactado positivamente en el personal, aumentando significativamente los niveles de formación, motivación, polivalencia en los puestos, autonomía y responsabilidad de los empleados.

Y respecto a los diferentes sistemas de participación del personal que se han empleado para involucrar a los empleados, los grupos de mejora y los grupos de decisión son los que mejor han funcionado, mientras que el sistema de sugerencias y el sistema de incentivos han sido los peor valorados.

**f. ¿Qué cambios necesitamos hacer para implantar Lean Construction?**

Muchos empresarios de la industria de la construcción han manifestado su preocupación y también desconocimiento sobre la dificultad y el coste de implantar Lean Construction. Lean no está basado en inversiones caras de tecnología ni software. Las primeras etapas de implantación de Lean Construction se pueden llevar a cabo con los recursos propios que dispone actualmente la empresa, ya que las oportunidades de mejora al comienzo de la implantación son por regla general muy altas. No obstante, Lean abraza también la tecnología, pero la inversión debe venir acompañada de los resultados y beneficios obtenidos durante las primeras fases de implantación, y una vez se tome la decisión de adoptar una nueva tecnología, debemos asegurarnos de que sea fiable, que esté absolutamente probada y que dé servicio a los empleados y a sus procesos.

Por otra parte, el sector de la construcción necesita también un cambio de actitud, sobre todo a nivel de cultura, en cuanto a la gestión de la empresa y el negocio, ya que históricamente ha sido un sector muy tradicional. Invertir una parte de los beneficios en formación, innovación y servicios externos de consultoría también es una asignatura pendiente cuando hablamos de construcción. Saber adaptarse a los cambios rápidamente y ser flexible es uno de los aspectos que marcan la diferencia entre aquellas empresas que sobreviven y crecen, incluso durante las épocas de crisis, y aquellas que desaparecen. Si la empresa no dispone de muchos recursos, se puede empezar con un proyecto piloto en un área determinada para asegurar el éxito inicial y, a

partir de ahí, replicar el sistema en las demás áreas y proyectos y más adelante extenderlo al resto de la cadena de suministro.

Una vez tomada la decisión de implantar Lean Construction, los cambios van a afectar a todos; a los diseñadores o proyectistas porque van a tener que adaptarse a las nuevas tecnologías, sobre todo aquellas que tengan que ver con el sistema BIM y las TIC o tecnologías de la información y la comunicación; a los promotores porque a su papel ya, de por sí, relevante como impulsor y patrocinador del proyecto se le puede exigir un rol más participativo a la hora de concretar las necesidades reales del cliente y transmitir las a través de toda la cadena de valor, comprender mejor las dificultades del proyecto y participar más activamente en la mejora continua y la toma de decisiones; y a los constructores y sus proveedores porque su intervención va a comenzar en una etapa más temprana del proyecto y estos podrán participar en la toma de decisiones y la resolución de problemas de una manera más activa.

El uso de herramientas que tengan que ver con el uso de redes colaborativas a nivel global o de intercambio de datos e información entre socios y proveedores, entre diseñadores y constructores, o entre constructores y promotores, afectará también a todos.

Recomendaciones generales	Recomendaciones para el constructor
<p><b>Proporcionar educación sobre la necesidad de una mayor eficiencia</b> Las asociaciones del sector tienen que ofrecer más información sobre <i>Lean Construction</i>, patrocinar la investigación y promocionar la filosofía de la mejora continua</p>	<p>Impulsar el desarrollo de estándares de construcción basados en la eficiencia y la calidad.</p> <p>Impulsar el desarrollo de estándares de construcción basados en la eficiencia y la calidad.</p> <p>Impulsar el desarrollo de estándares de construcción basados en la eficiencia y la calidad.</p>
<p><b>Crear un software que apoye la necesidad de la colaboración interna y externa</b> Las empresas de software tienen la oportunidad de crear mejores herramientas para apoyar la tendencia de <i>Lean</i> hacia una forma de trabajar más colaborativa</p>	<p>Impulsar el desarrollo de estándares de construcción basados en la eficiencia y la calidad.</p> <p>Impulsar el desarrollo de estándares de construcción basados en la eficiencia y la calidad.</p> <p>Impulsar el desarrollo de estándares de construcción basados en la eficiencia y la calidad.</p>

Figura 2.6 Recomendaciones para la implantación Lean Construction (Fuente: Fundación EOI, 2013)

Lean Construction es necesario para poder competir en el mercado de hoy, que es global y altamente competitivo. Con respecto a la velocidad del cambio, se plantean dos escenarios y dos velocidades:

1) Inicialmente es necesario establecer una base de conocimiento y capacitación a través de formación y un poco de ayuda externa para arrancar la implementación. Se requiere la voluntad y el compromiso por parte de todos, pero especialmente de los gerentes de la empresa. Y una vez superada esta primera fase, debe ser la propia empresa la que impulse la mejora continua con su propia gente.

2) Pero si realmente pretendemos un cambio acelerado y de alta velocidad que vaya más allá de mejorar unas cuantas empresas hace falta también la implicación política, de las diferentes organizaciones dentro de la industria de la construcción y de la universidad.



## **2.3) Herramientas a utilizar**

### **Sectorización**

La sectorización es un proceso que se inicia cuando tenemos realizados los metrados correspondientes al proyecto y es una actividad necesaria para iniciar los siguientes pasos del mismo, como por ejemplo los trenes de trabajo, planificación, programación, dimensionamiento de cuadrillas, etc. ya que la programación maestra se hace tomando como unidad mínima los sectores y es indispensable tener la cantidad de sectores por piso para realizar una correcta planificación porque puede darse el caso de que esta cantidad de sectores varíe para los sótanos o algunas partidas críticas que tengan un avance lento.

En este proyecto "Residencial Villa Marquez" se consideró en 4 sectores, ya que con 3 tendríamos tiempos muertos.

### **Programación detallada u horaria:**

Hechos como los observados en esta obra nos demuestran la importancia de analizar a detalle la interacción de las actividades dentro del tren y la posibilidad de cumplir con lo estipulado. El procedimiento de sectorización indica que con los metrados se escoge un número de sectores que debe cumplir ciertas restricciones para ser válido, pero esto no es suficiente para validar que el número de sectores sea correcto, para esto se necesita realizar una programación detallada de las actividades dentro del tren y de la interacción de las cuadrillas con la zona de trabajo.

La programación detallada toma como base el número de sectores y programa día a día las actividades para cumplir con dicha sectorización, al realizar este ejercicio se pueden ver las partidas críticas y si se podrá o no cumplir con dicha sectorización.

### **Tren de Actividades**

El tren de actividades brinda la facilidad de asemejar el sistema de construcción a un sistema mucho más industrializado en el cual se usan las líneas de ensamblaje, el tren de actividades tiene el mismo concepto adaptado a la construcción.

Para este proyecto, se realizó el tren de actividades para todas las partidas que se utilizaran en la obra, esto se realiza estableciendo una secuencia lineal y correlativa entre los sectores y piso para que las cuadrillas avancen por el lugar de trabajo como el producto lo haría por la línea de ensamble en una fábrica.

La aplicación del tren de actividades se puede observar en el Lookahead y las programaciones semanales que se mostraran en las siguientes páginas.

A manera de ejemplo y para graficar la secuencia en los proyectos de edificaciones de manera más clara se coloca el siguiente ejemplo de un tren de trabajo en 4 sectores.

### **Planificación maestra**

La Planificación Maestra es bastante similar a la Planificación general de obra que se realizaba con la metodología tradicional de construcción porque busca prever lo que pasara durante la ejecución del proyecto. Sin embargo, existe una diferencia fundamental entre los 2 tipos de planificación, lo que le brinda mayor confiabilidad a la planificación maestra. La diferencia que mencionamos es que en la construcción tradicional se usa una planificación general de obra en la cual se extiende hasta el detalle la planificación, según esto se podría saber que viga estará vaciando en un día cualquier entre otras cosas. En contraste a esto el Last Planner presenta una planificación por hitos, en los cuales no se entra en tanto detalle para saber qué haremos cada día sino que se pone hitos (fechas límites) que se tienen que cumplir. Para lograr dicho objetivo propone otras herramientas de planificación más detallada.

### **Lookahead Plan**

El Lookahead es una programación intermedia del sistema Last Planner y la duración de esta depende principalmente de 2 factores, el horizonte máximo de la variabilidad para el proyecto y el mínimo del tiempo que tomen levantar las restricciones. El encargado de realizar el Lookahead para nuestro caso es el Ing. Residente y la duración de estos es de 4 semanas. El Lookahead de 4 semanas se tiene como un estándar en LUGANO, ya que al realizar proyectos de edificaciones en Lima la variabilidad no es tanta como en proyectos al interior del país y 4 semanas es un tiempo prudente para levantar todo tipo de restricciones.

### **Programación semanal**

Las programaciones semanales se obtienen a través de la expansión de la planificación intermedia o Lookahead, para nuestro caso las programaciones semanales se realizaban todos los viernes en una reunión entre el Ingeniero Residente y los ingenieros del staff de obra. El ingeniero residente es el responsable de elaborar el Lookahead mientras que el Ingeniero de campo en coordinación con el Ingeniero de oficina técnica son los responsables de gestionar los recursos y asignar los responsables para el levantamiento de restricciones, por consiguiente en cada reunión se establecían las actividades que se programaran en la semana teniendo en cuenta que ya se hayan levantado las restricciones previas.

Una vez establecidas las actividades libres de restricciones se procedía a establecer la cantidad de trabajo que se asignará a cada cuadrilla en la semana, esta cantidad de trabajo ya estaba definida con anterioridad en el Lookahead, pero se verificaba nuevamente porque en algunos casos cambiaban las condiciones de trabajo (menos mano de obra, más avance requerido, etc.)

### **Nivel General de Actividad**

Es una herramienta que propone el Lean Construction para tener un resultado general de la productividad en la obra y que puede servir como un indicador de la eficiencia con que se están realizando los trabajos en obra. Consiste en mediciones de Trabajos Productivos (TP), trabajos contributorios (TC) y trabajos no contributorios (TNC) que se realiza en toda la obra y para todos los obreros con la finalidad de tener un indicador claro del nivel de productividad general.

El nivel general de actividad consiste en una serie de mediciones en las que se especifica el tipo de trabajo que está realizando cada obrero al momento de la medición (TP, TC TNC), si se desea entrar en mayor detalle se puede mencionar el tipo de trabajo contributorio y no contributorio específico que se visualizó, mas no se puede hacer esto en el trabajo productivo debido a que se tendría una lista enorme que solo entorpecería el proceso. Según Serpell (1993) se necesita un total de 384 mediciones como mínimo para tener resultados estadísticamente válidos, por lo que en el caso de LUGANO se trabaja con formatos de 400 datos por medición o hasta que se acabe la actividad.

Las mediciones se pueden realizar de distintas maneras dependiendo de la persona que las realice, pero lo importante de estas es que se llegue a medir a

todos los trabajadores de la obra. Para esto las mediciones se pueden hacer desde un punto estacionario si es que se puede visualizar toda la obra desde ahí, caso contrario lo ideal es ir recorriendo la obra de principio a fin y realizando las mediciones por zonas.

Las mediciones en campo del nivel general de actividad necesitan de un trabajo previo en el cual se tiene que elaborar las plantillas o formatos de medición e identificar las distintas actividades que se encontraran en obra para asociarlas y generar los grupos de TC y TNC, dado que estos pueden tener algunas variaciones dependiendo del tipo de obra y las actividades que se están realizando. Sin embargo, existen algunas que de por si están presentes en todas las obras como por ejemplo el transporte y las esperas.

Las mediciones en campo se deben de realizar en escenarios normales de obra (no situaciones atípicas) y de preferencia en diferentes días de la semana para minimizar los efectos de la variabilidad y tener resultados más acordes a la realidad, esto basado en que algunos autores sostienen que la productividad del personal es mayor los días entre semana y es menor los días viernes y sábado.

### **Cartas de Balance**

Las Cartas de Balance son una herramienta potentísima del Lean Construction, esto debido a que es una de las bases junto con el Last Planner y la Teoría de las restricciones para que la gestión de las obras sea efectiva. Como se mencionó anteriormente la filosofía Lean buscaba principalmente lograr un sistema de producción efectivo y para esto se tenía que mantener el flujo constante, optimizar los flujos y finalmente optimizar los procesos.

Como se sabe la continuidad del flujo se logra a través del manejo de la variabilidad y el uso de buffers, lo cual nosotros integramos en el uso del Last Planner. Para lograr un flujo eficiente se utilizan los conceptos de física de producción basados en la teoría de las restricciones (TOC), entonces el último paso que tenemos por dar para lograr la meta que propone el Lean Construction es lograr que nuestros procesos sean eficientes, es aquí en donde cobran importancia las cartas de balance.

Las cartas de balance toman un proceso específico y lo analizan a nivel de la mano de obra, con la finalidad de obtener los tiempos que le dedican los trabajadores a cada actividad dentro de la partida. Al igual que en el caso del

Nivel General de Actividad (NGA) divide los trabajos en Productivos (TP), Contributorios (TC) y No Contributorios (TNC), pero para el caso de las cartas de balance sí se realiza un listado total de las actividades que comprende dicho trabajo y se analiza a qué grupo pertenece cada actividad (TP, TC y TNC), esto debido a que en los resultados además de obtener el tiempo de ocupación en TP, TC y TNC ; se espera obtener los tiempos de ejecución para cada actividad dentro de dichos tipos de trabajo.

## **CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO**

### **3.1) Descripción de la empresa:**

Un 20 de Junio de 2003 se funda PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES SAC en la ciudad de Lima. Conformada por sólidos capitales peruanos, PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES SAC nace enfocada en proveer a las familias peruanas de viviendas cómodas, seguras y con estructuras funcionales, capaces de brindar un máximo estándar de seguridad y una calidad de acabados de primera.

Hoy con más de 9 años de experiencia. Las más de 250 familias satisfechas que habitan nuestras viviendas respaldan la impecabilidad de nuestro trabajo, habiendo logrado consolidarnos como una constructora eficiente, segura y cumplida con los plazos de entrega.

Gracias al gran equipo de profesionales que laboran en nuestra empresa, hemos logrado desarrollar a través de un moderno diseño y una exclusiva línea de acabados, edificios multifamiliares con los mejores precios del mercado.

Siempre interesados en seguir progresando, nuestro staff recibe capacitaciones continuas con los últimos avances de la construcción moderna, permitiéndonos mantener el liderazgo que nos caracteriza.

Nuestro compromiso continúa y ya tenemos obras proyectadas hasta el 2015. Como promotores buscamos financiamiento de las instituciones bancarias de mayor presencia y prestigio en el Perú y elaboramos los proyectos con los mejores profesionales del medio para ofrecer un producto adecuado al sector al que nos dirigimos.

### 3.2) Descripción del proyecto:

A continuación se presentara los datos más importantes del proyecto en estudio de mi informe:

**Nombre del Proyecto:** Edificio "Villa Márquez"

**Empresa:** Proyectos y Construcciones Lugano S.A.C

**Ubicación:** La obra se encuentra en la avenida Arnaldo Márquez N°825, en el distrito de Jesús María.

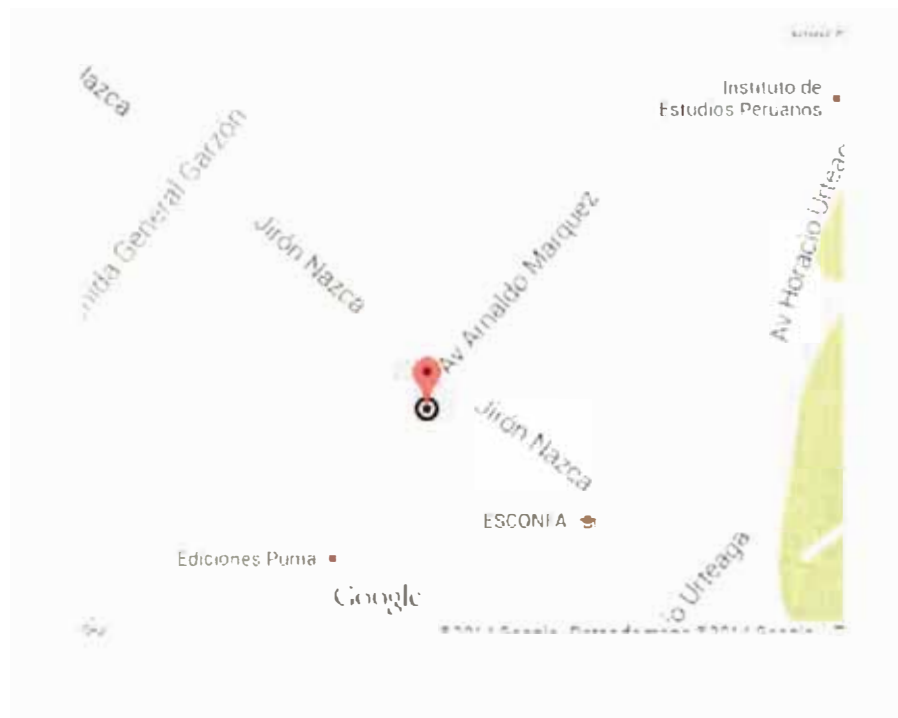


Figura 3.1 Ubicación del proyecto (Fuente: Lugano)

<b>Sótanos:</b>	3 Sótanos y 3 Semisótanos.
<b>Número de Pisos:</b>	10 pisos y azotea
<b>Numero de Torres:</b>	2 Torres (1 era Torre 18 Departamentos) (2da Torre 39 Departamentos)
<b>Área Total:</b>	9437 m <sup>2</sup> .
<b>Presupuesto:</b>	S/. 11 016 768.40

Cuadro 3.1 Resumen del presupuesto del proyecto (Fuente: Lugano)



8 565,00

**PRESUPUESTO RESUMEN**

OBRA: EDIFICIO VILLA MARQUEZ  
 PROPIETARIO : PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC  
 UBICACIÓN : AV. ARNALDO MARQUEZ T.C. 2,78  
 FECHA: 30/11/13

ITEM	ESPECIALIDAD	TOTAL CON IGV	(\$)	
			CON IGV	(\$)/m <sup>2</sup>
1.00	ESTRUCTURAS	S/ 4 301 083,37	\$ 547 152,29	\$180,64
2.00	ARQUITECTURA	S/ 3 544 778,79	\$ 1 275 100,29	\$148,87
3.00	INSTALACIONES ELECTRICAS	S/ 738 299,10	\$265 575,22	\$31,01
4.00	INSTALACIONES SANITARIAS	S/ 628 689,13	\$226 147,17	\$26,40
5.00	INSTALACIONES MECANICAS	S/ 1 17 500,00	\$49 460,43	\$5,77
6.00	EQUIPAMIENTO	S/ 268 270,00	\$96 500,00	\$11,27
7.00	PERSONAL DE OBRA	S/ 658 655,20	\$236 926,33	\$27,66
8.00	GASTOS GENERALES	S/ 739 492,81	\$266 004,61	\$31,06
<b>TOTAL INCLUIDO EL IGV</b>		<b>S/ 11.016.768,40</b>	<b>\$3.962.866,33</b>	<b>\$462,68</b>



### 3.3) Estructura de desglose de trabajo “EDT”

Es una descomposición jerárquica orientada al entregable, relativa al trabajo que será ejecutado por el equipo del proyecto para lograr los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos.

Organiza y define el alcance total del proyecto. También conocida como la regla del 100%. El trabajo no incluido en la WBS queda fuera del alcance del proyecto.

**Entregable:** Cualquier producto, resultado o capacidad de prestar un servicio que debe producirse para terminar un proceso, una fase o un proyecto.

**Paquete de Trabajo:** Entregable del proyecto ubicado en el nivel más bajo de cada sector del WBS.

A continuación tenemos la estructura de desglose de trabajo en la etapa de casco en el proyecto.

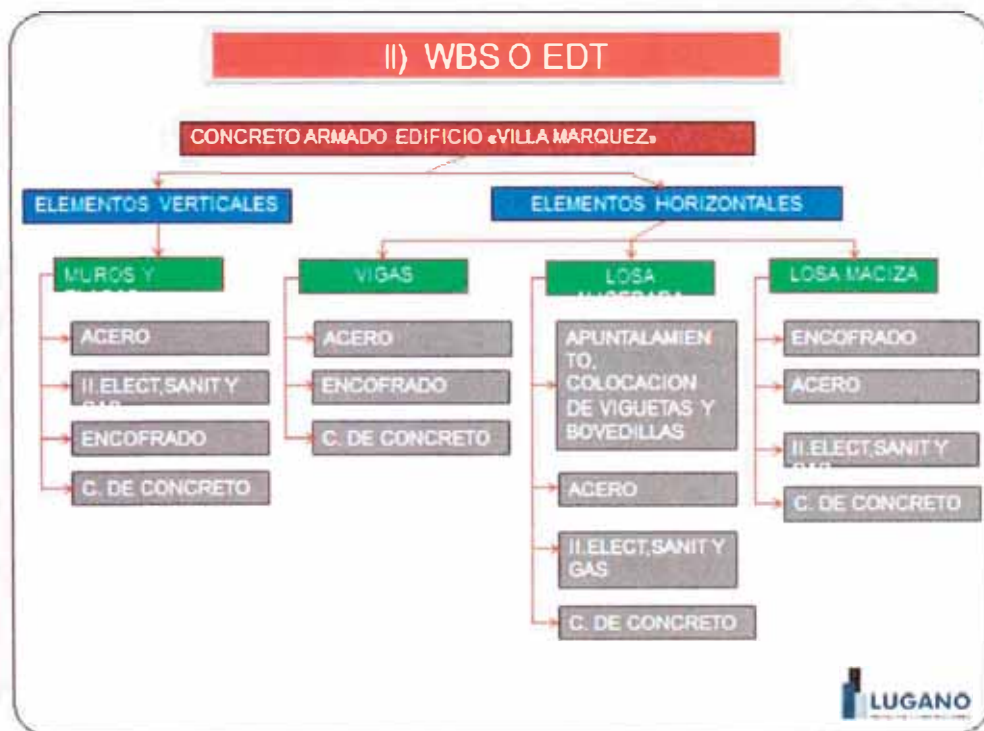


Figura 3.2 Estructura de desglose de Trabajo (Fuente: Propia)

### 3.4) Sistema Constructivo “SISTEMA DE TRANSFERENCIA”

El tipo de sistema estructural más común en el país, para edificios de más de cinco pisos con sótanos, es el dual, formado por pórticos (columnas y vigas) y muros de corte (placas) de concreto reforzado. Las actuales exigencias de los municipios en cuanto al número de estacionamientos con que debe contar cada departamento del multifamiliar, hace poco probable que aquellos puedan ser previstos superficialmente dentro del lote, debiéndose optar por construir uno o más sótanos.

El funcionamiento de estas áreas para el estacionamiento de vehículos hace que el sistema de pórticos tenga parámetros que limitan bastante la ubicación y geometría de las columnas de su sistema estructural: las zonas para maniobras deben tener más de 6 metros libres de obstáculos, y los espacios para el estacionamiento de los vehículos son de alrededor de los 2.50 metros de ancho por 5 metros de fondo. Además debemos tener en cuenta las zonas libres para las rampas de comunicación entre los diferentes niveles de los sótanos; generalmente estas rampas, (zonas para la circulación de vehículos y comunicación entre niveles de sótanos), son de 3 metros de ancho, pero son comunes los casos en los que, por el número de vehículos que deberán ser estacionados, las rampas deban ser de 6 metros de ancho. La situación se complica, para ubicar las columnas, debido a que los ejes de las rampas son generalmente perpendiculares a los respectivos de las zonas de maniobras, creándose así amplias áreas libres (sin columnas o muros) en forma de L, de C de U ó de O. Más aún, como el valor de venta de los estacionamientos no resulta un negocio rentable respecto del costo de los mismos (hay excavaciones, muros de sostenimiento tensados, techo para los sótanos, vigas y columnas generosamente dimensionadas y reforzados), usualmente los arquitectos procuran colocar, en cada nivel, la mayor cantidad de parqueos posibles, para así no tener que construir un oneroso sótano adicional. En consecuencia es difícil ubicar un número tal de columnas (o muros) que permita un sistema racional, técnica y económicamente (así como no es eficiente colocar columnas en cada separación de parqueos, es decir cada 2.50 metros, tampoco es económico hacerlo cada tres, es decir cada 7.50 metros). Afortunadamente, y debido a la configuración estructural de los sótanos (rodeados por muros de sostenimiento muy rígidos, lo que también puede ser hecho en primeros pisos), las solicitaciones sísmicas para aquellos, cuyos efectos pueden medirse

indirectamente por las deformaciones laterales de los entresijos, los estados de carga que rigen el diseño de columnas, muros y vigas son los de las verticales, no el estado de carga horizontal (sismos).

Así usualmente nos enfrentamos, al comenzar a formular un proyecto, con el desafío que tenemos para establecer y pre-dimensionar el sistema estructural del (de los) sótano (s). Tendremos dificultad para proporcionarle una debida sección transversal a las columnas y tendremos vigas que subtienden libremente los seis metros del área para maniobras (o las rampas anchas), cuando no el espacio para tres estacionamientos, es decir 7.50 metros. Así nos encontramos con, sin haber aún abordado la torre para viviendas u oficinas, un sistema dual para los sótanos con vigas de luces considerablemente grandes y algunas columnas sometidas a altos esfuerzos; esto obligará a que las dimensiones de las secciones transversales de vigas y columnas en los sótanos ya sean generosas.

Es prácticamente imposible, salvo que el proyecto de arquitectura esté estructuralmente muy bien concebido, conciliar las extensas áreas libres de los sótanos (zona de parqueos, de rampas y de maniobras) con la distribución para los ambientes de la torre comercial o multifamiliar. Es decir, no resulta sencillo 'subir' las columnas y muros que hemos ubicado cuidadosamente en los sótanos, sin que aparezcan en sitios indeseables en los pisos superiores; también debemos cuidar que las vigas que unen dichas columnas y/o muros no 'corten' ambiente alguno, con la agresividad estética que esto implica. Es, por lo expuesto, poco probable que se consiga una conciliación exitosa y, en el mejor de los casos, hay que recurrir a soluciones poco recomendables, por lo forzadas o por no cumplir con las normas. Es así que el proyecto se complica de tal manera que no queda más remedio que desmerecer la estética (la arquitectura) con columnas en pasillos o ambientes, y con vigas que pasan dentro de los ambientes. Aquí debo mencionar la 'solución' facilista y comúnmente recurrida del uso de las llamadas vigas 'chatas' (vigas embebidas dentro de la losa) que creen algunos proyectistas son eficientes para soportar carga y sismo; pero esto no es cierto, porque los números pueden sustentar que son capaces de resistir la flexión, pero generalmente el cortante hay que tomarlo sólo con el concreto por el poco peralte de la viga chata, pero ¿y qué sucederá con las deflexiones, para vigas chatas de regular luz? Sencillamente el concreto se fisurará. Queda sobrentendido que la insignificante rigidez de estas vigas chatas hace que no

sean apropiadas para las acciones sísmicas; en la práctica no pueden ser consideradas como parte del sistema sismo resistente.

Un factor que debo mencionar es que, usualmente para el caso de multifamiliares, las plantas de la torre son típicas, con excepción del primer piso, el que alberga al ingreso peatonal, el vehicular, la vigilancia y (a veces) la zona social. Así, la 'intrusión' de las columnas y vigas en los ambientes se vuelve un mal repetitivo, que afecta todo el edificio.

Para el caso de un edificio de pórticos, el constructor debe proceder a construir sucesiva e ininterrumpidamente las columnas, vigas y losas, para después 'regresar' con cuadrillas que se ocupen de la albañilería (erección, revestimiento e instalaciones interiores). En estos casos debe ser considerado que los elementos de los pórticos (columnas, muros y vigas) cumplen la función de soportar las cargas verticales (pesos muertos y vivos) y las horizontales (acciones sísmicas), mientras que la albañilería sólo sirve para independizar los ambientes, es decir prácticamente no resiste esfuerzo alguno, constituyéndose en un costo sin beneficio.

Notamos que es difícil, para edificios de alrededor de diez pisos (en varios distritos de Lima lo usual son los edificios de siete pisos más uno o dos sótanos), conciliar el esquema de los pórticos de los sótanos con los de la torre encima de estos (cuando no imposible, sin hacer sacrificios, sean arquitectónicos, sean estructurales); tenemos también el desperdicio de la importante partida de la tabiquería, cuyo beneficio estructural es muy reducido; ¿y el cronograma?, es más lento fabricar el sistema estructural de pórticos hasta el último piso para después construir y revestir la tabiquería.

Algo que es también importante de mencionar es el costo del casco; un usual edificio de siete pisos y dos sótanos tiene una densidad de acero que va desde los 32 kgs/m<sup>2</sup> (para un proyecto aceptablemente hecho) hasta los 36 kgs/m<sup>2</sup> (si no se tiene el debido oficio); la densidad del concreto oscila entre los 0.4 a 0.5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, y se tiene que agregar el estructuralmente casi inservible gasto en la tabiquería. Un sistema de transferencia bien concebido, con todas las exigencias reglamentarias y conceptuales, permite reducir el costo del casco entre 22% (para sólo siete pisos de torre), hasta cerca del 30%.

Estas circunstancias casi obligan al calculista a buscar una solución alternativa, no sólo para resolver los problemas técnico-estéticos citados, sino para conseguir un ahorro en el costo de la edificación (especialmente en esta coyuntura económica mundial, que obligará a optimizar el uso de los cada vez más caros materiales y a tener un producto terminado que tenga un precio de venta competitivo con la gran oferta de inmuebles, y la previsible disminución en la demanda).

Desde el 2002 se comenzó a usar, incipientemente y con los errores propios de toda innovación, el así llamado sistema de transferencia (mal llamado 'losa de transferencia', ya que es todo un sistema y una tecnología). Se generó no por otra razón que la de un multifamiliar en que la distribución del sótano no permitía, aún después de innumerables intentos, establecer un apropiado sistema de pórticos que no perjudicar seriamente el planteamiento de la arquitectura para las viviendas.

Desde ese momento el sistema se ha venido mejorando, sea por aportes constructivos y bien intencionados de colegas de mente abierta, sea por las críticas de los revisores de las municipalidades (desafortunadamente hechas casi siempre sin aportar sustento técnico alguno). En la actualidad al sistema de transferencia ya se le ha dado vigencia legal, al haber sido incorporado al Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), tanto en la Norma E-030 (Diseño sísmo resistente) en su anexo 2, como en la Norma E-060 (Concreto armado) en las Especificaciones normativas para muros de ductilidad limitada. Este hecho es de gran importancia, para evitar que profesionales sin el oficio adecuado se aventure a diseñar este delicado sistema.

¿En qué consiste el sistema mencionado? Esencialmente se trata de tomar todas las providencias técnicas que permitan tener un sistema dual para los estacionamientos (un sistema de pórticos y muros) que se acomode a las exigencias del mismo estacionamiento y de la circulación de los vehículos, y otro sistema estructural diferente para la torre, con la debida transmisión de los esfuerzos desde esta hacia el sistema de abajo, especialmente las acciones sísmicas; en mi opinión lo más importante es evitar el fenómeno de piso blando, es decir, que la rigidez del sistema de transferencia sea menor que la de la torre, esto es, que las acciones sísmicas 'fluyan' debidamente y con seguridad desde arriba hasta la cimentación.

¿Cómo se consigue esto? Es necesario establecer un único y definido sistema estructural para la torre; luego, y mediante el análisis sísmo resistente pertinente, garantizar que una parte importante de la resistencia a las cargas horizontales sea asumida por elementos verticales que 'bajan' al sistema de transferencia, el que, como mencioné, debe ser, además de muy robusto estructuralmente, prácticamente indeformable lateralmente.

¿Qué ventajas tiene? Entre otras, el sistema tiene la ventaja del costo del casco: está comprobado que, respecto al sistema convencional de pórticos, se consigue un ahorro en concreto y acero de entre el 22% (para torres de unos cuatro o cinco pisos) y el 29% (para torres de nueve a once pisos); con la tendencia al alza del costo del acero y del concreto, este dinero ya es importante. La otra ventaja que amerita ser mencionada es la rapidez en la ejecución del casco: no hay columnas ni vigas estructurales que fabricar en la torre (encofrar, armar y colar), no hay que 'regresar' después del desencofrado para construir la tabiquería. Debo reiterar también la obtención de una solución que salvaguarde el diseño de la arquitectura y la estética para el futuro propietario.

En contraposición es necesario mencionar las desventajas: al ser la torre para viviendas basada en muros (de albañilería o de concreto) a la vez sísmos resistentes y portantes, esta configuración no ofrece facilidades para modificar de ubicación los muros, una vez colados los techos. La otra se refiere al sistema de transferencia propiamente dicho, que es generalmente de un piso: las vigas de este sistema dual llevan grandes dimensiones (entre 35 y 50 cms de ancho, y entre 70 y 120 de peralte), lo que obliga a que el proyecto de arquitectura prevea una altura piso a techo del sistema (generalmente en el sótano), atípica respecto a lo usual.

En lo que respecta al proceso en sí del cálculo, este tiene necesariamente que ser hecho por un calculista senior (familiarizado con el sistema), por múltiples razones: el proceso de modelado del sistema conlleva una gran experiencia u oficio, ya que debe ser conseguido un sistema dual seguro, indeformable y que no exagere innecesariamente en el consumo de materiales; el desarrollo debe ser minucioso y con plena concentración, por la cantidad de operaciones y verificaciones involucradas (un sistema de transferencia usual para una torre de siete pisos lleva, sólo para las vigas, más de 3,000 delicadas verificaciones,



todas las que deben ser hechas sin error alguno); la experiencia en haber diseñado sistemas de transferencia es también un requisito, ya que permite, examinando los resultados, percibir inmediatamente si se ha deslizado un error en el modelado o en las operaciones anteriores, al obtener un número de un inusual orden de magnitud; por último, es frecuente se presenten casos que cubran toda la gama de aspectos del cálculo (parrillas, vigas en torsión, vigas quebradas, flexión biaxial, soluciones especiales para apoyar las vigas, esfuerzos altos sólo en unas pocas vigas, deformaciones no admisibles).

La construcción del sistema también obliga a una exigente, minuciosa y experimentada supervisión, vista la gran cantidad de elementos estructurales con alta densidad de refuerzo y con múltiples e inusuales detalles. Esta exigencia tiene que ser hecha para uno solo de los pisos, pero la construcción de la torre (múltiples pisos) se convierte en muy sencilla por ser convencional y repetitiva, prácticamente un edificio construido sobre una 'platea' (techo del sistema de transferencia) y de planta generalmente típica.

### 3.5) Proveedores y contratistas

Cuadro 3.2 Cuadro de Principales Proveedores (Fuente: Propia)

PROVEEDORES PRINCIPALES		
CONCRETO	UNION DE CONCRETERAS S.A.C	
ACERO:	TRADI SA	
VIGUETAS Y BOVEDILLAS	FIRTH SA	

Cuadro 3.3 Cuadro de Principales Contratistas (Fuente: Propia)

CONTRATISTAS PRINCIPALES		
ENCOFRADO DE ELEMENTOS VERTICALES Y HORIZONTALES	CONSTRUCTORA WC PERU	
ACERO:	CONSTRUCTORA WC PERU	
COLOCACION DE CONCRETO	CONSTRUCTORA WC PERU	
TARRAJEO Y SOLAQUEO	HUGO EULISES JESUS TRUJILLO	



### 3.6) Proyecto Terminado.



Figura 3.3 Proyecto terminado (Fuente: Lugano)

## CAPÍTULO IV: APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO.

En este capítulo indicaremos las fases o procesos que llevo el edificio y aplicaremos las herramientas en las siguientes etapas constructivas:

### 4.1) PROCESO CONSTRUCTIVO:

En este proyecto se hizo en 3 etapas:

#### PRIMERA ETAPA:

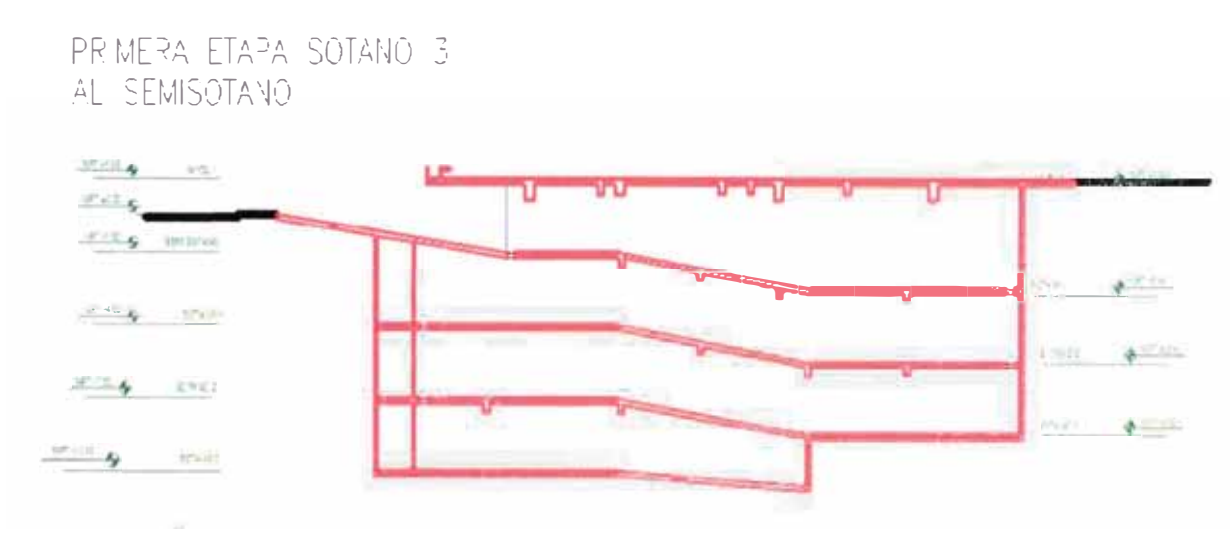


Figura 4.1 Corte en Sótanos (Fuente: Lugano)

En esta primera etapa se planeó construir los sótanos, comenzando con los muros pantalla (3 anillos) desde el semisótano hasta el sótano 3. Comenzando con la eliminación masiva de material existente hasta llegar a los niveles de los sótanos.

Después de ello se comienza a tensar cada anillo, se realizaba 4 a 5 tensiones diarias y al día siguiente la cuadrilla de acero armaba e instalaba la malla en cada paño y después termina con la cuadrilla de encofrado y colocación de concreto de muros pantalla.

Terminando de bajar con los 3 anillos de muros pantalla comenzamos con las vigas de cimentación, zapatas, elementos verticales como las columnas y

elementos verticales en las vigas, eso se hizo desde el sótano 3 al sótano 1 (Sistema aporticado).

En un sector del sótano 1 y todo el semisótano tenemos la losa de transferencia, esta losa va aguantar toda la carga del edificio, teniendo vigas que llegaban un peralte de 0.85 m, esto conlleva a tener como 7 sectores en esa losa, ya que el cubicaje de la losa y la viga eran mucho mayores en comparación con las demás losas.

### **SEGUNDA ETAPA:**

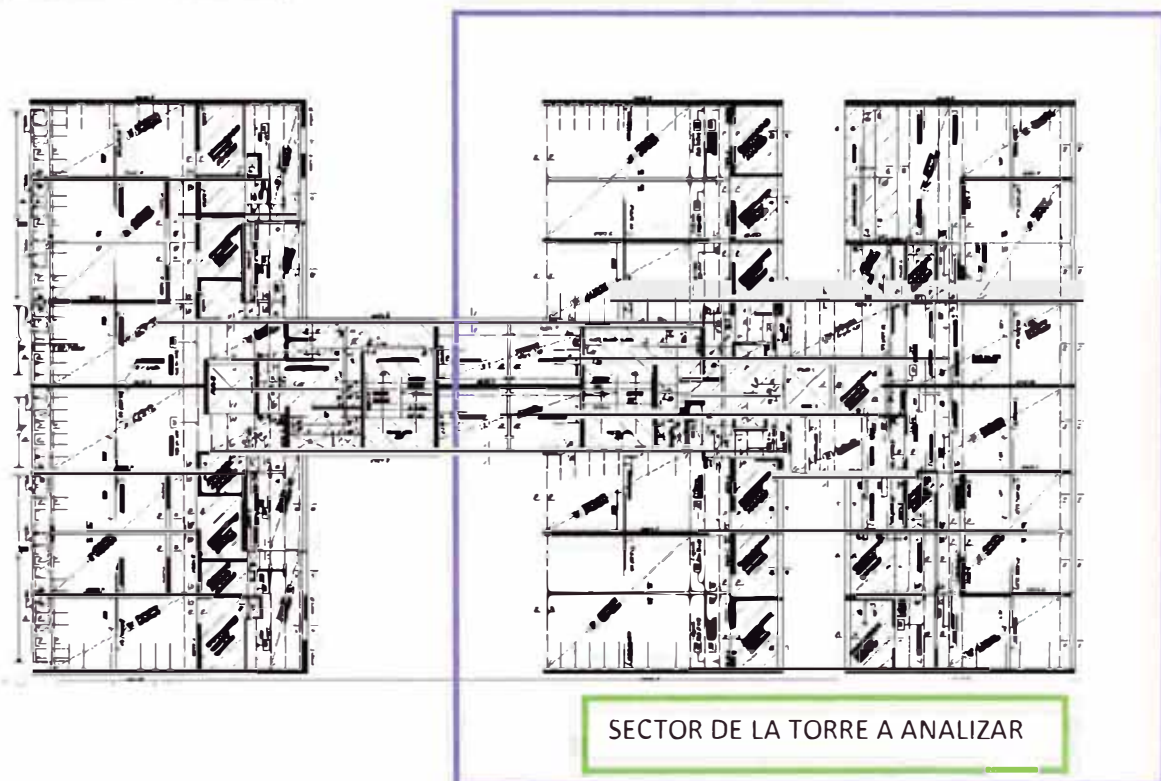


Figura 4.2 Plano en planta estructuras (Fuente: Lugano)

En esta etapa se hace el casco del edificio, este sistema tiene elementos verticales e muros y elementos horizontales de losa maciza y aligerada. El transporte vertical se hizo con winche, donde se programaba los materiales a subir por hora.

En la torre B que voy a analizar, se hizo un tren de 4 sectores por piso, en cada sector van estar la cuadrilla de acero, instalaciones eléctricas, sanitarias de gas, encofrado y vaciado. Todo este tren va estar programado por un lookahead semanal, teniendo un PPC y un análisis de restricciones.

Mi programación de vaciado va estar contemplada en la mañana losa (10:00 am) y en la tarde placas (02:00 pm), por ende mi sectorización de placas pueden llegar a un máximo de 3 mixers.

### TERCERA ETAPA.

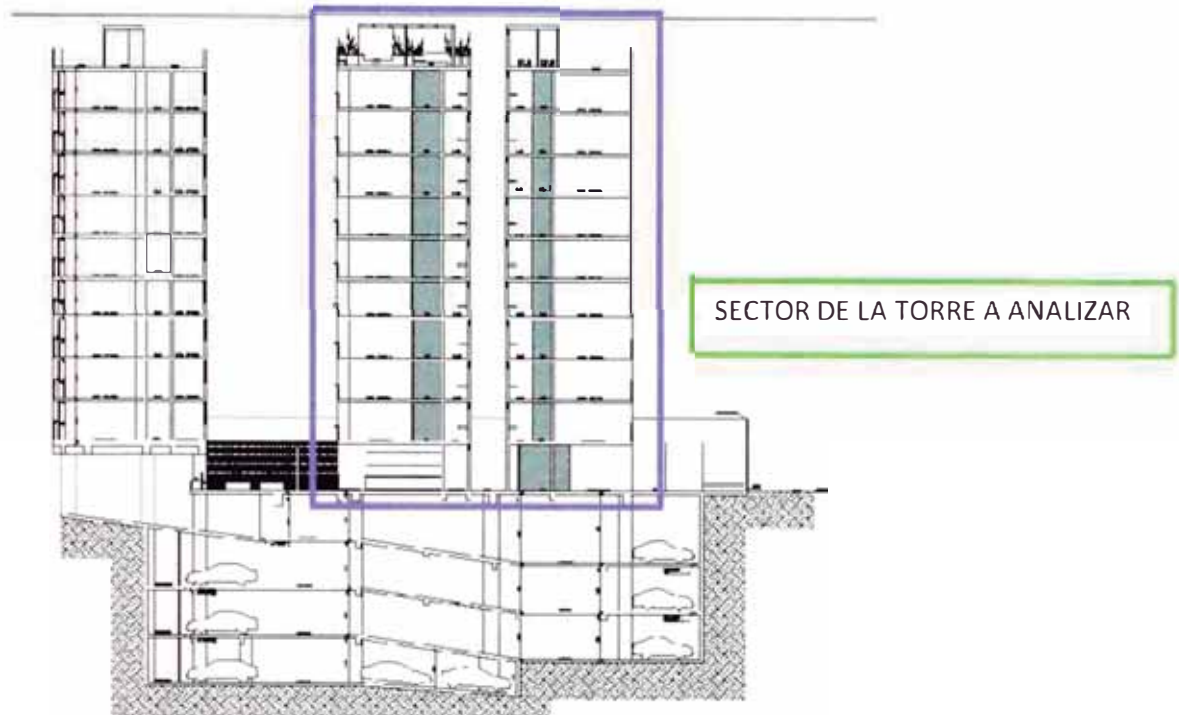


Figura 4.3 Plano en corte edificio (Fuente: Lugano)

En esta última etapa se hizo la programación de acabados como tarrajeo cielo raso, solaqueo y tarrajeo de muros y asentado de ladrillo blanco.

Igual que el casco, se hizo una programación lookahead de estos acabados en la Torre B comenzando el tarrajeo cielo raso, tarrajeo de muros y después asentado de muros de ladrillo blanco con sus rendimientos respectivos y una identificación de los sub procesos que debemos de tener en cuenta para que el flujo no pare y se cumpla con lo programado.

Se hace un porcentaje de plan cumplido (PPC) y un análisis de restricciones donde vamos a identificar qué actividad hay que mejorar con las herramientas de carta balance.





### 4.3) SECTORIZACIÓN Y TREN DE TRABAJO:

Teniendo el cronograma maestro, voy a analizar la etapa de casco de la Torre B. Para esto debemos de iterar la cuadrilla la actividad de encofrado y colocación de concreto. Se debe tener en consideración la cantidad de m<sup>2</sup> de encofrado y m<sup>3</sup> de concreto. La que tenemos que lograr es que tener un encofrado lo más homogéneo posible y tener un cubicaje de concreto no mayor de 24 m<sup>3</sup> (3 mixer de Unicon) pues la disponibilidad de horario podríamos sufrir algún retraso y vernos afectados con nuestra restricción horaria para laborar.

#### PRIMERA ITERACIÓN:

SECTOR 01					
Muro	Perimetro	Area	Altura	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
A	28.10	11.20	2.40	67.44	2.69
B	5.00	1.90	2.40	23.76	0.79
C	1.80	0.60	2.40	4.32	0.17
D	30.50	11.70	2.40	77.52	2.89
E	21.00	7.80	2.40	49.92	1.86
F	16.37	5.30	2.40	27.29	1.04
G	8.50	3.20	2.40	20.16	0.76
R1-R2	5.07	0.35	2.40	12.17	0.43
R2-R2	4.70	0.33	2.40	11.08	0.41
V1-V1	5.00	0.30	1.10	8.90	0.33
Z5-Z5	13.65	1.49	1.20	16.41	1.79
Z6-Z6	7.60	0.84	1.20	9.58	1.01
				<b>Encofrado (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
				217.88	15.63

SECTOR 02					
Muro	Perimetro	Area	Altura	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
J1	6.40	0.34	2.40	15.36	0.82
K	10.70	0.80	2.40	25.68	1.92
L	16.36	1.09	2.40	39.26	2.62
M	3.53	0.26	2.40	10.87	0.62
N	11.05	0.81	2.40	26.52	1.94
O	16.30	1.20	2.40	39.12	2.88
M1	6.40	0.34	2.40	15.36	0.82
I	13.80	1.02	2.40	33.12	2.45
H	11.75	0.98	2.40	28.20	2.35
J	11.75	0.98	2.40	28.20	2.35
V2-V2	1.00	0.20	1.20	2.40	0.24
R1-R1	4.60	0.41	1.20	11.16	0.71
R4-R4	5.04	0.71	1.20	12.10	0.81
Z1-Z1	7.80	1.10	1.20	11.52	1.61
Z2-Z2	13.65	1.49	1.20	16.41	1.79
Z3-Z3	3.00	0.40	1.20	4.32	0.48
Z4-Z4	3.00	0.40	1.20	4.32	0.48
				<b>Encofrado (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
				25.90	25.90

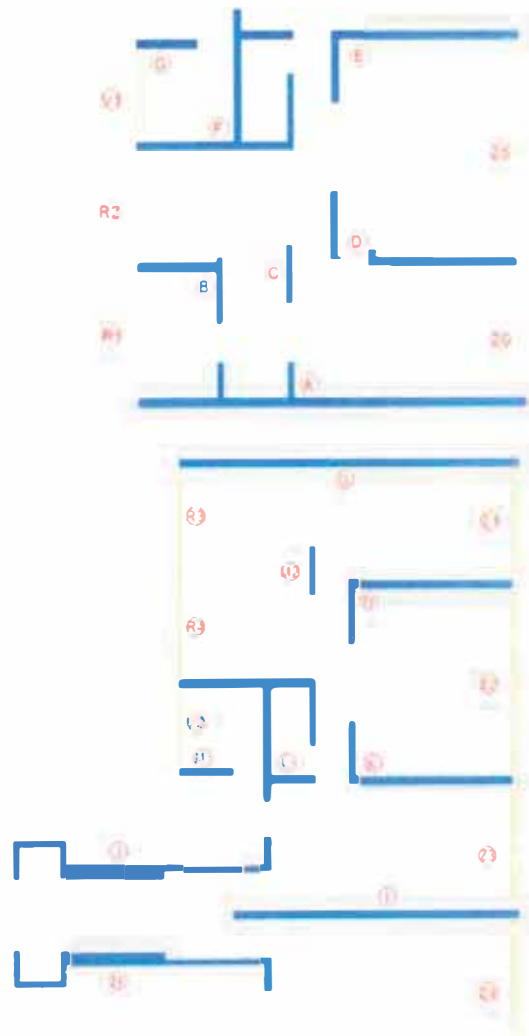


Figura 4.4 Primera Iteración Sector 1 y 2 (Fuente: Propia)

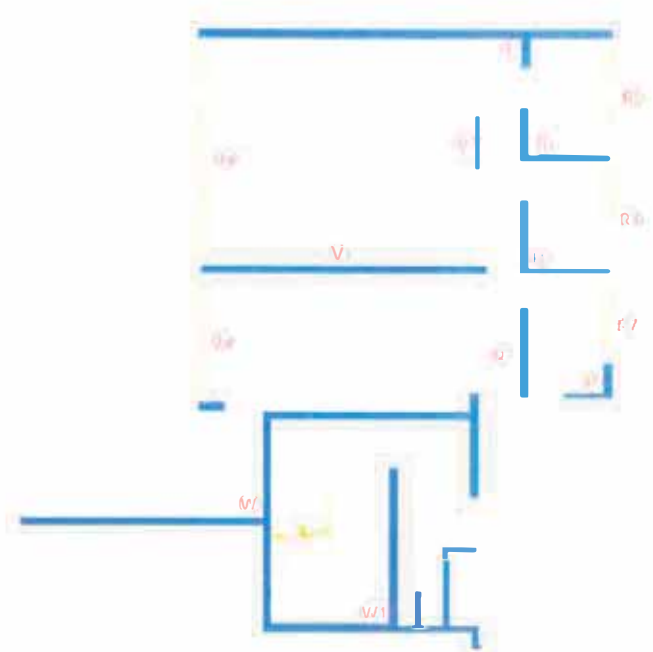
**SECTOR 03**

Muro	Perímetro	Area	Altura	Encofrado (m2)	Volumen (m3)
------	-----------	------	--------	----------------	--------------

P	3.30	0.19	2.40	7.92	0.46
Q	3.98	0.28	2.40	9.55	0.67
R	6.60	0.39	2.40	15.84	0.94
S	5.73	0.33	2.40	13.75	0.79
T	18.25	1.35	2.40	43.80	3.24
U	1.60	0.08	2.40	3.84	0.19
V	11.45	0.85	2.40	27.48	2.04
W	25.60	1.69	2.40	61.44	4.06
W1	24.40	1.98	2.40	58.56	4.75
R5-R5	5.08	0.35	2.40	12.19	0.84
R6-R6	4.60	0.32	2.40	11.04	0.77
R7-R7	4.00	0.28	2.40	9.60	0.67

x1-x1	9.80	0.75	1.05	10.29	0.79
C-Arriba	4.6	0.22	1.00	4.60	0.22
C-Abajo	4.6	0.22	0.90	4.14	0.20

Encofrado (m2)	Volumen (m3)
294.05	20.62



**SECTOR 04**

Muro	Perímetro	Area	Altura	Encofrado (m2)	Volumen (m3)
------	-----------	------	--------	----------------	--------------

X	3.30	0.19	2.40	7.92	0.46
Y	7.28	0.43	2.40	17.47	1.03
Z	11.45	0.85	2.40	27.48	2.04
A-A	6.60	0.40	2.40	15.84	0.96
B-B	5.78	0.33	2.40	13.87	0.79
C-C	18.20	1.34	3.40	61.88	4.56
D-D	1.60	0.07	2.40	3.84	0.17

J arriba	4.85	0.35	1.05	5.09	0.37
J abajo	4.85	0.35	0.85	4.12	0.30
R8-R8	1.90	0.12	2.40	4.56	0.29
R9-R9	2.38	0.16	2.40	5.71	0.38
R10-R10	4.70	0.33	2.40	11.28	0.79
R11-R11	5.07	0.35	2.40	12.17	0.84
x2-x2	9.80	0.75	1.05	10.29	0.79
J arriba	4.85	0.35	1.05	5.09	0.37
J abajo	4.85	0.35	0.85	4.12	0.30

Encofrado (m2)	Volumen (m3)
210.74	14.43

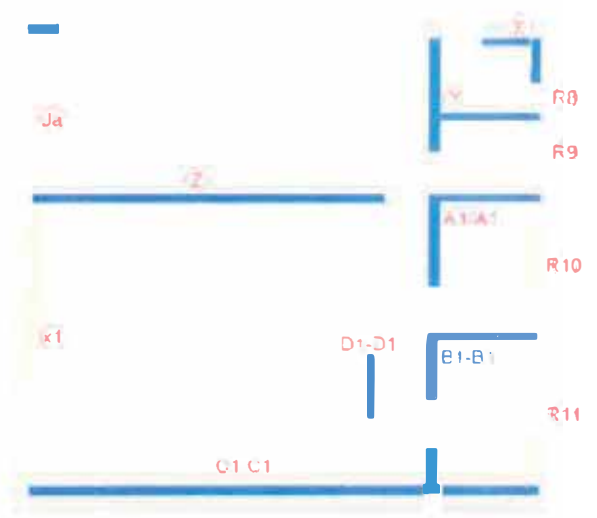


Figura 4.5 Primera Iteración Sector 3 y 4 (Fuente: Propia)

Se tiene el cuadro resumen de la primera iteración:

Cuadro 4.2 Resumen de la primera iteración (Fuente: Propia)

Sector 01	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
	217.88	15.63
Sector 02	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
	336.56	25.90
Sector 03	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
	294.05	20.62
Sector 04	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
	210.74	14.43

Como se puede observar en esta 1era iteración obtenemos sectores con metrado algo distante, tanto para encofrado de placas como para volumen de concreto, por lo que se procederá a una 2da iteración para poder uniformizarlas más.

### SEGUNDA ITERACIÓN:

Para esta ocasión se hizo un RFI o consulta al ingeniero proyectista estructural si es factible partir alguna placa para fines de obtener sectores casi métricos, respondió la consulta fue aprobada pero debemos de colocar un núcleo extra justo en el corte, que fue de 4Ø5/8" y estribos de @ 0.15 cm.



Figura 4.6 Plano con corte en el muro (Fuente: Propia)



SECTOR 01					
Muro	Perimetro	Area	Altura	Encofrado (m2)	Volumen (m3)
A	18.70	1.31	2.40	44.88	3.14
B	6.00	0.40	2.40	14.40	0.96
C	1.60	0.07	2.40	3.84	0.17
D	10.54	0.77	2.40	25.30	1.85
E	11.05	0.61	2.40	26.52	1.46
F	16.37	1.10	2.40	39.29	2.64
G	4.55	0.27	2.40	10.92	0.65
H1	6.40	0.34	2.40	15.36	0.82
I	13.80	1.02	2.40	33.12	2.45

R1-R1	5.07	0.35	2.40	12.17	0.84
R2-R2	4.70	0.33	2.40	11.28	0.79
V1-V1	3.00	0.30	1.10	3.30	0.33
Z4-Z4	9.31	1.00	1.20	11.17	1.20
Z5-Z5	13.68	1.49	1.20	16.42	1.79
Z6-Z6	7.98	0.84	1.20	9.58	1.01

Encofrado (m2)	Volumen (m3)
277.54	20.09

SECTOR 02					
Muro	Perimetro	Area	Altura	Encofrado (m2)	Volumen (m3)
J1	6.40	0.34	2.40	15.36	0.82
K	10.70	0.80	2.40	25.68	1.92
L	16.36	1.09	2.40	39.26	2.62
M	4.53	0.26	2.40	10.87	0.62
N	11.05	0.81	2.40	26.52	1.94
O	16.30	1.20	2.40	39.12	2.88

V2-V2	3.00	0.30	1.10	3.30	0.33
R3-R3	4.60	0.32	2.40	11.04	0.77
R4-R4	5.08	0.35	2.40	12.19	0.84
Z1-Z1	7.98	0.84	1.20	9.58	1.01
Z2-Z2	13.68	1.49	1.20	16.42	1.79
Z3-Z3	9.31	1.00	1.20	11.17	1.20

Encofrado (m2)	Volumen (m3)
220.51	16.73

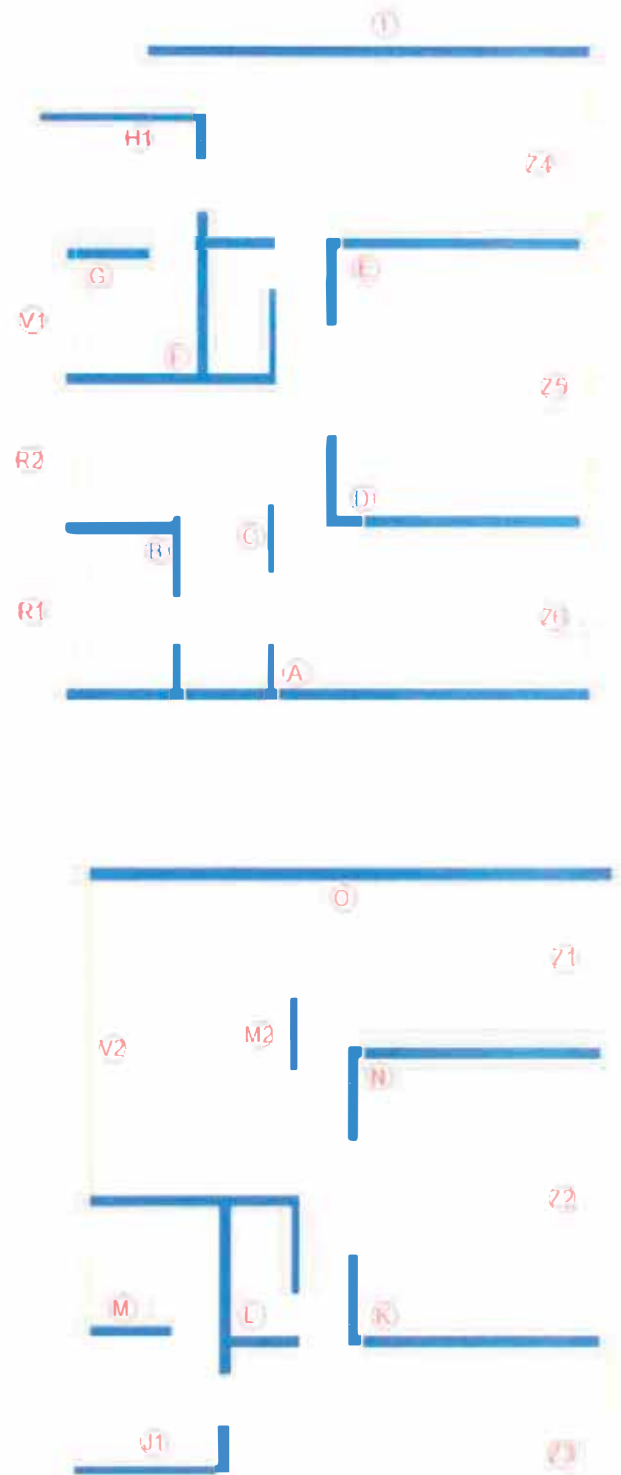
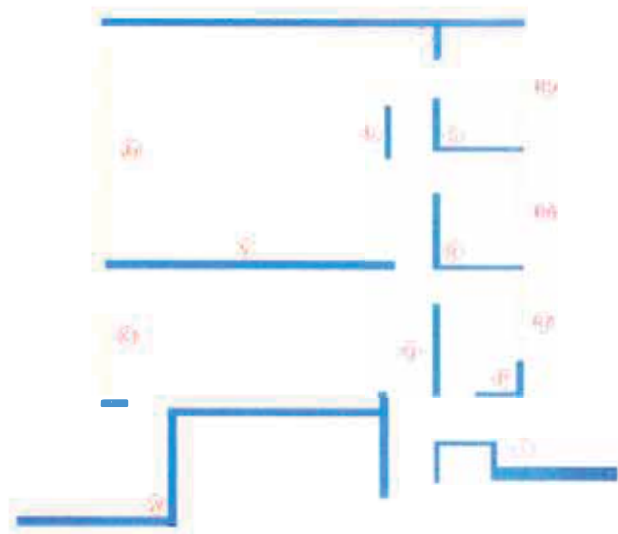


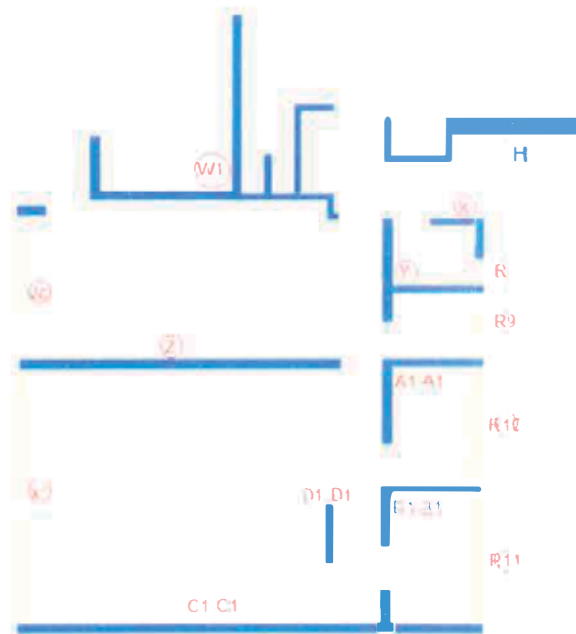
Figura 4.7 Segunda Iteración Sector 1 y 2 (Fuente: Propia)

SECTOR 03					
Muro	Perimetro	Area	Altura	Encofrado (m2)	Volumen (m3 )
J	11.75	0.98	2.40	28.20	2.35
P	3.30	0.19	2.40	7.92	0.46
Q	3.98	0.28	2.40	9.55	0.67
R	6.60	0.39	2.40	15.84	0.94
S	5.73	0.33	2.40	13.75	0.79
T	18.25	1.35	2.40	43.80	3.24
U	1.60	0.08	2.40	3.84	0.19
V	11.45	0.85	2.40	27.48	2.04
W	25.60	1.69	2.40	61.44	4.06
R5-R5	5.08	0.35	2.40	12.19	0.84
R6-R6	4.60	0.32	2.40	11.04	0.77
R7-R7	4.00	0.28	2.40	9.60	0.67
J arriba	4.85	0.35	1.05	5.09	0.37
J abajo	4.85	0.35	0.85	4.12	0.30
x1 - x1	9.80	0.75	1.05	10.29	0.79
C- Arriba	4.6	0.22	1.00	4.60	0.22
C- Abajo	4.6	0.22	0.90	4.14	0.20



Encofrado (m2)	Volumen (m3 )
272.90	18.89

SECTOR 04					
Muro	Perimetro	Area	Altura	Encofrado (m2)	Volumen (m3 )
W1	24.40	1.98	2.40	58.56	4.75
X	3.30	0.19	2.40	7.92	0.46
Y	7.28	0.43	2.40	17.47	1.03
Z	11.45	0.85	2.40	27.48	2.04
A-A	6.60	0.40	2.40	15.84	0.96
B-B	5.78	0.33	2.40	13.87	0.79
C-C	18.20	1.34	3.40	61.88	4.56
D-D	1.60	0.07	2.40	3.84	0.17
H	11.75	0.98	2.40	28.20	2.35



R8-R8	1.90	0.12	2.40	4.56	0.29
R9-R9	2.38	0.16	2.40	5.71	0.38
R10-R10	4.70	0.33	2.40	11.28	0.79
R11-R11	5.07	0.35	2.40	12.17	0.84
x2 - x2	9.80	0.75	1.05	10.29	0.79
J arriba	4.85	0.35	1.05	5.09	0.37
J abajo	4.85	0.35	0.85	4.12	0.30
C- Arriba	4.6	0.22	1.00	4.60	0.22
C- Abajo	4.6	0.22	0.90	4.14	0.20

Encofrado (m2)	Volumen (m3 )
297.03	21.28

Figura 4.8 Segunda Iteración Sector 3 y 4 (Fuente: Propia)

Se tiene el cuadro resumen de la segunda iteración:

Cuadro 4.3 Resumen de la segunda iteración (Fuente: Propia)

<b>Sector 1</b>	<b>Encofrado (m2)</b>	<b>Volumen (m3)</b>
	277.54	20.09
<b>Sector 2</b>	<b>Encofrado (m2)</b>	<b>Volumen (m3)</b>
	220.51	16.73
<b>Sector 3</b>	<b>Encofrado (m2)</b>	<b>Volumen (m3)</b>
	272.90	18.89
<b>Sector 4</b>	<b>Encofrado (m2)</b>	<b>Volumen (m3)</b>
	297.03	21.28

Como se puede apreciar tenemos las cantidades de encofrado y concreto semejantes y las cantidades de mixer no pasan de 3 unidades. Adicionalmente tenemos áreas de techo similar para las actividades de losa aligerada y losa maciza.

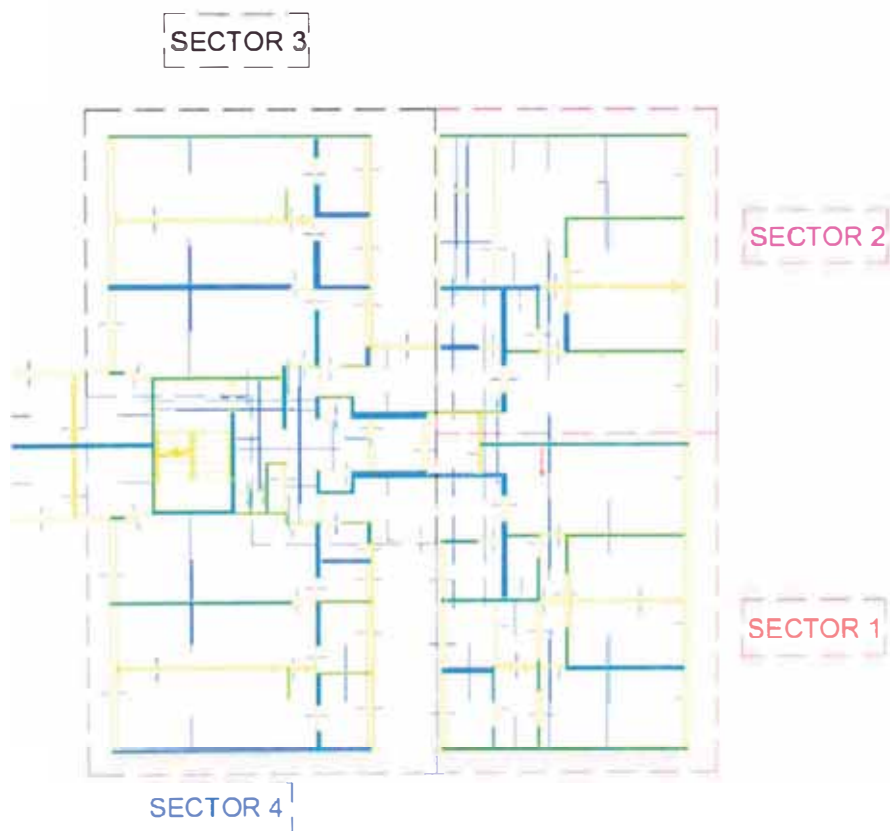


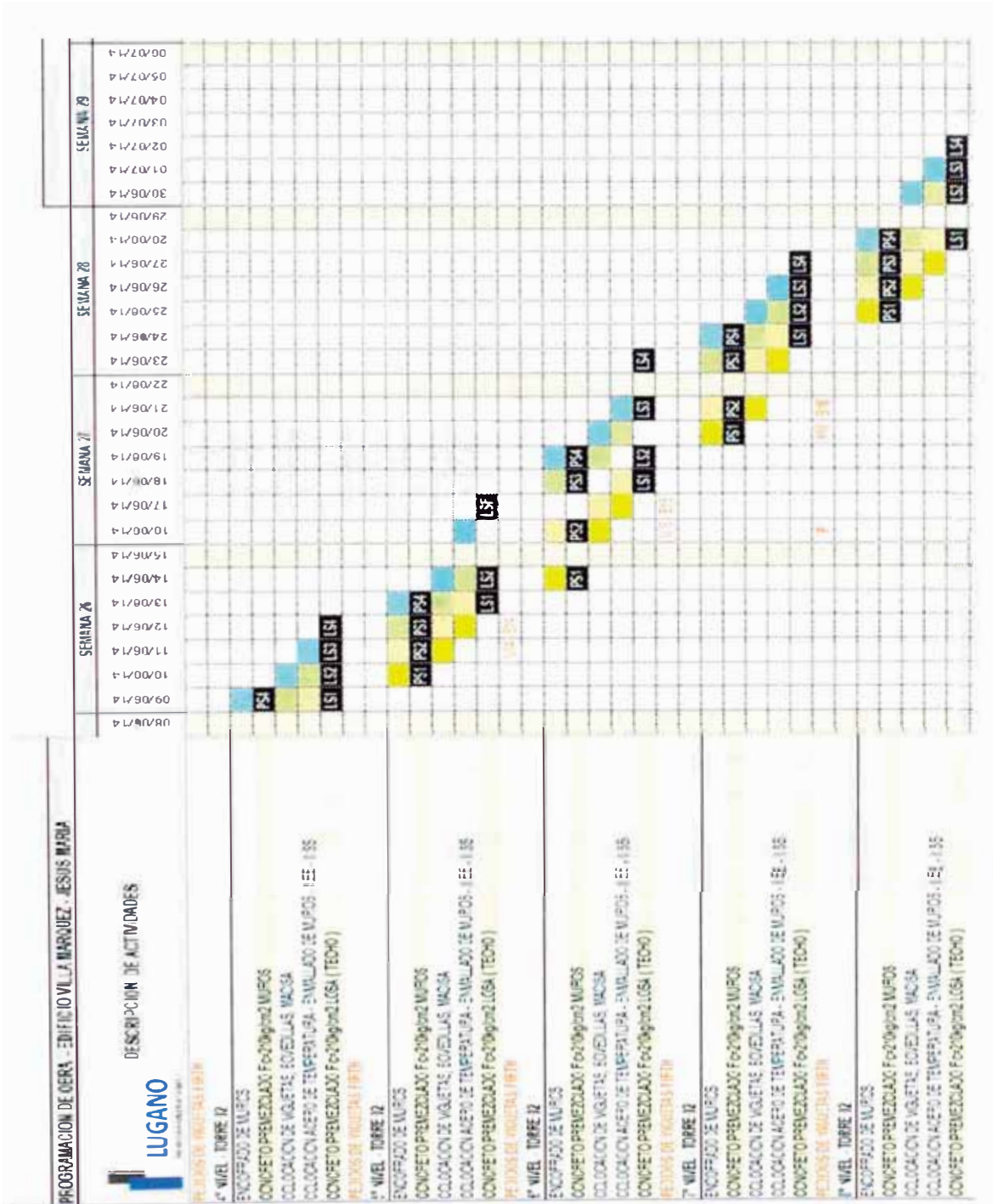
Figura 4.9 Sectorización en Casco Torre B (Fuente: Propia)

### 4.4) PLANEAMIENTO Y LOOKAHEAD 4 SEMANAS:

#### 4.4.1) ETAPA DE CASCO

Teniendo la sectorización de 4 sectores se hace el tren de actividades en la etapa de casco con un horizonte de 4 semanas. Como se nota en la figura se va a realizar vaciado de techo en la mañana y vaciado de muro por día.

Cuadro 4.4 Programación de Casco a 4 semanas (Fuente: Lugano)





#### **4.4.2) ETAPA DE ACABADOS:**

Teniendo el tren de casco de una semana piso y medio, tenemos lo siguiente:

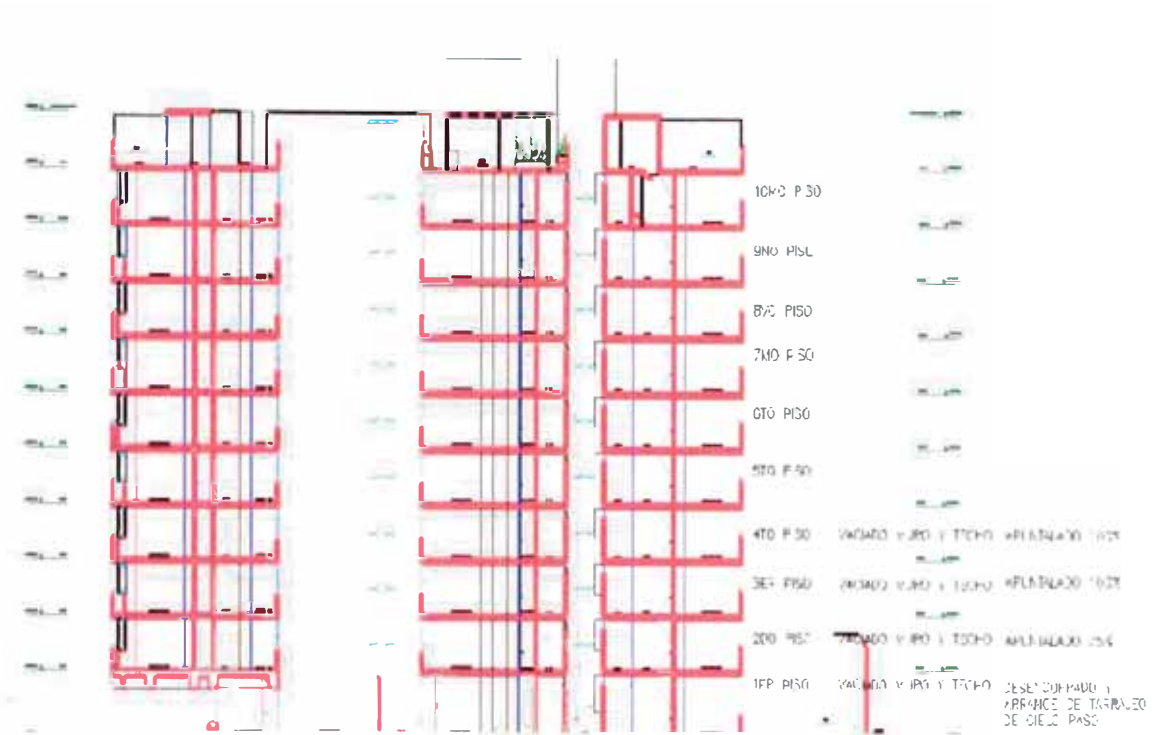


Figura 4.10 Plano de arranque etapa acabados (Fuente: Lugano)

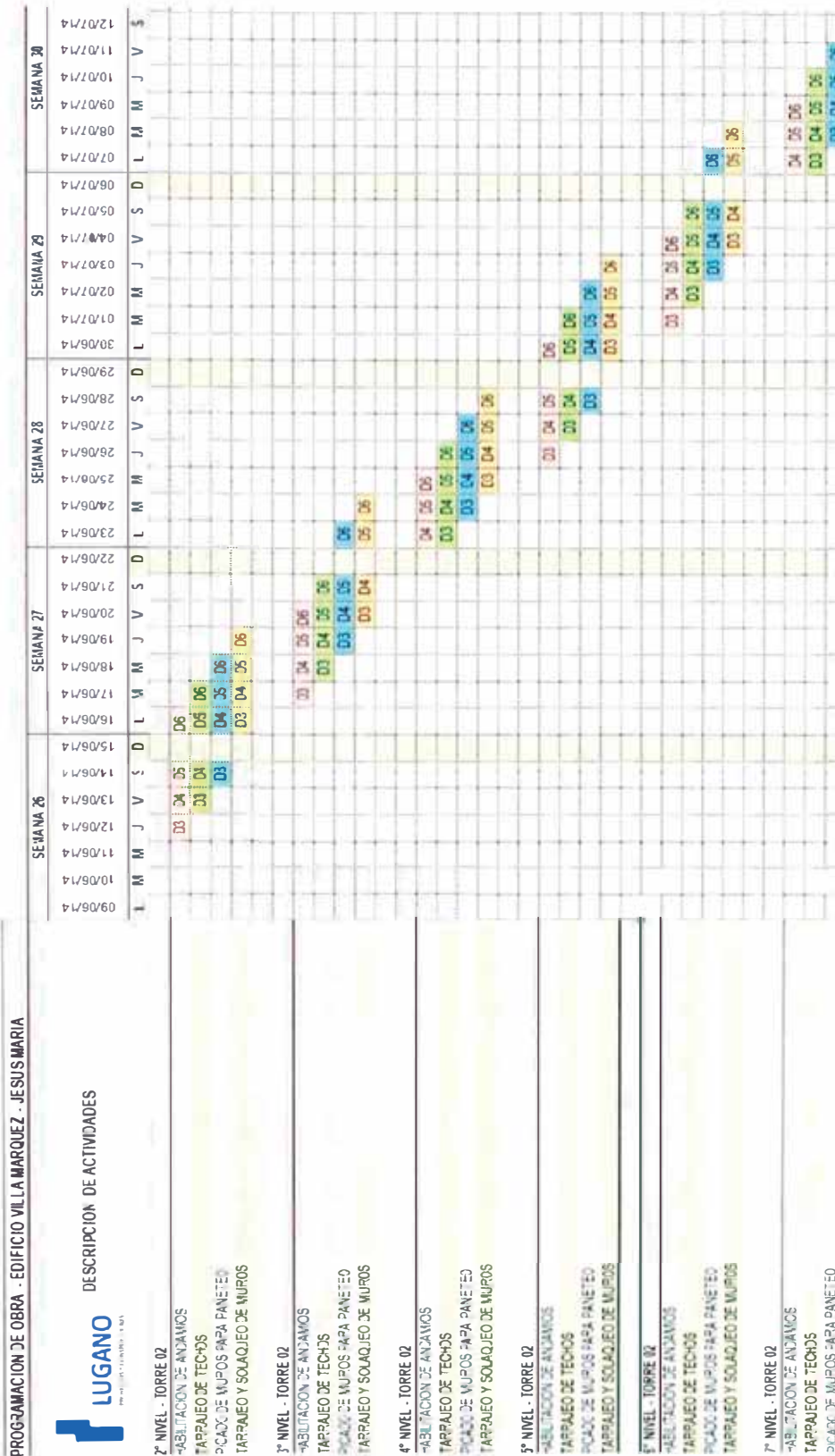
#### **Tarrajeo y Solaqueo:**

Como se ve en la figura podemos comenzar a desencofrar y comenzar con la actividad de cielo raso, no se va a esperar terminar el casco para poder realizar el trabajo.

Terminado la actividad del cielo raso, comenzamos con la actividad de tarrajeo y solaqueo de muros, para esto ya deberíamos de haber descubierto los puntos eléctricos, sanitarios y de gas, ya que si no lo hacemos tendríamos muchos puntos de picado por filtración o por obstrucción en tubería eléctrica etc.

Se hizo la programación parecida al de casco (4 sectores), en este caso se dividieron por departamentos, el cual se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 4.5 Programación de Tarrajeo a 4 semanas (Fuente: Lugano)



A continuación se hace la sectorización por departamento teniendo la siguiente figura:



Figura 4.11 Sectorización de Tarrajeo Torre B (Fuente: Lugano)

En esta parte debemos agrupar actividades para que el flujo no pare. Por ejemplo si tenemos tarrajeo cielo raso en el Dpto. 03, ese día los andamieros ya deberían estar habilitando el andamio en el Dpto. 04.

Asimismo pasa con el Tarrajeo de muros, si estoy en el Dpto. 03 tarrajeando, ese mismo día tendría una cuadrilla picoteando y colocando los puntos en los muros del Dpto. 04 para que la cuadrilla de tarrajeo solo produzca y no haya tiempos muertos.

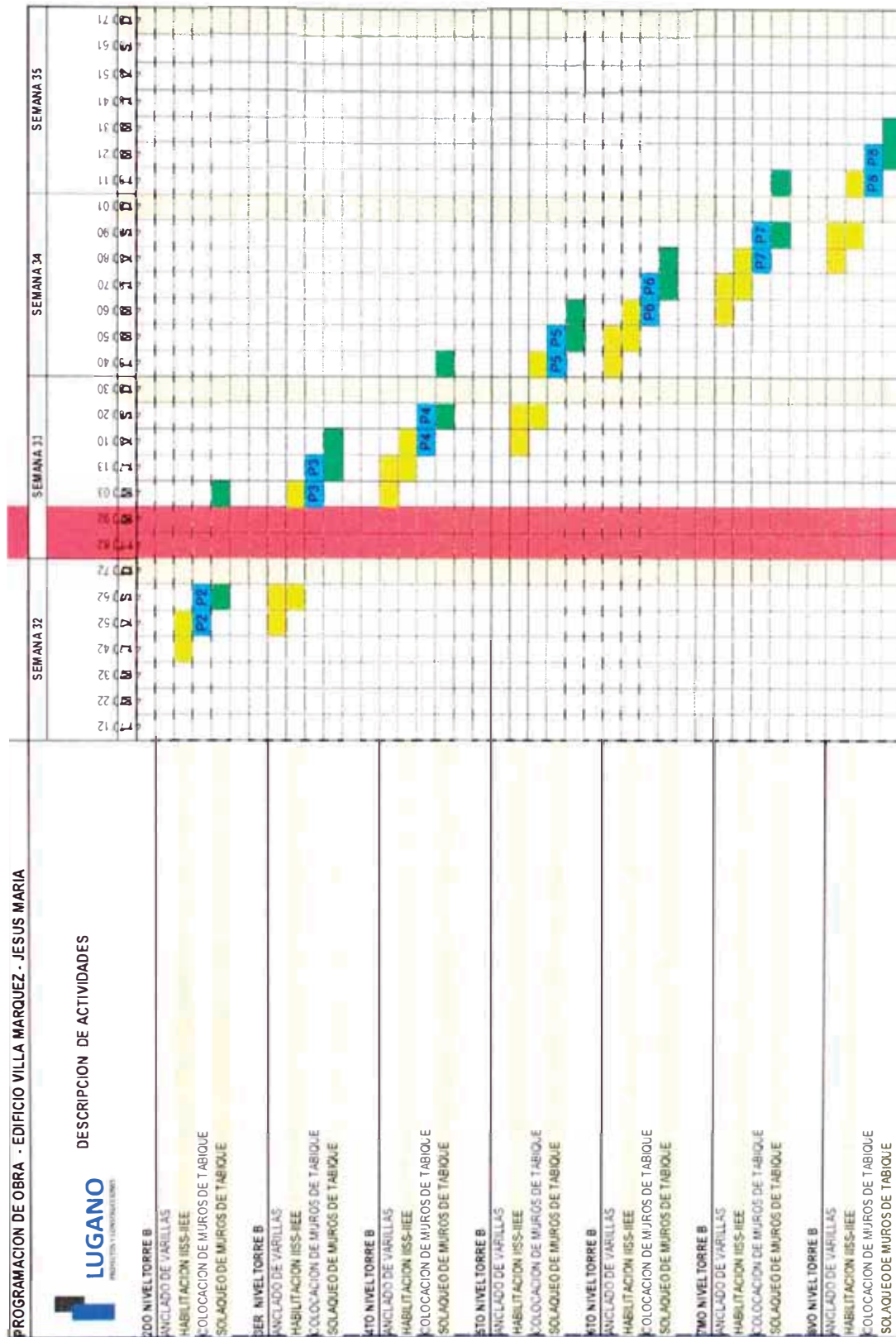
### **Tabiquería de ladrillo blanco:**

La siguiente cuadrilla se dividió 2 partes, una en los departamentos 03 y 04 y la otra en los departamentos 05 y 06.

En esta parte debemos agrupar actividades para que el flujo no pare. Por eso mi tren será primero el trazo del tabique, anclado de varilla de acero, después la habilitación de puntos eléctricos y sanitarios y finalmente se coloca el muro de tabique.

Se hizo la programación en 2 sectores, cual se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 4.6 Programación de Tabique a 4 semanas (Fuente: Lugano)





A continuación se hace la sectorización teniendo la siguiente figura:



Figura 4.12 Sectorización de Tabique Torre B (Fuente: Lugano)

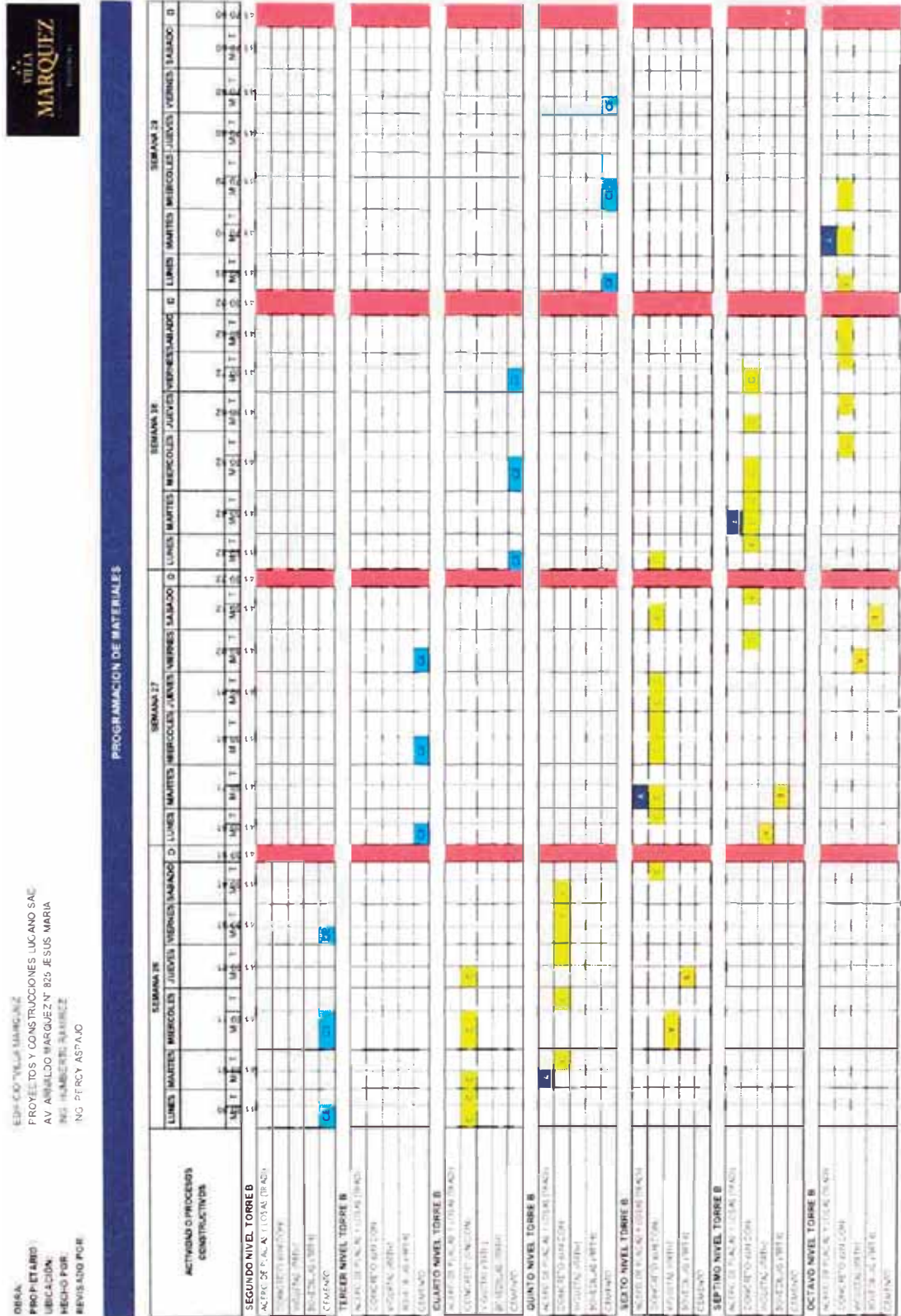
Una parte muy importante para que esta programación se cumpla es la llegada de los materiales, esta gestión de adquisiciones también se programó de acuerdo a la programación de 4 semanas, se tiene que considerar los metrados y la hora de llegada de los materiales ya que tenemos un frente limitado de entrada y salida de materiales.

Cuadro 4.7 Cuadro de Llegada de Materiales (Fuente: Propia)

<b>ACERO:</b>	METRADO APROX:	12 Ton
	PEDIDO:	Una vez por semana
	HORA DE LLEGADA:	07:00 a.m.
<b>CONCRETO</b>	METRADO APROX:	30 m <sup>3</sup> (4 mixers)
	PEDIDO:	Todos los días
	HORA DE LLEGADA:	09:00 a.m.
<b>VIGUETAS</b>	METRADO APROX:	425 ml
	PEDIDO:	3 días antes del vaciado
	HORA DE LLEGADA:	11:00 a.m.
<b>BOVEDILLAS</b>	METRADO APROX:	1800 unid
	PEDIDO:	3 días antes del vaciado
	HORA DE LLEGADA:	11:00 a.m.
<b>CEMENTO</b>	METRADO APROX:	100 bolsas
	PEDIDO:	interdiario (Tarrajeo y solaqueo de muros y techos)
	HORA DE LLEGADA:	11:00 a.m.

## PLANEAMIENTO O LOOKAHEAD DE 4 SEMANAS MATERIALES

Cuadro 4.8 Programación de Materiales 4 semanas (Fuente: Propia)



#### **4.5) PRODUCTIVIDAD Y RATIOS**

Para este caso, se analizó las cuadrillas de acero, encofrado y vaciado en la Torre B.A continuación se mencionara las cuadrillas de cada partida a analizar.

##### **Encofrado**

Encofrado de Muros: 8 operarios + 8 ayudantes.

Apuntalamiento, colocación de losa aligerada y encofrado de losa maciza: 5 operarios +5 ayudantes.

Encofrado de friso: 2 operarios.

Chequeador: 1 operario

Limpieza: 2 ayudantes.

##### **Habilitación y colocación de acero**

Colocación de acero en temperatura y refuerzos: 1 operario y 2 ayudantes.

Colocación de acero en muros: 8 operarios+8 oficiales+ 1 ayudante.

Habilitación de acero: 1operario (Banco) + 2 ayudantes

##### **Colocación de concreto:**

Vaciado de Losa: 2 operarios+1 oficial+2 ayudantes

Vaciado de Muros: 2 operarios+1 oficial+2 ayudantes

##### **Tarrajeo y solaqueo de muros y techos**

Cuadrilla de Cielo Raso: 4 operarios y 2 ayudantes.

Cuadrilla de andamios: 2 oficiales (Carpinteros)

Cuadrilla de Solaqueo de Muros: 8 Operarios +4 ayudantes

Cuadrilla de colocación de puntos en Muros: 2 Operarios.

Cuadrilla de picadores: 2 ayudantes.

**Tabiquería de ladrillo blanco.**

Anclado de acero: 1 Capataz

Ladrilleros: 3 operarios

Cortadores: 2 oficiales

Habilitadores: 2 ayudantes.

Solaqueadores de muro: 2 oficiales.

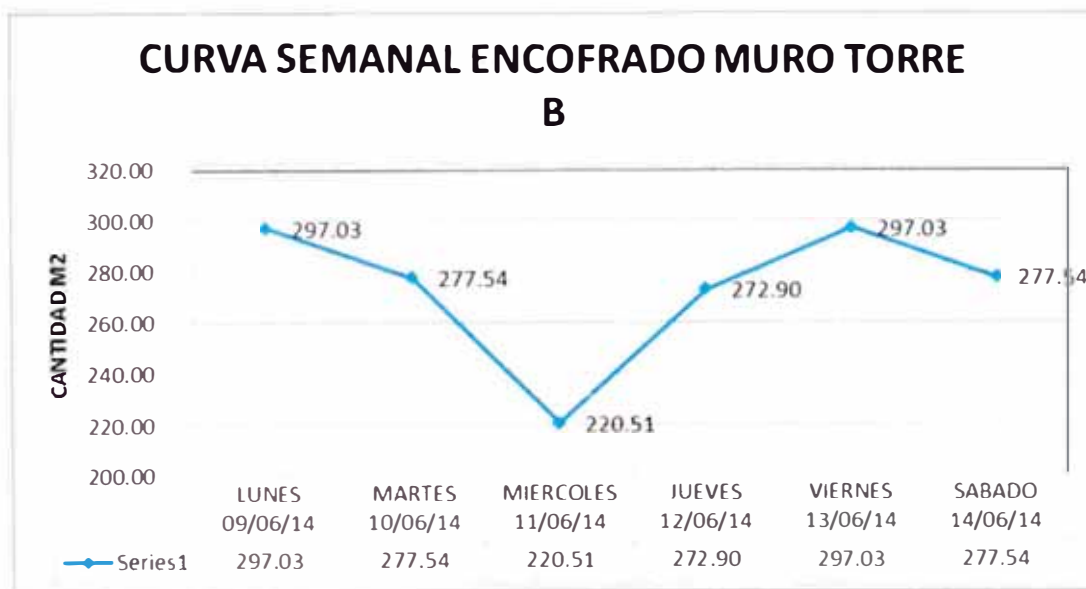
### 4.5.1) Encofrado de muros:

Cuadro 4.9 Cálculo del Rendimiento de Encofrado de Muros (Fuente: Propia)

OBRA:	EDIFICIO VILLA MARQUEZ	HECHO POR:	ING. HUMBERTO RAMÍREZ							
PROPIETARIO:	PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC	REVISADO POR:	ING. PERCY ASPAJO							
UBICACIÓN:	AV. ARNALDO MARQUEZ 825									
CONTRATISTA:	W/C CONTRATISTAS S.A.C									
TIEMPO EJECUTADO:	7:45 AM A 2:00 PM									
CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE CUADRILLAS POR SECTORIZACIÓN TORRE B										
ITEM	ACTIVIDAD	UNID.	METRADO	RECURSOS DE MANO DE OBRA			HH. TOTALES	RENDIMIENTO	METRADO POR PAREJA	
				CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL				PEÓN
ENCOFRADO DE MUROS										
1.01	ENCOFRADO DE MURO SECTOR 1	M2	277.54	0.50	8.00	-	8.00	82.50	0.30	34.69
1.02	ENCOFRADO DE MURO SECTOR 2	M2	220.51	0.50	8.00	-	8.00	82.50	0.37	27.56
1.03	ENCOFRADO DE MURO SECTOR 3	M2	272.90	0.50	8.00	-	8.00	82.50	0.30	34.11
1.04	ENCOFRADO DE MURO SECTOR 4	M2	297.03	0.50	8.00	-	8.00	82.50	0.28	37.13


A continuación tenemos la curva semanal de encofrado de muros:

Cuadro 4.10 Curva Semanal Encofrado de Muros (Fuente: Propia)




### 4.5.3) Habilitación y colocación de acero.

Cuadro 4.13 Cálculo del Rendimiento de Acero en Muros (Fuente: Propia)

OBRA:	EDIFICIO VILLA MARQUEZ	HECHO POR:	ING HUMBERTO RAMIREZ	
PROPIETARIO:	PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC	REVISADO POR:	ING PERCY ASPAJA	
UBICACIÓN:	AV. ARNALDO MARQUEZ 825			
CONTRATISTA:	W.C. CONTRATISTAS S.A.C.			
TIEMPO EJECUT:	7:45 AM A 5:00 PM			

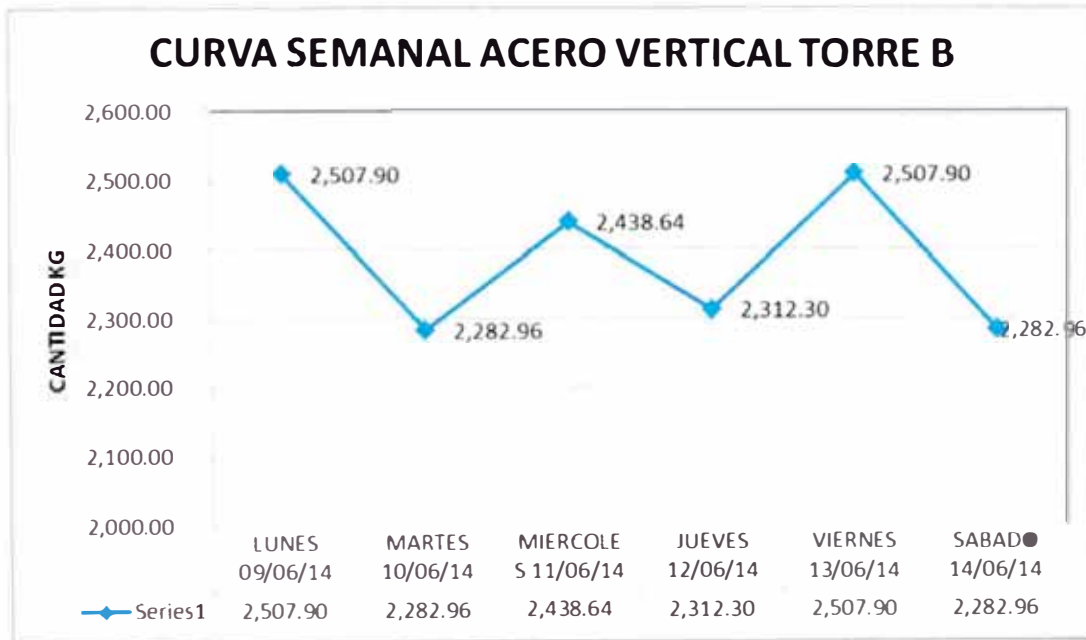
  

CALCULO DE RENDIMIENTO ACERO EN TORRE B										
ITEM	ACTIVIDAD	UNID	METRADO	RECURSOS DE MANDO DE OBRA				HM TOTALES	RENDIMIENTO	METRADO POR PAREJA
				CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PECO			
1.00	ALEROS									
1.01	MUROS SECTOR 1	KG	2,438.64	0.50	8.00	8.00	-	132.00	0.05	304.83
1.02	MUROS SECTOR 2	KG	2,312.30	0.50	8.00	8.00	-	132.00	0.06	289.04
1.03	MUROS SECTOR 3	KG	2,507.90	0.50	8.00	8.00	-	132.00	0.05	313.49
1.04	MUROS SECTOR 4	KG	2,282.96	0.50	8.00	8.00	-	132.00	0.06	285.37

A continuación tenemos la curva semanal de habilitación y colocación de acero:

Cuadro 4.14 Curva Semanal Acero en Muros (Fuente: Propia)





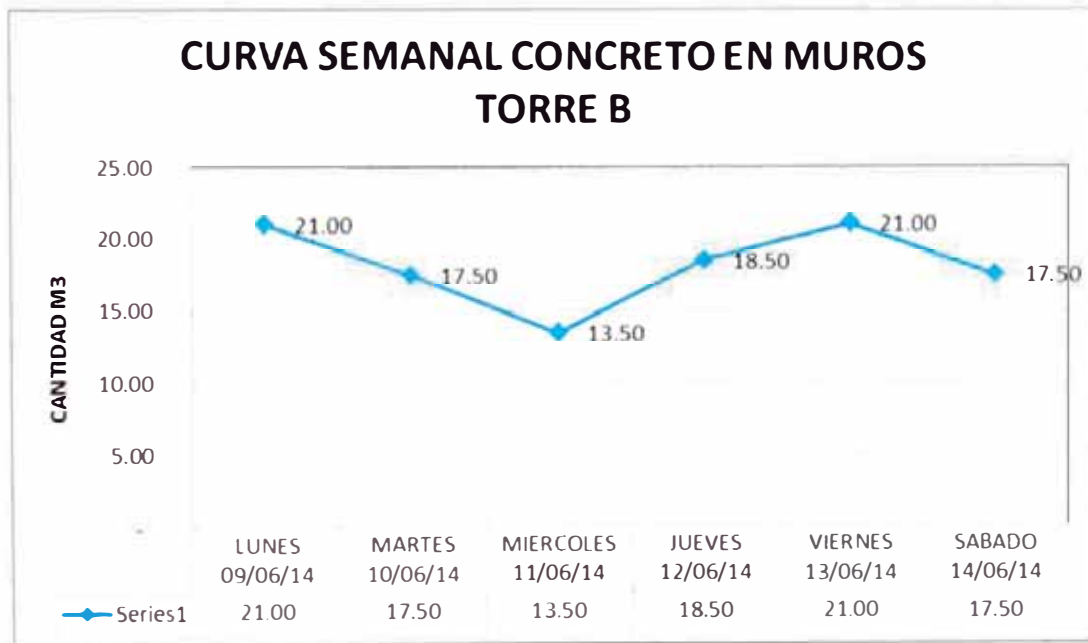
4.5.4) Vaciado de concreto en muros.

Cuadro 4.15 Cálculo del Rendimiento de Concreto en Muros (Fuente: Propia)

OBRA:	EDIFICIO VILLA MARQUEZ	HECHO POR:	ING HUMBERTO RAMIREZ							
PROPIETARIO:	PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC	REVISADO POR:	ING PERCY ASPAJO							
UBICACIÓN:	AV ARNALDO MARQUEZ 825									
CONTRATISTA:	WC CONTRATISTAS S A C									
TIEMPO EJECUTADO:	1:29 A 1:00 PM									
CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE COLOCACION DE CONCRETO DE MURO EN TORRE B										
ITEM	ACTIVIDAD	UNID	METRADO	RECURSOS DE MANO DE OBRA			HH TOTALES	RENDIMIENTO	METRADO POR PAREJA	
				CAPATAZ	OPERARIO OFICIAL	PEON				
1.00	COMPLETOS									
1.01	MUROS SECTOR 1	MG	17.50	0.50	2.00	1.00	2.00	24.75	1.41	8.75
1.02	MUROS SECTOR 2	MG	13.50	0.50	2.00	1.00	2.00	24.75	1.83	8.75
1.03	MUROS SECTOR 3	MG	18.50	0.50	2.00	1.00	2.00	24.75	1.34	9.25
1.04	MUROS SECTOR 4	MG	21.00	0.50	2.00	1.00	2.00	24.75	1.18	10.50

A continuación tenemos la curva semanal del vaciado de concreto en muros:

Cuadro 4.16 Curva Semanal Concreto en Muros (Fuente: Propia)



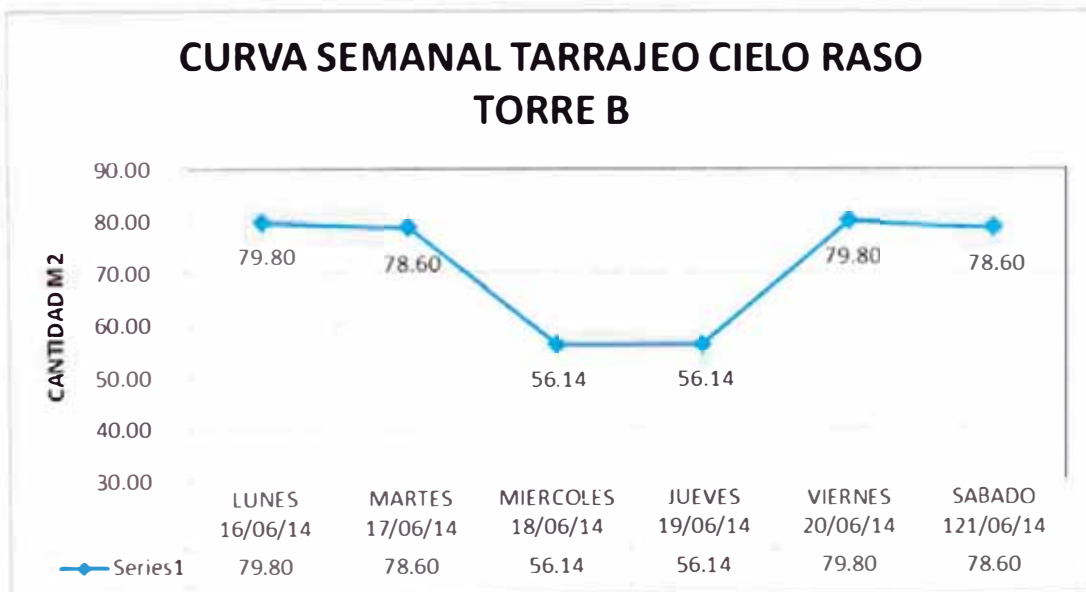
### 4.5.5) Tarrajeo cielo raso.

Cuadro 4.17 Cálculo del Rendimiento de Tarrajeo Cielo Raso (Fuente: Propia)

OBRA:	EDIFICIO VILLA MÁRQUEZ	HECHO POR:	ING. HUMBERTO RAMÍREZ							
PROPIETARIO:	PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC	REVISADO POR:	ING. PERCY ASPAJÓ							
UBICACIÓN:	AV. ARNALDO MÁRQUEZ 225									
CONTRATISTA:	MIGUEL EULISES JESÚS TRUJILLO									
TIEMPO EJECUTADO:	45 MIN. A 5:00 PM									
CÁLCULO DE RENDIMIENTO TARRAJEO CIELO RASO										
ITEM	ACTIVIDAD	UNID.	METRADO	RECURSOS DE MANO DE OBRA				HH TOTALES	RENDIMIENTO	METRADO POR PAREJA
				CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON			
1.01	TARRAJEO CIELO RASO (DPTO 01)	M2	56.14	0.50	4.00		2.00	52.80	0.93	14.04
1.02	TARRAJEO CIELO RASO (DPTO 04)	M2	56.14	0.50	4.00		2.00	52.80	0.93	14.04
1.03	TARRAJEO CIELO RASO (DPTO 05)	M2	79.80	0.50	4.00		2.00	52.80	0.65	19.85
1.04	TARRAJEO CIELO RASO (DPTO 06)	M2	79.80	0.50	4.00		2.00	52.80	0.65	19.85

A continuación tenemos la curva Semanal de Tarrajeo Cielo Raso:

Cuadro 4.18 Curva Semanal Tarrajeo Cielo Raso (Fuente: Propia)





### 4.5.6) Tarrajeo y solaqueo de muros

Cuadro 4.19 Cálculo del Rendimiento de Tarrajeo en Muros (Fuente: Propia)

OBRA	EDIFICIO VILA MARQUEZ	HECHO POR	ING. HUMBERTO RAMIREZ	
PROPIETARIO	PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC	REVISADO POR	ING. PERCY ASPAJO	
UBICACIÓN	AV. ARNALDO MARQUEZ N°25			
CONTRATISTA	FRUJO ELISES JESUS TRUJILLO			
TIEMPO EJECUTADO	7 FEBRERO 2014			

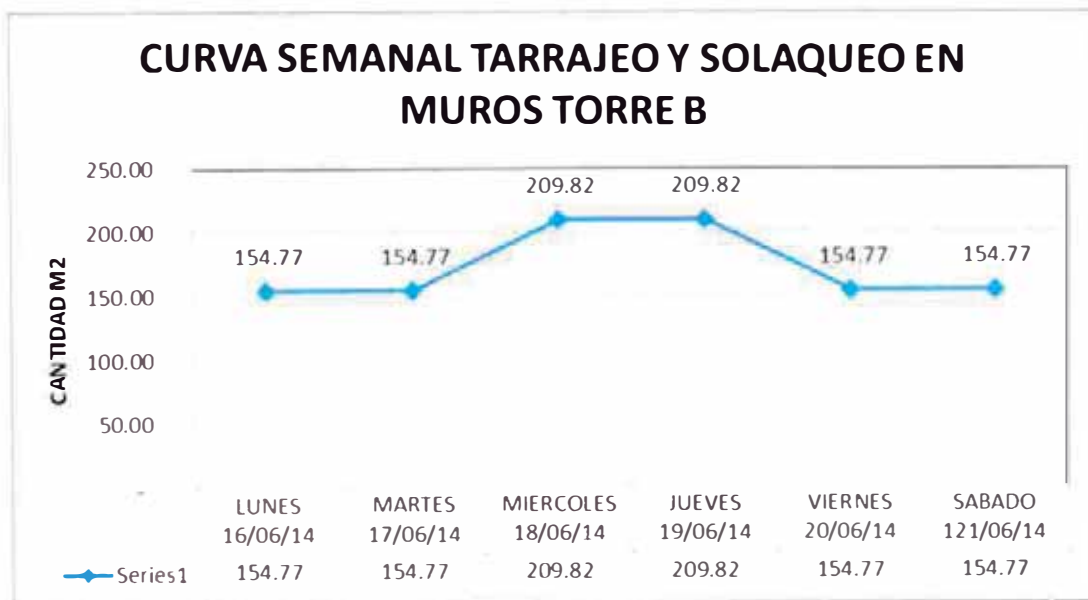
  

CALCULO DE RENDIMIENTO TARRAJEO Y SOLAQUEO EN MUROS										
ITEM	ACTIVIDAD	UNID	METRADO	RECURSOS DE MANO DE OBRA			HH TOTALES	RENDIMIENTO	METRADO POR PAREJA	
				CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL				
TARRAJEO Y SOLAQUEO EN MUROS										
1.01	TARRAJEO Y SOLAQUEO EN MUROS OPTO 03	M2	154.77	0.50	3.00		4.50	0.44	25.80	
1.02	TARRAJEO Y SOLAQUEO EN MUROS OPTO 04	M2	154.77	0.50	3.00		4.50	0.44	25.80	
1.03	TARRAJEO Y SOLAQUEO EN MUROS OPTO 05	M2	209.82	0.50	3.00		4.50	0.41	25.73	
1.04	TARRAJEO Y SOLAQUEO EN MUROS OPTO 06	M2	209.82	0.50	3.00		4.50	0.41	25.73	

**Nota:** En los sectores 3 y 4 la cuadrilla baja a 6 operarios, los 2 que faltan hacen los trabajos de derrame.

A continuación tenemos la curva Semanal de Tarrajeo en Muros:

Cuadro 4.20 Curva Semanal Tarrajeo en Muros (Fuente: Propia)



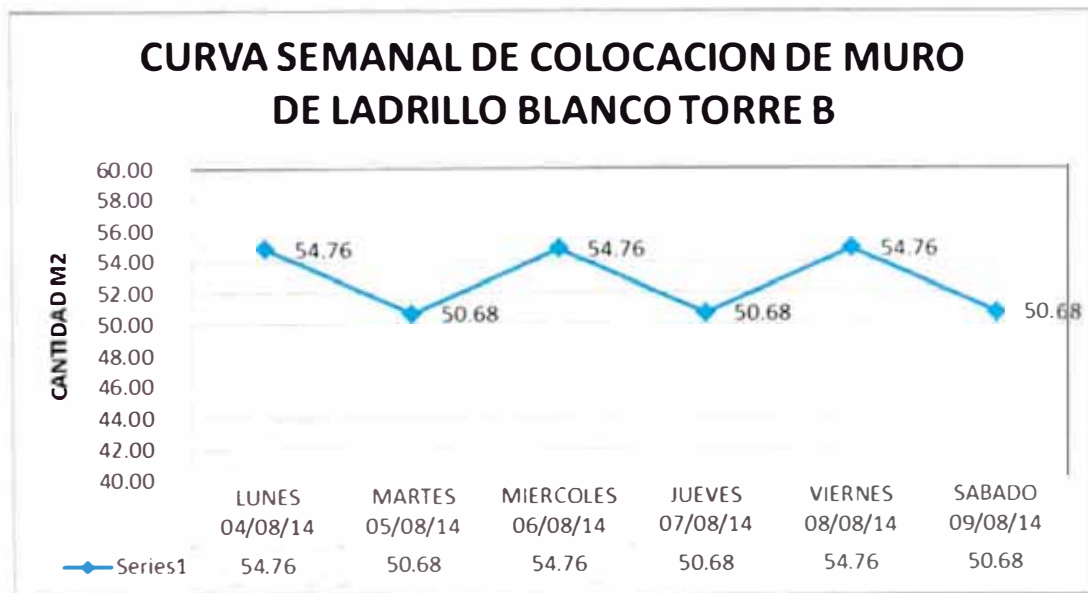
### 4.5.7) Tabiquería de ladrillo blanco

Cuadro 4.21 Cálculo del Rendimiento de Tabiquería de ladrillo (Fuente: Propia)

OBRA	EDIFICIO VILLA MARQUEZ	HECHO POR	ING. HUMBERTO RAMIREZ							
PROPIETARIO	PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC	REVISADO POR	ING. PERCY ASPAJO							
UBICACION	AV. ARNALDO MARQUEZ 7875									
CONTRATISTA	HUGO EULISES JESUS TRUJILLO									
TIEMPO EJECUTADO	7:45 AM A 3:00 PM									
CALCULO DE RENDIMIENTO TABIQUERIA LADRILLO BLANCO										
ITEM	ACTIVIDAD	UNID.	METRADO	RECURSOS DE MANO DE OBRA				HH TOTALES	RENDIMIENTO	METRADO POR PAREJA
				CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON			
1.00	LADRILLO LADRILLO BLANCO									
1.01	TABIQUERIA DPTO V3	M <sup>2</sup>	25.34	0.89	3.00	1.00	1.00	46.40	1.83	8.45
1.02	TABIQUERIA DPTO D6	M <sup>2</sup>	25.34	0.89	3.00	1.00	1.00	46.40	1.82	8.45
1.03	TABIQUERIA DPTO D5	M <sup>2</sup>	24.38	0.89	3.00	1.00	1.00	46.40	1.35	7.46
1.04	TABIQUERIA DPTO D4	M <sup>2</sup>	22.78	0.89	3.00	1.00	1.00	46.40	2.28	9.75

A continuación tenemos la curva Semanal de colocación de ladrillo blanco:

Cuadro 4.22 Curva Semanal Tabiquería de ladrillo (Fuente: Propia)





Como se puede ver en el cuadro la semana 23 tiene un 100% de confiabilidad, ósea que mi programación ha cumplido con todo lo coordinado.

Haciendo el porcentaje de plan cumplido de la semana 23 al 34 tenemos este siguiente cuadro de porcentaje y la evolución del PPC:

Cuadro 4.24 Porcentaje de plan cumplido Semana 23 al 34 (Fuente: Propia)

<b>SEMANA</b>	<b>PPC</b>
SEMANA 23	100%
SEMANA 24	89%
SEMANA 25	100%
SEMANA 26	75%
SEMANA 27	69%
SEMANA 28	85%
SEMANA 29	100%
SEMANA 30	92%
SEMANA 31	92%
SEMANA 32	88%
SEMANA 33	65%
SEMANA 34	76%

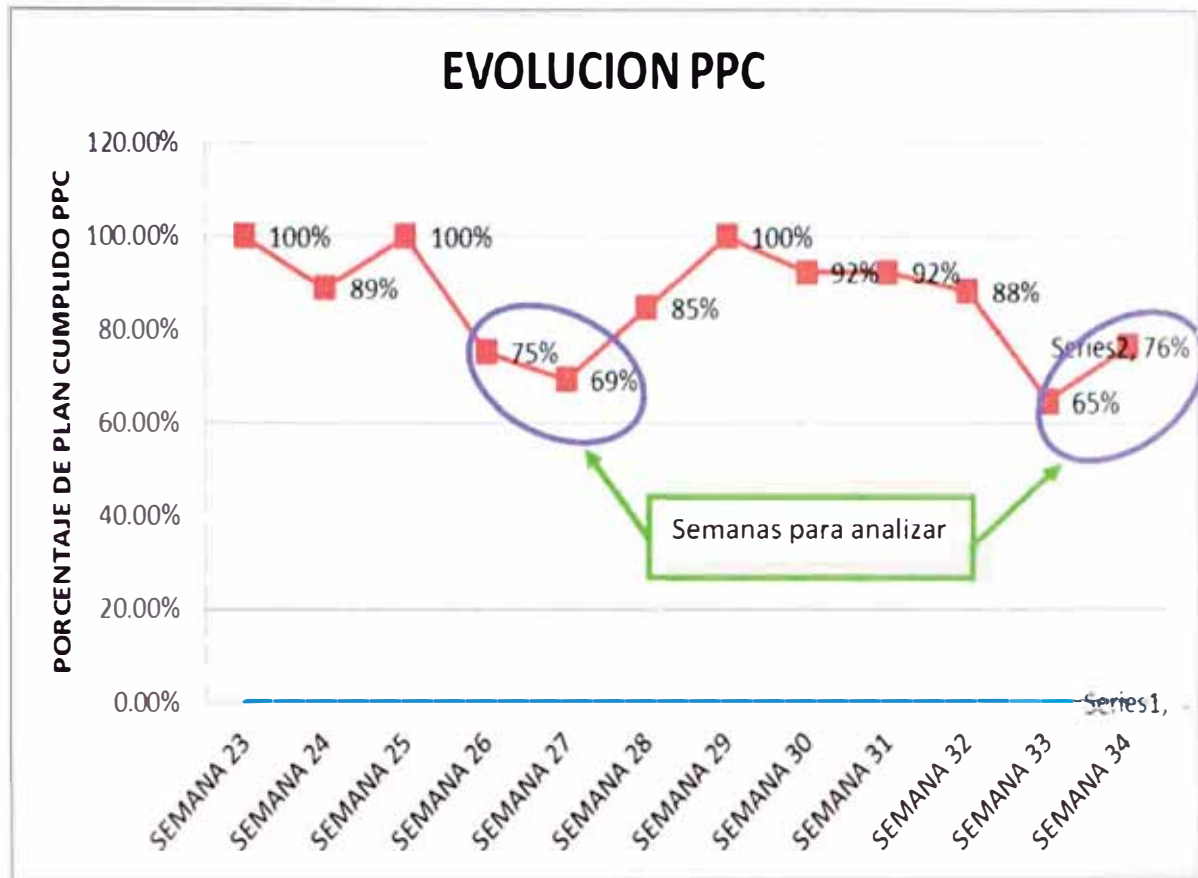


Figura 4.13 Grafica de la evolución PPC (Fuente: Propia)


En las semanas 26, 27, 33 y 34 hemos tenido un PPC muy menor en comparación con las demás semanas. Para esto se va a analizar las posibles causas de retraso mediante las causas de incumplimiento.

**PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO SEMANA 26**

Cuadro 4.25 Porcentaje de plan cumplido Semana 26 (Fuente: Propia)

**OBRA**  
PROPIETARIO  
UBICACIÓN  
HECHO POR  
REVISADO POR  
FECHA

EDIFICIO "VILLA MARQUÉZ"  
PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC  
AV. ARNALDO MARQUÍZ N. 820, JICUS MARA  
ING. HUMBERTO RAMÍREZ  
ING. PERCY ASPALDO  
SABADO 14 DE JUNIO DE 2014



**PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO (PPC)**


ACTIVIDAD	UNID.	METRADO PROGRAMADO	METRADO REALIZADO	SEMANA 26							ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO			
				LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	SI	NO	TIPO	CAUSA DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA
				09-06-14	10-06-14	11-06-14	12-06-14	13-06-14	14-06-14					
<b>ESTRUCTURA</b>														
ELEMENTOS VERTICALES														
ACERO EN MUROS	KG	14.362,00	14.367,00	582	583	584	581	582	583	584	X			
COLOCACION DE IEE Y ISS EN MUROS	SECTOR	5,00	5,00	581	582	583	584	581	582	583	X			FALTARE PUNTOS DE LUZ POR PARTE DEL ELECTRO
ENCORRADO EN MUROS	M <sup>2</sup>	18,47,55	18,47,55	454	451	452	453	454	451	452	X			ENTREGAR UN PLANO A A CADA OPERARIO ACOTADO PARA QUE SUJERTA ACOTACIONES Y SE PUEDA VER UN AVANCE DE LA OBRA
CONCRETO EN MUROS	M <sup>3</sup>	70,50	70,50	454	451	452	453	454	451	452	X			REVISAR EL PLAN Y ENTREGAR MEDIDACORRECTIVA ANTERIOR
<b>ELEMENTOS HORIZONTALES</b>														
COLOCACION DE VIGUETAS BOVEDALAS Y	M <sup>2</sup>	189,90	189,90	453	454	451	452	453	454	451				
ENCORRADO DE LOSA MACIZA	SECTOR	1,00	6,55	453	453	454	451	452	453	454	X			
ACERO EN LOSAS	SECTOR	5,00	5,00	452	453	454	451	452	453	454	X			
COLOCACION DE IEE Y ISS EN LOSA	M <sup>2</sup>	90,00	90,00	451	452	453	454	451	452	453	X			
CONCRETO EN LOSA	M <sup>3</sup>	165,38	165,38	451	452	453	454	451	452	453	X			
ACABADO PULIDO EN LOSA	M <sup>2</sup>	165,38	165,38	451	452	453	454	451	452	453	X			
<b>ARQUITECTURA</b>														
TARRAJEO Y REVOCQUES														
TARRAJEO DE ANPAVIDO	SECTOR	1,00	1,00											
TARRAJEO DE CEMENTO PASTO	TP	158,40	158,40											
PICADO Y COLOCACION DE PUNTOS PARA TARRAJEO DE MUROS	SECTOR	1,00	1,00											
TARRAJEO Y SOLAJEO DE MUROS	M <sup>2</sup>													
<b>ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)</b>														
										P	I	TOTAL		
										75%	25%	100%		

**ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO**

ABREV	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
PROG:	PROGRAMACION	
LOG:	LOGISTICA DE MATERIALES	
CCAL:	CONTROL DE CALIDAD	1,00
SC:	SUBCONTRATISTAS	2,00
EQ:	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	

**CUADRO DE ANALISIS DE INCUMPLIMIENTO**




■ PROG 0% ■ LOG 0% ■ CCAL 25% ■ SC 75%



**PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO SEMANA 27**

Cuadro 4.26 Porcentaje de plan cumplido Semana 27 (Fuente: Propia)

**OBRA**  
EDIFICIO "VILLA MARQUEZ"  
PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC  
AV. ARNALDO MARQUEZ N. 835 JESUS MARIA  
ING. HUMBERTO RAMIREZ  
HECHO POR  
REVISADO POR  
FECHA  
SABADO 21 DE JUNIO DE 2014




**PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO (PPC)**

ACTIVIDAD	UNID	METRADO PROGRAMADO	METRADO REALIZADO	SEMANA 27							SI	NO	TIPO	CAUSA DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA
				LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO						
				18-06-14	17-06-14	16-06-14	15-06-14	14-06-14	13-06-14						
<b>ESTRUCTURA</b>															
ELEMENTOS VERTICALES															
ACERÓ EN MUROS	KG	14,763.40	14,763.40	654	751	752	753	754	651						
SECTOR		500	500	653	654	751	752	753	754						
COLOCACION DE BEE Y ISS EN MUROS	M2	1,561.39	1,561.39	652	653	654	751	752	753					SC	DEFICIA EN ENTREGA DE LAS PLACAS
ENCOFRADO EN MUROS	M3	102.40	102.40	652	653	654	751	752	753					SC	DEFICIA EN TERMINO DE VACIADO
CONCRETO EN MUROS															
<b>ELEMENTOS HORIZONTALES</b>															
COLOCACION DE VIGAS, BVEDICIAS Y ENCOFRADO DE LOSA MACIZA	M3	113.00	443.90	651	652	653	654	751	752						
SECTOR		600	600	554	651	652	653	654	751						
ACERÓ EN LOSAS	KG	6,000	6,000	554	651	652	653	654	751						
SECTOR		6,000	6,000	554	651	652	653	654	751						
COLOCACION DE BEE Y ISS EN LOSA	M2	93.00	93.00	553	554	651	652	653	654					EQ	LA VIBRADOR ELECTRICAL SE CUMPLIO UNA VIBRADOR CON GASOLINA DE REPUESTO
CONCRETO EN LOSA															
ACABADO PULIDO EN LOSA	M2	193.29	493.29	553	554	651	652	653	654						
<b>ARQUITECTURA</b>															
TARRAJEO Y REVOCOS															
HABILITACION DE ALBAÑO	SECTOR	9.00	9.00	2006	3003	3004	3005	3006	4003						
TARRAJEO DE LO RASO	KG	421.8	421.8	2005	2006	3003	3004	3005	3006						
PICADO Y COLOCACION DE PUNTOS PARA TARRAJEO DE MUROS	SECTOR	9.00	9.00	2004	2005	2006	3003	3004	3005					CC/M	LA TARRAJEO SE ENCUENTRAN PLOMAS
TARRAJEO Y SOLADQUEO DE MUROS	M2	1,038.72	1,038.72	2003	2004	2005	2006	3003	3004						
<b>ANALISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)</b>															
										5	4	TOTAL			
										69%	31%	EN (%)			

**ANALISIS DE INCUMPLIMIENTO**

ABREV	DESCRIPCION	CANTIDAD
PROG.	PROGRAMACION	
LOG.	LOGISTICA DE MATERIALES	
CCAL	CONTROL DE CALIDAD	1.00
SC.	SUBCONTRATISTAS	2.00
EQ.	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	1.00

**CUADRO DE ANALISIS DE INCUMPLIMIENTO**

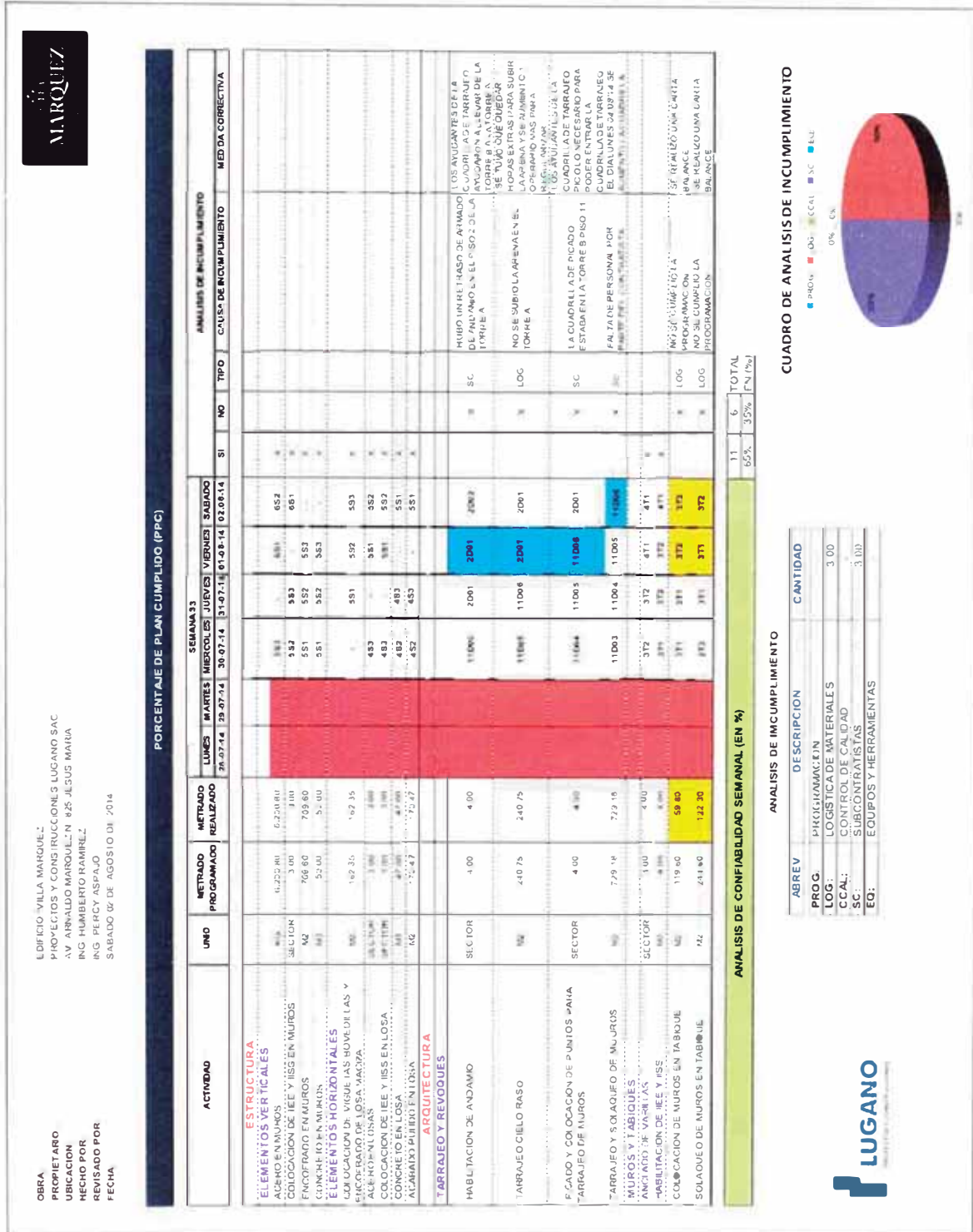


■ PROG ■ LOG ■ CCAL ■ SC ■ EQ



**PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO SEMANA 33**

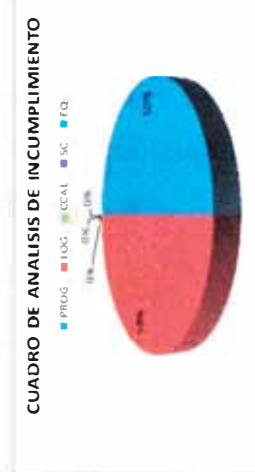
Cuadro 4.27 Porcentaje de plan cumplido Semana 33 (Fuente: Propia)



**PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO SEMANA 34**

Cuadro 4.28 Porcentaje de plan cumplido Semana 34 (Fuente: Propia)

ACTIVIDAD		UNID	METRADO PROGRAMADO	METRADO REALIZADO	SEMANA 34							ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO				
					LUNES 04-08-14	MARTES 05-08-14	MIERCOLES 06-08-14	JUEVES 07-08-14	VIERNES 08-08-14	SABADO 09-08-14	SI	NO	TIPO	CAUSA DE INCUMPLIMIENTO	USUARIO CORRECTIVO	
<b>ESTRUCTURA</b>																
<b>ELEMENTOS VERTICALES</b>																
ACERO EN MUROS	KG	8 335,60	8 335,60	653	751	752	751	752	753	753						
COLOCACION DE IBE Y IBS EN MUROS	M <sup>2</sup>	1 162,60	1 162,60	651	652	653	651	652	653	653						
CONCRETO EN MUROS	M <sup>3</sup>	86,00	86,00	651	652	653	651	652	653	653						
<b>ELEMENTOS HORIZONTALES</b>																
COLOCACION DE VIGAS PASADIZOS	M <sup>2</sup>	223,49	223,49	651	652	653	651	652	653	653						
ACERO EN LOSAS	M <sup>2</sup>	4,00	4,00	651	652	653	651	652	653	653						
CONCRETO EN LOSA	M <sup>3</sup>	42,00	42,00	652	653	651	652	653	653	653						
ACABADO PULIDO EN LOSA	M <sup>2</sup>	276,52	276,52	653	651	652	651	652	653	653						
<b>ARQUITECTURA</b>																
<b>TARRAJEO Y REVOCQUES</b>																
HABILITACION DE ANDAMIO	SEC TOR	6,00	6,00	2002	2001	2002	2001	2002	2002	2002						
TARRAJEO CIELO RASO	M <sup>2</sup>	247,05	247,05	2002	2001	2002	2001	2002	2002	2002						
PLACAJE Y COLOCACION DE PUNTOS PARA	SEC TOR	6,00	6,00	2001	2002	2001	2002	2001	2001	2001						
TARRAJEO DE MUROS	M <sup>2</sup>	518,62	518,62	2001	2002	2001	2002	2001	2001	2001						
<b>MUROS Y TABIQUES</b>																
ANCLADO DE VAPILLAS	SEC TOR	6,00	6,00	471	471	472	472	471	471	471						
HABILITACION DE IBE Y IBS	M <sup>2</sup>	6,00	6,00	372	372	372	372	372	372	372						
COLOCACION DE MUROS EN TABIQUE	M <sup>2</sup>	178,40	178,40	372	372	372	372	372	372	372						
SOLAJEO DE MUROS EN TABIQUE	M <sup>2</sup>	358,60	358,60	371	372	372	372	372	372	372						
<b>ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)</b>													1,3	4	TOTAL	
													75%	24%	EN (%)	
<b>ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO</b>																
ABREV	DESCRIPCION	CANTIDAD														
PROG	PROGRAMACION	2,00														
LOG	LOGISTICA DE MATERIAL S	2,00														
CCAL	CONTROL DE CALIDAD															
SC	SUBCONTRATISTAS															
EO	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS															



Con los cuadros de análisis de incumplimiento y las medidas correctivas se tiene lo siguiente:

**Semana 26 y 27:**

La cuadrilla de encofrado se está demorando en entregar las placas, esto es un gran problema ya que tengo programado el vaciado de concreto y si este se demora terminaríamos tarde lo que conlleva un problema por un tema de horario por parte de la municipalidad de Jesús María. La medida correctiva es hacer una análisis de flujo de esa actividad para poder mejorar y no haya retrasos en la entrega.

**Semana 33 y 34:**

En este caso no se está cumpliendo con la programación del asentado de ladrillo blanco, para esto vamos analizar por medio de una carta balance a la actividad mencionada

## CAPÍTULO V: MONITOREO DE LA JORNADA Y EFICIENCIA DEL SISTEMA.

### 5.1) ETAPA DE CASCO

#### 5.1.1) DIAGRAMA DE FLUJO

Se realizó el diagrama de flujo en el muro del sector 3 (Muro V); teniendo la siguiente cuadrilla: (1operario + 1 ayudante).

Se tomó el tiempo cuando al inicio de las horas de trabajo desencofrando hasta terminar de aplomar el muro:

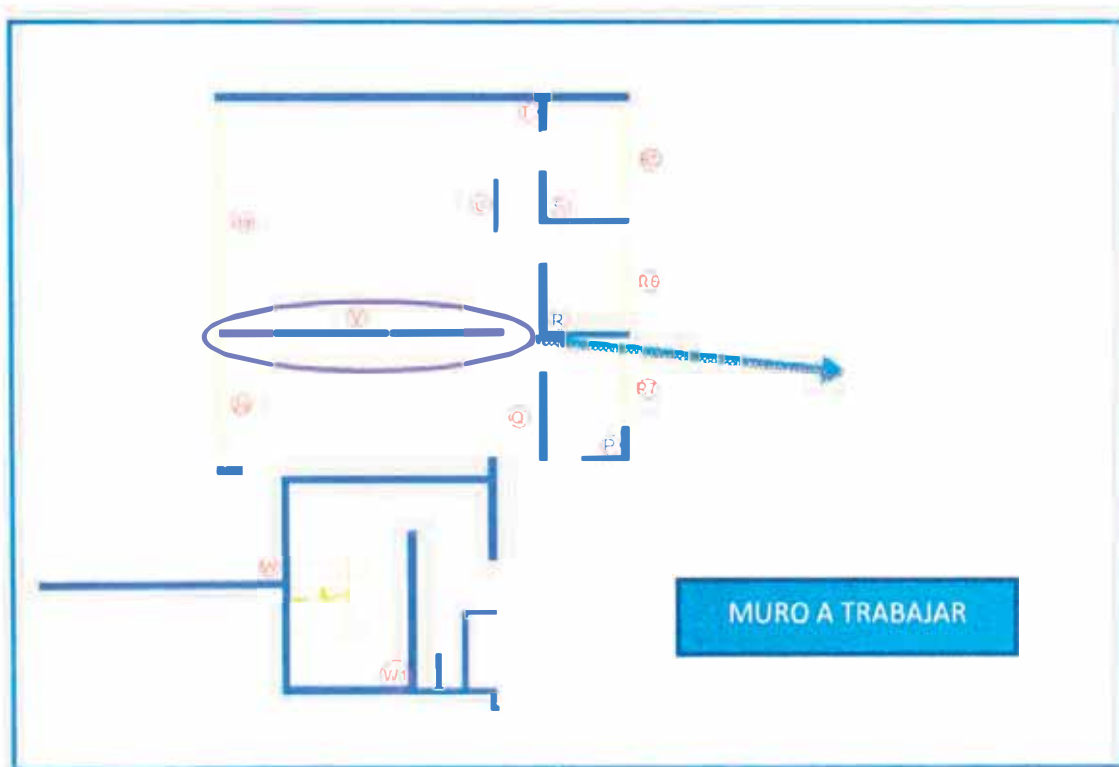


Figura 5.1 Muro a analizar para diagrama de flujo (Fuente: Propia)

El área del encofrado es 24.48 m<sup>2</sup> y se realizó el monitoreo desde las 7:45 hasta las 11:50 am.

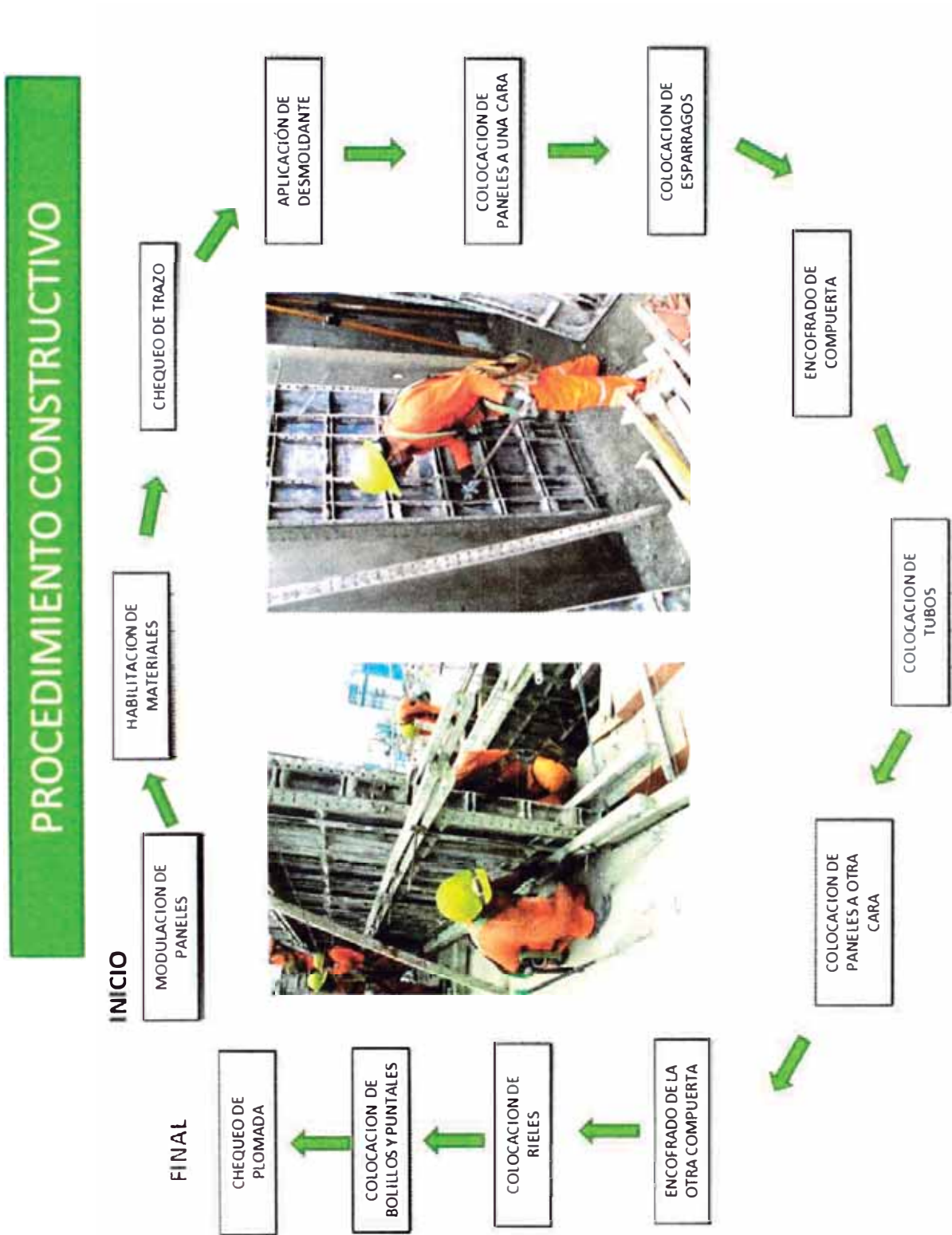
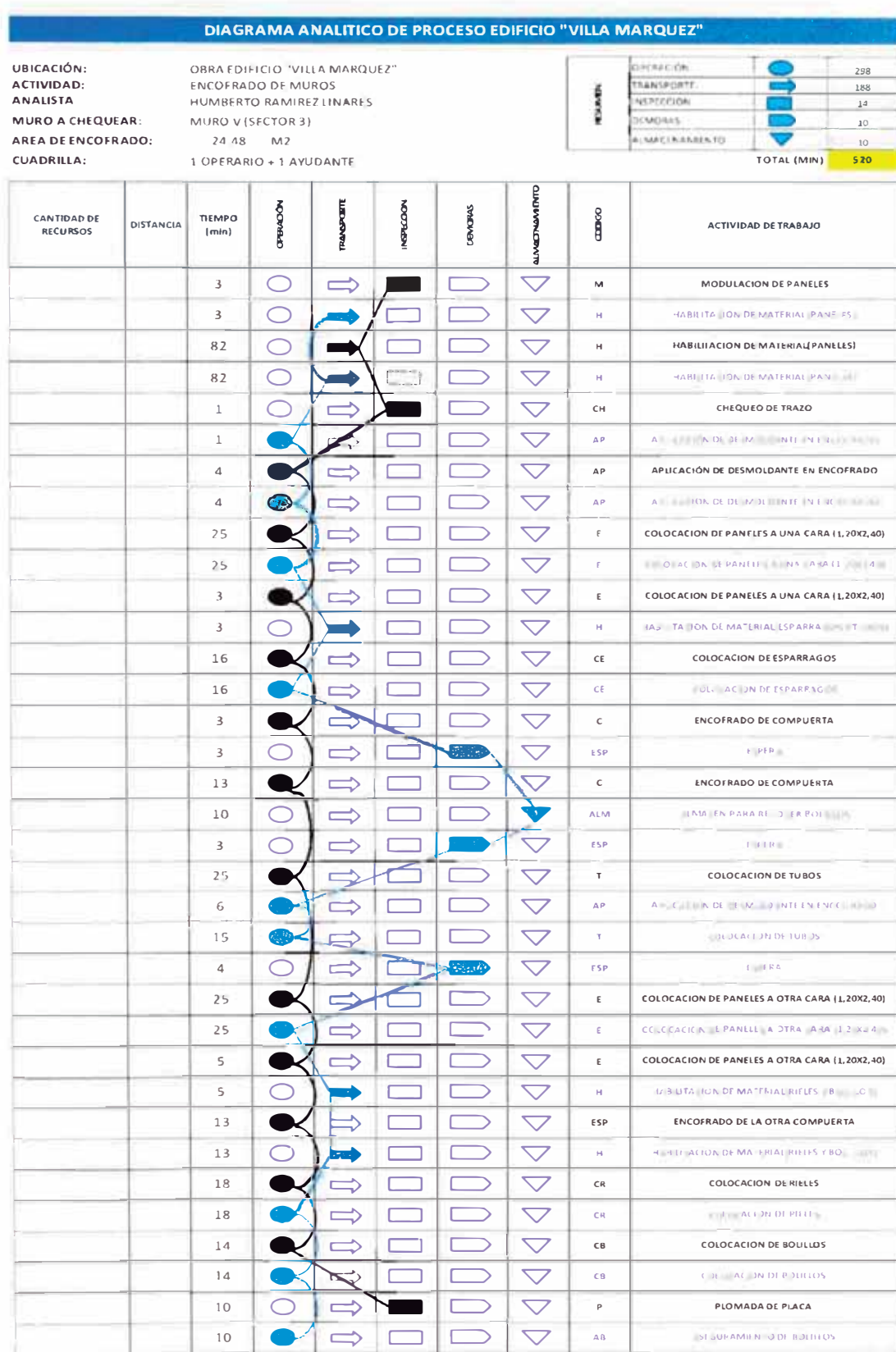


Figura 5.2 Procedimiento constructivo en encofrado de muros (Fuente: Propia)



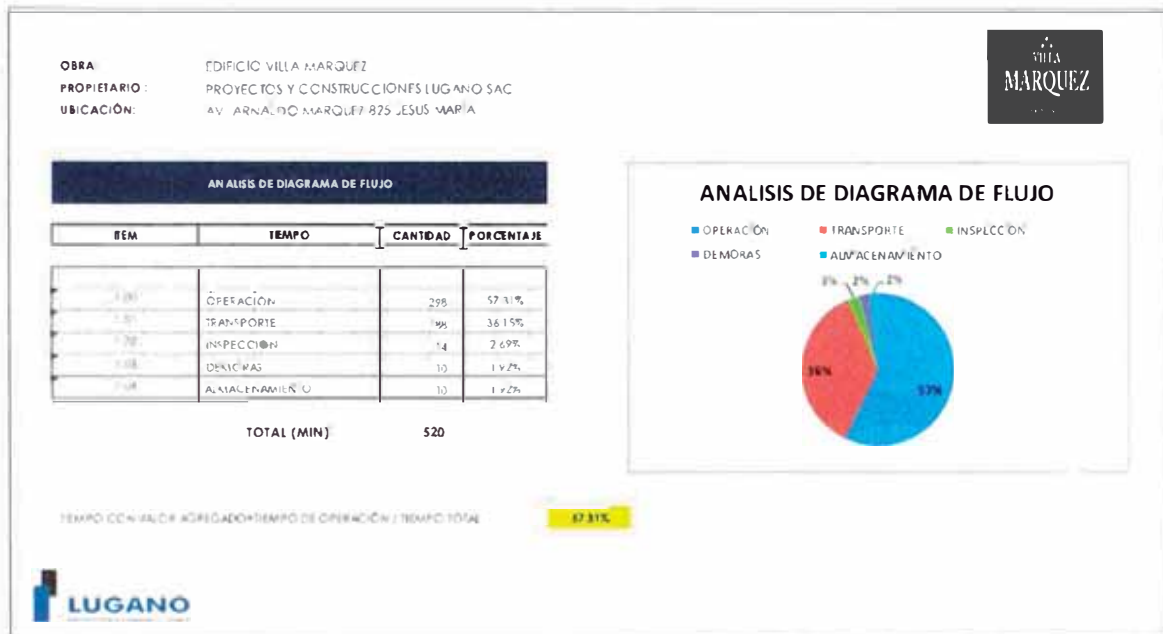
Cuadro 5.1 Diagrama de Flujo Encofrado de Muros (Fuente: Propia)





Los resultados obtenidos se tienen en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.2 Análisis de Diagrama de Flujo (Fuente: Propia)



Según el cuadro tenemos un 57.31% es de operación, pero tenemos un 36.15% en transporte, la cual es un porcentaje considerable y esto causa el retraso de la entrega del encofrado de placas, para esto se hará un diagrama de planta

### 5.1.2) DIAGRAMA DE PLANTA

Después de estimar la mejor distribución de planta se verifico las dimensiones de los sectores y viendo la posible colocación de la cuadrilla estimada.



Figura 5.3 Sector a analizar en el diagrama de planta (Fuente: Propia)

Se estima los ratios de área de trabajo por persona. Las consideraciones después del estudio preliminar llegaron a disponer 8 parejas de carpintería los cuales tiene 5 horas para concluir los trabajos por sector para dejar libre a la actividad de concreto. Se evaluó el sector 3 en la cual la velocidad por cuadrilla por metro lineal que deberíamos de tener es lo siguiente.

Cuadro 5.3 Rendimiento de Encofrado de Muros (Fuente: Propia)

OBRA:	EDIFICIO VILLA MARQUEZ	HECHO POR:	ING. HUMBERTO RAMIREZ							
PROPIETARIO:	PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC	REVISADO POR:	ING. PERCY ASPAJO							
UBICACIÓN:	AV. ARNALDO MARQUEZ 825									
CONTRATISTA:	W/C CONTRATISTAS S.A.C.									
TIEMPO EJECUTADO:	7:45 AM A 2:00 PM									
CALCULO DE RENDIMIENTO DE CUADRILLAS POR SECTORIZACION TORRE B										
ITEM	ACTIVIDAD	UNID.	METRADO	RECURSOS DE MANO DE OBRA			HH TOTALES	RENDIMIENTO	METRADO POR PAREJA	
				CAPATAZ	OPERARIO OFICIAL	PEON				
NIVEL DE MUROS										
1.01	ENCOFRADO DE MURO SECTOR 1	M2	277.54	0.50	8.00	-	8.00	82.50	0.30	34.69
1.02	ENCOFRADO DE MURO SECTOR 2	M2	220.51	0.50	8.00	-	8.00	82.50	0.37	27.56
1.03	ENCOFRADO DE MURO SECTOR 3	M2	272.90	0.50	8.00	-	8.00	82.50	0.30	34.11
1.04	ENCOFRADO DE MURO SECTOR 4	M2	257.03	0.50	8.00	-	8.00	82.50	0.28	37.13

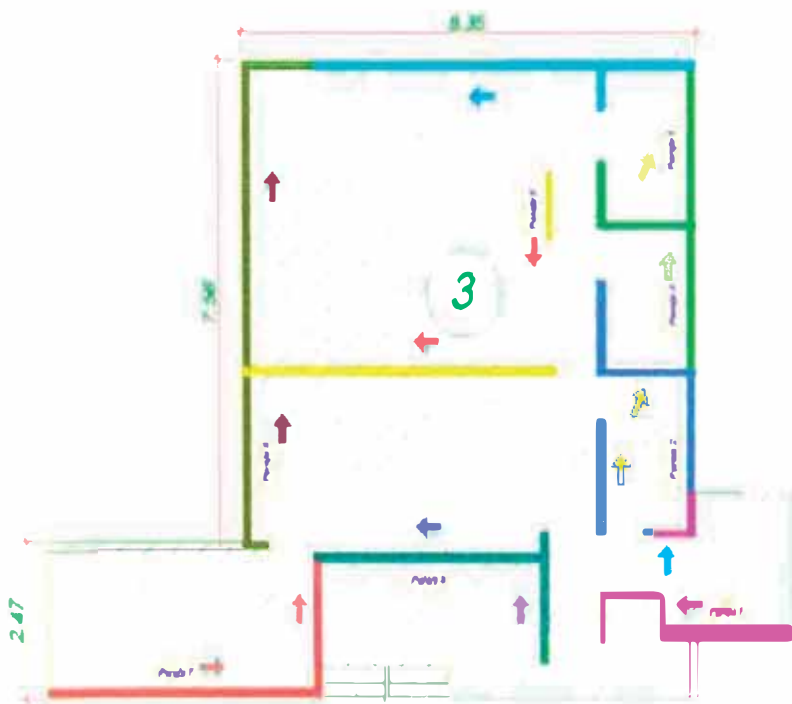


Figura 5.4 Orientación de cuadrillas en encofrado (Fuente: Propia)

	Paños	Metrado	Metro Lineal	Velocidad
Pareja 1		36.1 m <sup>2</sup>	6.4 ml	1.3 ml/hora
Pareja 2		35.0 m <sup>2</sup>	6.8 ml	1.4 ml/hora
Pareja 3		37.0 m <sup>2</sup>	7.3 ml	1.5 ml/hora
Pareja 4		36.8 m <sup>2</sup>	7.7 ml	1.5 ml/hora
Pareja 5		35.2 m <sup>2</sup>	8.7 ml	1.7 ml/hora
Pareja 6		31.3 m <sup>2</sup>	6.7 ml	1.3 ml/hora
Pareja 7		30.7 m <sup>2</sup>	6.3 ml	1.3 ml/hora
Pareja 8		30.7 m <sup>2</sup>	7.0 ml	1.4 ml/hora

Cuadro 5.4 Cálculo de metrado para cada cuadrilla (Fuente: Propia)

Se determinó los sectores de cada pareja deben trabajar en todo el día y la forma de ataque respectivo ahora se determinara la ubicación estratégica de todos los componentes para el trabajo respectivo para lo cual se consideró lo siguiente.

Dimensiones de los encofrados, la cantidad de paneles y sus respectivos puntales y sus parejas de encofradores.

	Paños	Paneles	Puntales
Pareja 1		13 Paneles	21 Puntales
Pareja 2		12 Paneles	20 Puntales
Pareja 3		13 Paneles	21 Puntales
Pareja 4		13 Paneles	21 Puntales
Pareja 5		12 Paneles	20 Puntales
Pareja 6		11 Paneles	18 Puntales
Pareja 7		11 Paneles	18 Puntales
Pareja 8		11 Paneles	18 Puntales

Cuadro 5.5 Cálculo de paneles y puntales por cuadrilla (Fuente: Propia)

Ubicación de lugares de acopios, espacio de circulación, almacenamiento de herramientas, ubicación de puntos de agua con esto se elaborara la disposición de la Planta con el método de Muther.

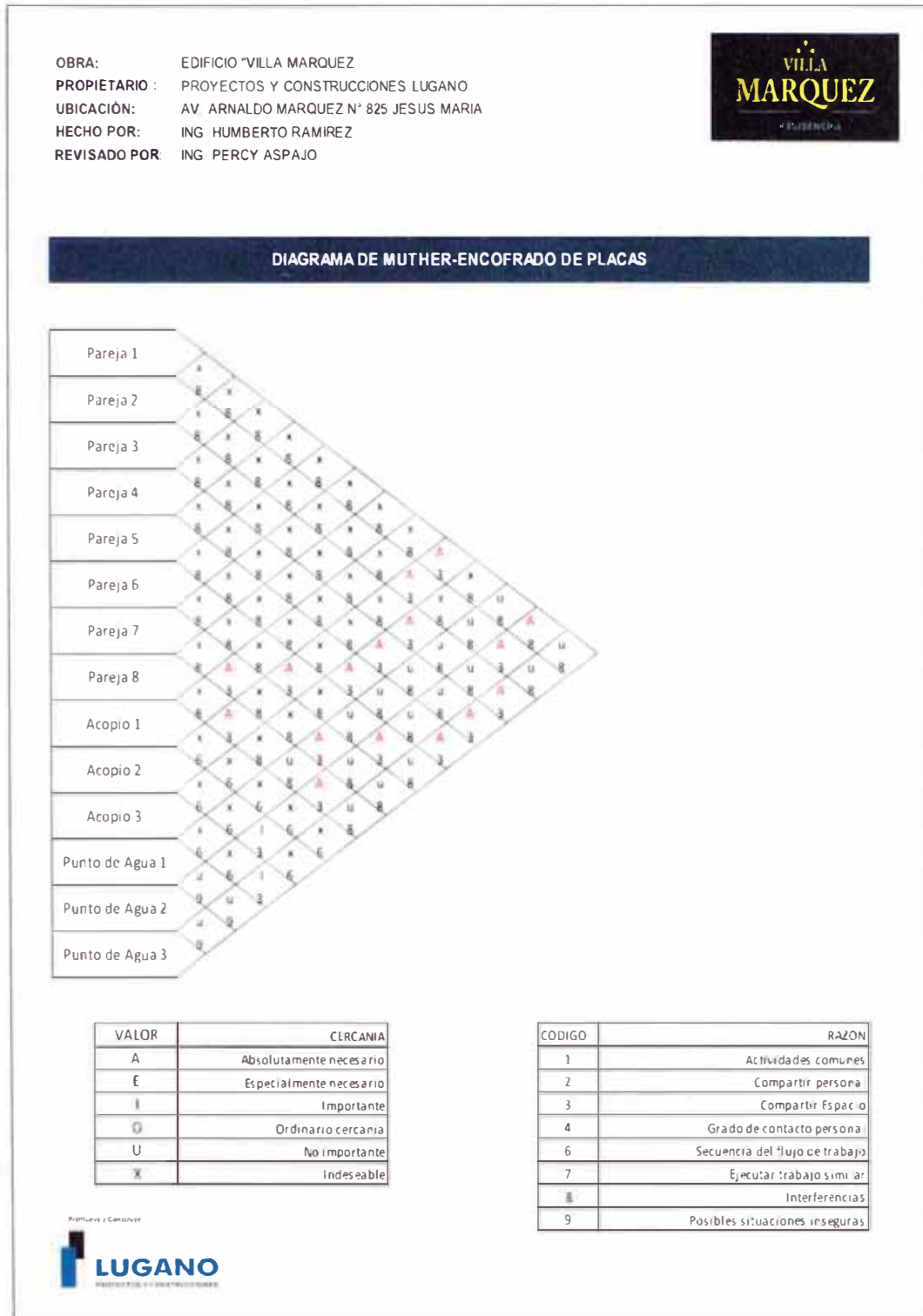


Figura 5.5 Diagrama de Muther en encofrado de Muros (Fuente: Propia)

De acuerdo a Muther los calificativos X, O, U no serán de tanta importancia como si los calificativos de A, E, I. Las que tenga el código A se localizaran adyacentes y las que tenga X se encontraran alejadas unas de otras.

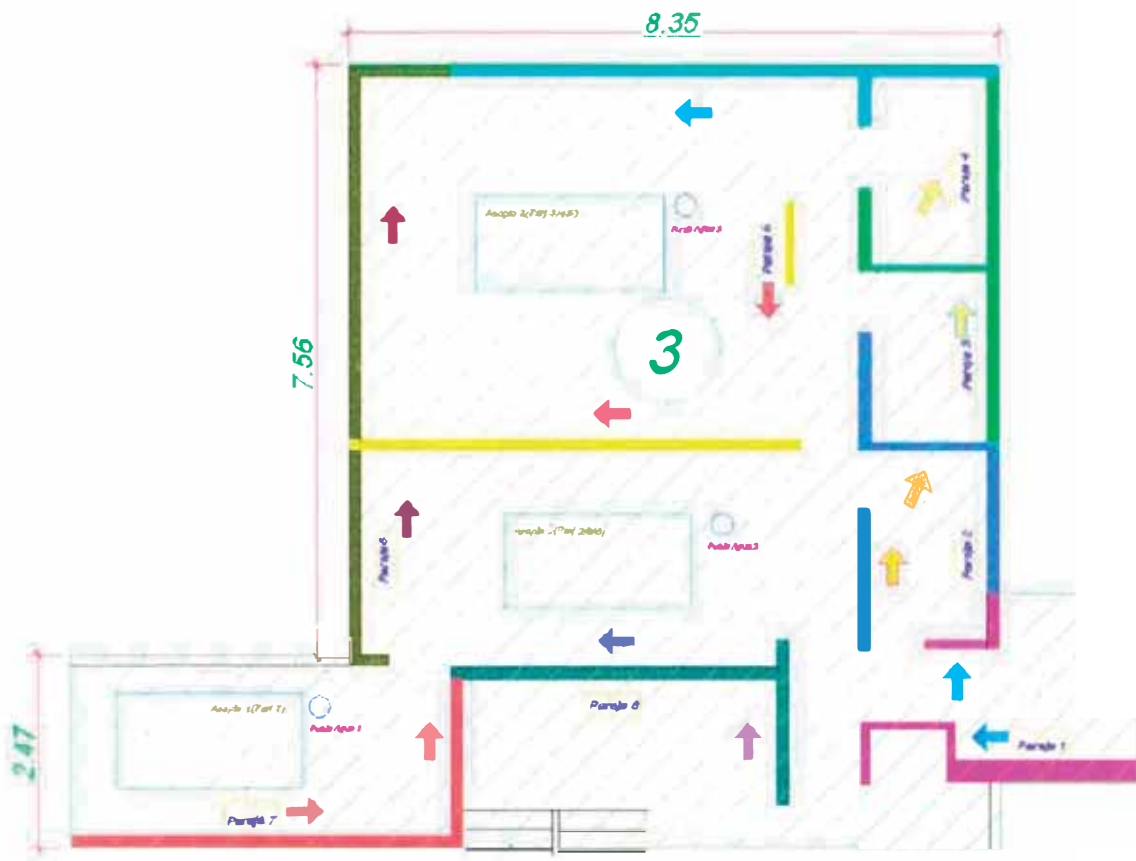


Figura 5.6 Diagrama de Planta Encofrado de Muros (Fuente: Propia)

Aplicando esta distribución de Muther se llega a esta distribución en la cual se muestra, buscando reducir recorridos, interferencias y utilizar efectivamente el espacio:

Las flechas indican la secuencia de trabajo bajo la velocidad de cada frente de tal forma anular o reducir interferencias.

Se ubicaron 3 sectores de acopio, contiguos a las parejas y espacios compartidos.

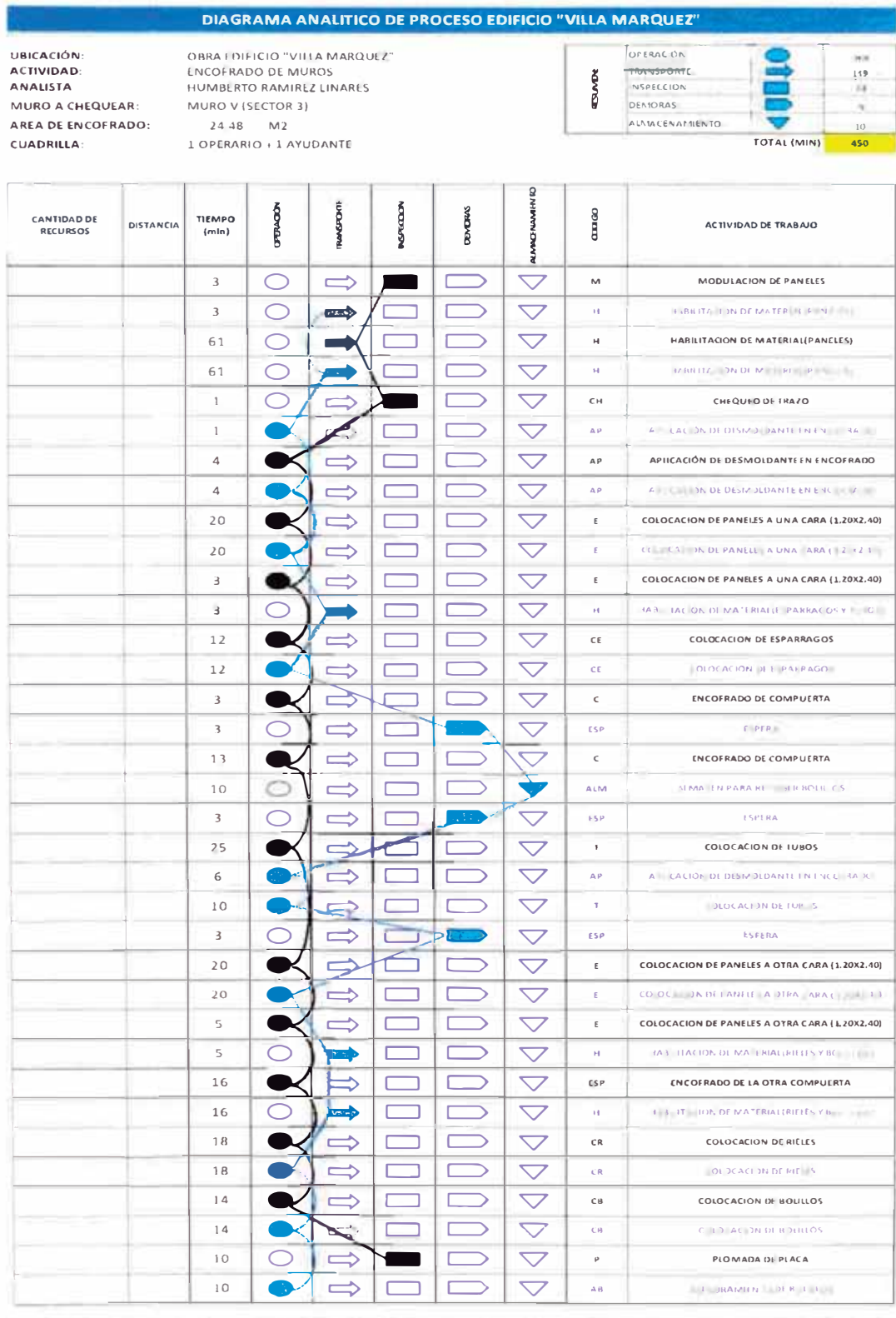
Los puntos de agua se ubicaron cerca a los acopios utilizando el concepto de compartición de espacio y menor recorrido.

Las flechas muestran el recorrido y dirección en la planta por cada pareja de trabajo de encofrado.

### 5.1.3) DIAGRAMA DE FLUJO MEJORADO

Para ver mi mejora en el proceso se hizo el diagrama de flujo del encofrado de muros

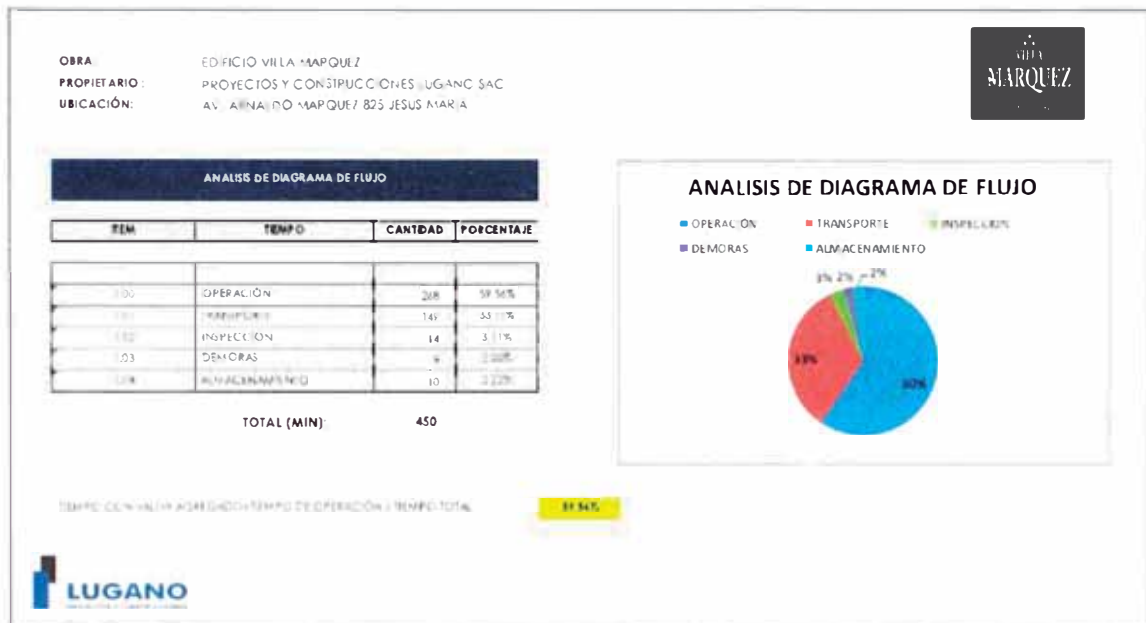
Cuadro 5.6 Diagrama de Flujo Encofrado de muros mejorado (Fuente: Propia)





Los resultados obtenidos se tienen en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.7 Análisis de diagrama de flujo mejorado (Fuente: Propia)



Como se puede observar en la primera muestra se tiene un 57.31% de operación y un 36.15% en transporte en el cual se mejoró con un 59.56% en operación y un 33.11% de transporte en el cual se cuantifico en lo siguiente:

Cuadro 5.8 Cálculo de ratio primera muestra (Fuente: Propia)

**OBRA:** EDIFICIO VILLA MARQUEZ  
**PROPIETARIO:** PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC  
**UBICACIÓN:** AV. ARNALDO MARQUEZ 825 JESUS MARIA  
**AREA:** 24.48 M2

**ANÁLISIS DE DIAGRAMA DE FLUJO-PRIMERA MUESTRA**

ITEM	TIEMPO	CANTIDAD (MIN)	RATIO (HH/M2)
1.00	OPERACIÓN	298	0.203
1.01	TRANSPORTE	188	0.128
1.02	INSPECCION	14	0.010
1.03	DEMORAS	10	0.007
1.04	ALMACENAMIENTO	10	0.007
<b>TOTAL (MIN):</b>		<b>520</b>	<b>0.354 HH/M2</b>

A continuación hallamos los ratios de la segunda muestra:

Cuadro 5.9 Cálculo de ratio segunda muestra (Fuente: Propia)

<b>OBRA:</b>	EDIFICIO VILLA MARQUEZ		
<b>PROPIETARIO :</b>	PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC		
<b>UBICACIÓN:</b>	AV. ARNALDO MARQUEZ 825 JESUS MARIA		
<b>AREA:</b>	24.48	M2	

ANÁLISIS DE DIAGRAMA DE FLUJO-SEGUNDA MUESTRA			
ITEM	TIEMPO	CANTIDAD (MIN)	RATIO (HH/M2)
1.00	OPERACIÓN	268	0.182
1.01	TRANSPORTE	149	0.101
1.02	INSPECCION	14	0.010
1.03	DEMORAS	9	0.006
1.04	ALMACENAMIENTO	10	0.007
<b>TOTAL (MIN):</b>		<b>450</b>	<b>0.306</b> HH/M2

Se tiene el presupuesto meta de los muros:

Cuadro 5.10 Presupuesto de Encofrado de Muros (Fuente: Lugano)

PRESUPUESTO DE ESTRUCTURAS

OBRA: EDIFICIO VILLA MARQUEZ  
 PROPIETARIO: PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC  
 UBICACIÓN: AV. ARNALDO MARQUEZ 825-839  
 FECHA: 20/11/2013



ITEM	ESPECIFICACIONES	UNID	CANTIDAD	PU	PARCIAL	TOTAL
03.00.00	CONCRETO ARMADO					
03.04.00	MUROS Y PLACAS (EDIFICIO)					
03.04.01	a. Concreto 420 kg/cm <sup>2</sup> (SUMINISTRO Y BOMBEO) (slump 8")	m3	97.45	S/ 395.18	S/ 38,510.49	
03.04.02	b. Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> (SUMINISTRO Y BOMBEO) (slump 6")	m3	1,154.88	S/ 300.90	S/ 347,503.39	
03.04.03	c. Concreto 420 y 210 kg/cm <sup>2</sup> (COLOCACION) (slump 8 y 6")	m3	1,252.33	S/ 37.76	S/ 47,287.98	
03.04.04	d. Encofrado y desencofrado	m2	16,891.70	S/ 33.04	S/ 558,101.77	
03.04.05	e. Acero (SUMINISTRO)	m2	141,301.71	S/ 2.70	S/ 381,945.53	
03.04.06	f. Acero (MANO DE OBRA)	kg	141,301.71	S/ 1.03	S/ 145,060.34	S/ 1,518,405.49

Se tiene un metrado total de 16891 m<sup>2</sup> en encofrado de muros en edificio, por lo tanto:

### 5.1.4) ANALISIS CUANTITATIVO APLICANDO EL DIAGRAMA DE PLANTA

A continuación hacemos un análisis cuantitativo del ahorro que se dara al aplicar la herramienta:

Cuadro 5.11 Análisis cuantitativo aplicando el diagrama de planta (Fuente: Propia)

<b>OBRA:</b>	EDIFICIO VILLA MARQUEZ		
<b>PROPIETARIO:</b>	PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC		
<b>UBICACIÓN:</b>	AV. ARNALDO MARQUEZ 825 JESUS MARIA		
<b>AREA:</b>	24.48	M <sup>2</sup>	
<b>ANALISIS DE DIAGRAMA DE FLUJO-COMPARATIVO</b>			
ITEM	TIEMPO	RATIO (HH/M <sup>2</sup> ) 1era MUESTRA	RATIO (HH/M <sup>2</sup> ) 2da MUESTRA
1.00	OPERACIÓN	0.203	0.182
1.01	TRANSPORTE	0.128	0.101
1.02	INSPECCION	0.010	0.010
1.03	DEMORAS	0.007	0.006
1.04	ALMACENAMIENTO	0.007	0.007
<b>TOTAL (MIN):</b>		<b>0.354</b>	<b>0.306</b> HH/M <sup>2</sup>
<b>DIFERENCIA DE HH:</b>	0.048	HH/M <sup>2</sup>	
<b>METRADO TOTAL:</b>	16,891.7	M <sup>2</sup>	
<b>TOTAL:</b>	805.024	HH	
<b>MEJORA:</b>	S/. 9,660.286		
<b>% EN PPTO:</b>	<b>1.73%</b>		

## 5.2) ETAPA DE ACABADO

### 5.2.1) CARTA BALANCE

Se hace un monitoreo por medio de carta balance en las actividades de tabiquería de ladrillo blanco

Resumen de la primera etapa de mediciones en trabajos de tabiquería de ladrillo blanco.

La cuadrilla a monitorear es la siguiente:

Cuadro 5.12 Carta balance tabiquería primera medición (Fuente: Propia)

Obra:	Edificio "Villa Marquez"	Hecho por:	Ing Humberto Ramirez	
Fecha:	Lunes 04/08/14	Revisado por:	Ing Percy Aspajo	
Actividad:	Colocacion de Tabiquería en Dpto 501			

Trabajadores Involucrados		Codigo: Trabajo Productivo		Codigo: Trabajo Contributorio		Codigo: Trabajo no contributivo	
A:	Oscar Rivera (Operario)	A:	Asentado de ladrillo 193	C:	Colocacion de rejilla verticales 10	V:	Viajes 10
B:	Juan Mirra (Operario)			P:	Preparacion de mezcla 31	E:	Espera del material 69
C:	Carlos Valdiviazo (Operario)			M:	Mezclon 31	N:	Necesidades fisiologicas 17
D:	Jon Rojas (Ayudante)			N:	Nivel con rejilla 17	D:	Descanso 8
E:				CAH:	Colocacion de acero horizontal 5	MI:	Movimientos improductivos 10
F:				VA:	Vacado de los albeolos 26		
G:				T:	Transporte de material 54		
H:				L:	Trabajos de limpieza 4		
			<b>TOTAL</b> 193		<b>TOTAL</b> 178		<b>TOTAL</b> 114

MEDICION	A	B	C	D	E	F	G	OBSERVACIONES
1	C	C	C	E				Espera del material (no llega a piso)
2	C	A	A	E				Espera del material (no llega a piso)
3	A	A	A	E				Espera del material (no llega a piso)
4	A	A	C	E				Espera del material (no llega a piso)
5	A	A	P	E				Espera del material (no llega a piso)
6	A	A	P	E				Espera del material (no llega a piso)
7	M	A	M	E				Espera del material (no llega a piso)
8	M	M	M	E				Espera del material (no llega a piso)
9	E	E	A	E				Espera del material (no llega a piso)
10	E	M	A	E				Espera del material (no llega a piso)
11	M	E	A	E				Espera del material (no llega a piso)
12	A	A	A	T				
13	A	A	A	T				
14	A	A	A	T				
15	A	A	A	T				
16	A	A	A	T				
17	A	A	A	T				
18	A	A	A	P				
19	A	A	A	P				
20	A	A	A	P				
21	A	A	N	P				
22	A	A	A	P				
23	A	A	A	P				
24	A	A	A	P				
25	A	A	A	P				
26	A	A	A	T				
27	A	A	A	T				
28	A	N	A	T				
29	A	N	A	T				
30	CAH	N	A	T				
31	CAH	CAH	A	T				
32	V	CAH	CAH	E				
33	V	V	V	E				
34	V	V	V	E				
35	VA	VA	VA	E				
36	A	VA	VA	E				
37	A	A	VA	E				
38	A	A	VA	T				
39	A	C	C	M				
40	A	A	A	M				

485

41	A	A	A	M					
42	M	M	M	M					
43	M	M	M	M					
44	A	E	E	M					
45	A	M	E	T					
46	A	E	E	T					Transporte de material a lugar indicado
47	A	E	E	T					Transporte de material a lugar indicado
48	E	E	E	T					Transporte de material a lugar indicado
49	E	E	E	T					Transporte de material a lugar indicado
50	A	T	A	T					Transporte de material a lugar indicado
51	A	A	A	T					Transporte de material a lugar indicado
52	A	A	A	T					Transporte de material a lugar indicado
53	A	A	A	T					Transporte de material a lugar indicado
54	A	A	A	D					Transporte de material a lugar indicado
55	A	A	A	D					
56	A	A	A	D					
57	A	A	A	D					
58	E	A	A	T					
59	E	E	A	T					
60	E	E	A	T					
61	E	E	A	T					
62	E	E	A	T					
63	E	E	A	T					
64	E	E	P	T					
65	A	A	P	T					
66	A	A	P	T					
67	M	A	P	P					
68	M	M	P	P					
69	M	M	P	P					
70	M	M	P	P					
71	M	M	A	P					
72	M	E	A	P					
73	V	E	A	P					
74	V	E	A	T					
75	V	E	A	T					
76	CAV	CAV	CAV	T					
77	CAV	CAV	CAV	T					
78	A	C	C	T					
79	A	A	P	T					
80	A	A	P	T					
81	VA	VA	VA	P					
82	VA	VA	VA	P					
83	VA	VA	VA	P					
84	VA	VA	VA	P					
85	M	M	VA	E					
86	M	M	M	E					
87	M	M	M	E					
88	E	E	A	E					
89	N	M	A	E					
90	N	E	A	E					
91	A	A	A	T					
92	A	A	A	T					
93	A	A	A	T					
94	A	A	A	T					
95	A	A	E	T					
96	A	A	E	T					
97	A	A	E	T					
98	A	A	E	T					
99	A	A	E	T					
100	A	A	L	P					
101	A	A	A	P					
102	A	A	A	P					
103	A	A	A	E					
104	A	A	A	T					
105	A	A	A	T					
106	A	A	A	T					
107	N	N	N	T					
108	N	N	N	T					
109	N	N	N	T					
110	A	N	CAV	T					
111	A	N	CAV	T					
112	CAV	CAV	CAV	M					
113	CAV	CAV	CAV	M					
114	A	CAV	A	M					
115	A	CAV	A	M					
116	A	A	A	T					
117	A	A	A	T					
118	VA	A	VA	T					
119	VA	VA	VA	T					
120	VA	VA	VA	D					
121	L	L	L	D					



Se obtiene los porcentajes del tiempo productivos, tiempos contributorios y no contributorios:

Cuadro 5.13 Análisis de productividad de tabiquería primera muestra (Fuente: Propia)

ANALISIS DE PRODUCTIVIDAD MEDIANTE CARTA BALANCE-TABQUERIA DE LADRILLO BLANCO			
ITEM	TIEMPO	CANTIDAD	PORCENTAJE
1.00	TIEMPO PRODUCTIVO	193.00	39.79%
2.00	TIEMPO CONTRIBUTORIO	178.00	36.70%
3.00	TIEMPO NO CONTRIBUTORIO	114.00	23.51%

Se obtiene el diagrama de pastel:



Figura 5.7 Diagrama pastel de productividad primera muestra (Fuente: Propia)



**CUADRO DE ANALISIS DE TIEMPO CONTRIBUTORIO:**

Cuadro 5.14 Análisis de trabajos contributorios primera muestra (Fuente: Propia)

<b>ANALISIS DE TRABAJOS CONTRIBUTORIOS</b>			
<b>ITEM</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
1.00	Colocación de regla verticales	10.00	5.62%
1.01	Preparación de mezcla	31.00	17.42%
1.02	Medición	31.00	17.42%
1.03	Nivelar con regla	17.00	9.55%
1.04	Colocación de acero horizontal	5.00	2.81%
1.05	Vaciado de los alveolos	26.00	14.61%
1.06	Transporte de material	54.00	30.34%
1.07	Trabajos de limpieza	4.00	2.25%

Se obtiene el diagrama de los tiempos contributorios:

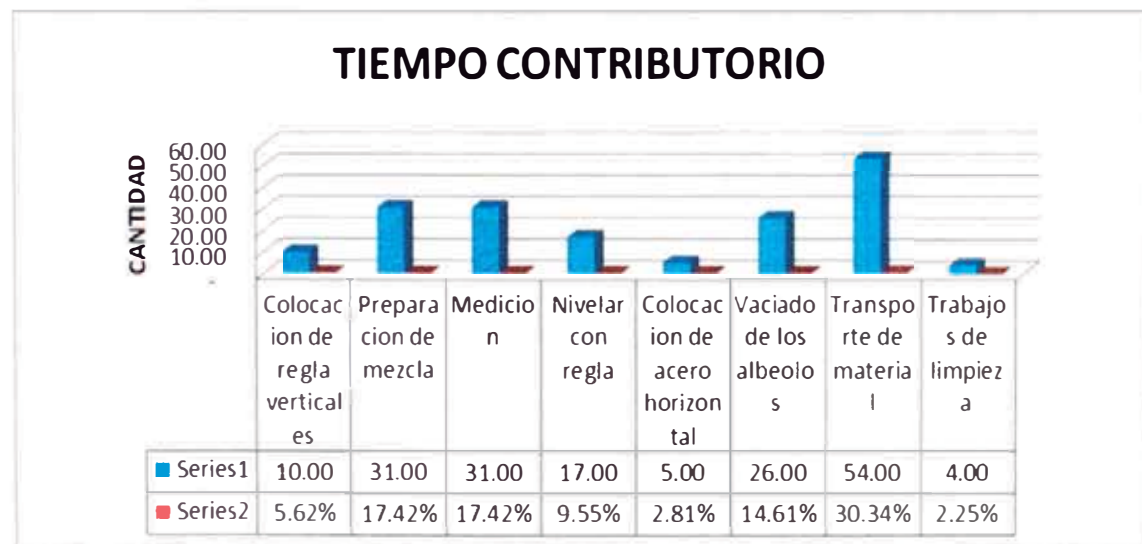


Figura 5.8 Diagrama de Pareto tiempo contributorios primera muestra (Fuente: Propia)

**CUADRO DE ANALISIS DE TIEMPO NO CONTRIBUTORIO:**

Cuadro 5.15 Análisis de trabajos no contributivos primera muestra (Fuente: Propia)

<b>ANALISIS DE TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS</b>			
<b>ITEM</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
1.00	Viajes	10.00	5.62%
1.01	Espera del material	69.00	38.76%
1.02	Necesidades fisiológicas	17.00	9.55%
1.03	Descanso	8.00	4.49%

Se obtiene el diagrama de los tiempos no contributivos:

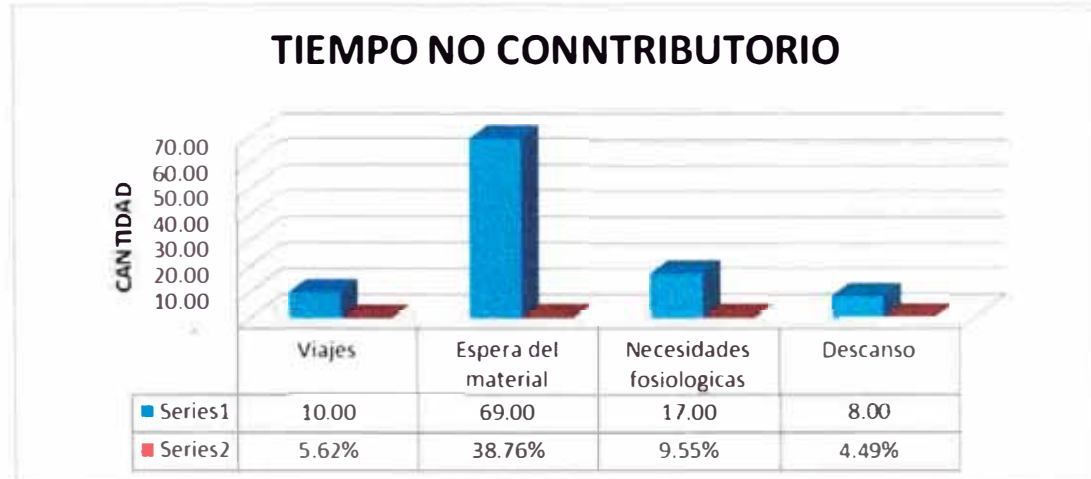


Figura 5.9 Diagrama de Pareto tiempo no contributivos primera muestra (Fuente: Propia)

## DIAGNOSTICO DE LA PRIMERA ETAPA DE MEDICIONES:

De acuerdo a lo mostrado en la hoja de resumen de la primera etapa de mediciones, las actividades que ocupan mayor tiempo para la cuadrilla durante la ejecución de la partida son:

**A) TRASLADO DE MATERIAL:** Durante la primera etapa de mediciones esta actividad contributiva fue la que mas se obtuvo, esto es a consecuencia que el material que llegaba al piso no se ubicaba en el area de trabajo y los operarios tenian que esperar a que llegue el material.

**B) ESPERA DEL MATERIAL:** Durante la primera etapa de mediciones esta actividad no contributiva fue la que mas se obtuvo, esto es a consecuencia a que el material no llegaba al piso trabajo, esto es porque se tenia un winche que no tenia una programacion de los materiales a despachar.

### TRASLADO DE MATERIAL:

Se hizo un análisis de transporte en ladrillo King block teniendo estos sectores:

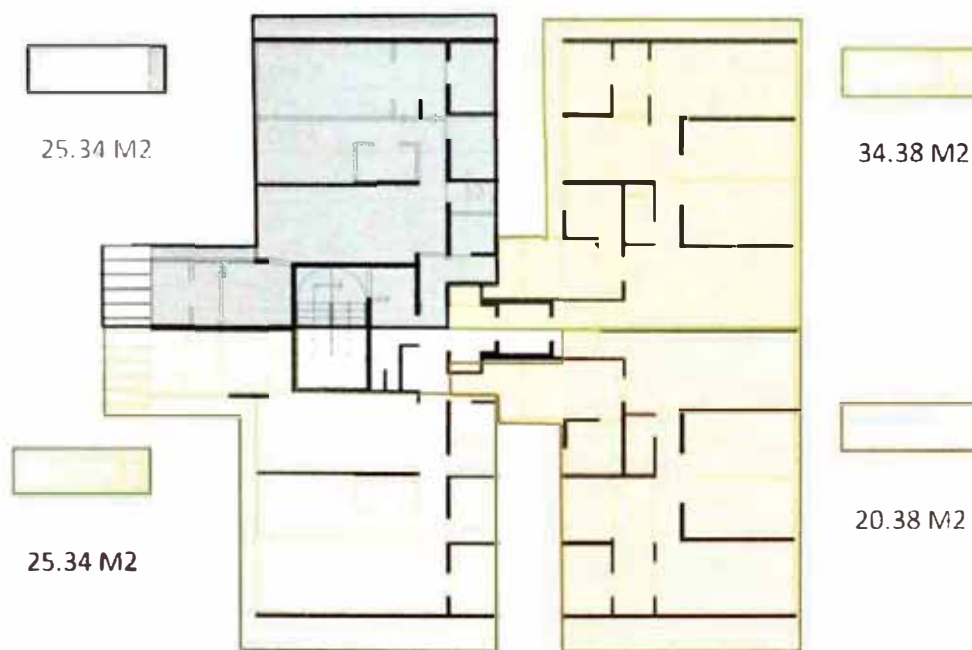
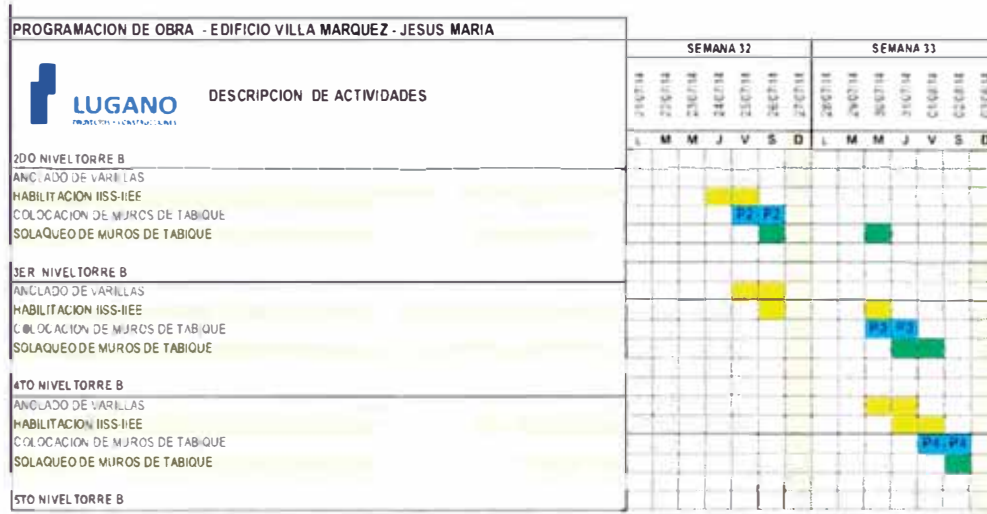


Figura 5.10 Sectorización de Tabiquería de ladrillo (Fuente: Propia)

Según la programación, tenemos que subir por día 2 sectores:

Cuadro 5.16 Programación de Tabiquería ladrillo blanco (Fuente: Lugano)



Teniendo el metrado se calcula la cantidad de ladrillos para cada sector, esta cantidad se va agrupar cada sector

Cuadro 5.17 Cálculo de ladrillos para cada sector (Fuente: Propia)

TABQUERIA LADRILLO BLANCO			L=39 CM H=10 CM	
TABQUERIA SECTOR 1	M2	25.34	649.00	UNID
TABQUERIA SECTOR 2	M2	25.34	649.00	UNID
TABQUERIA SECTOR 3	M2	34.38	881.00	UNID
TABQUERIA SECTOR 4	M2	20.38	522.00	UNID

### 5.2.2) ANÁLISIS DE TRANSPORTE HORIZONTAL

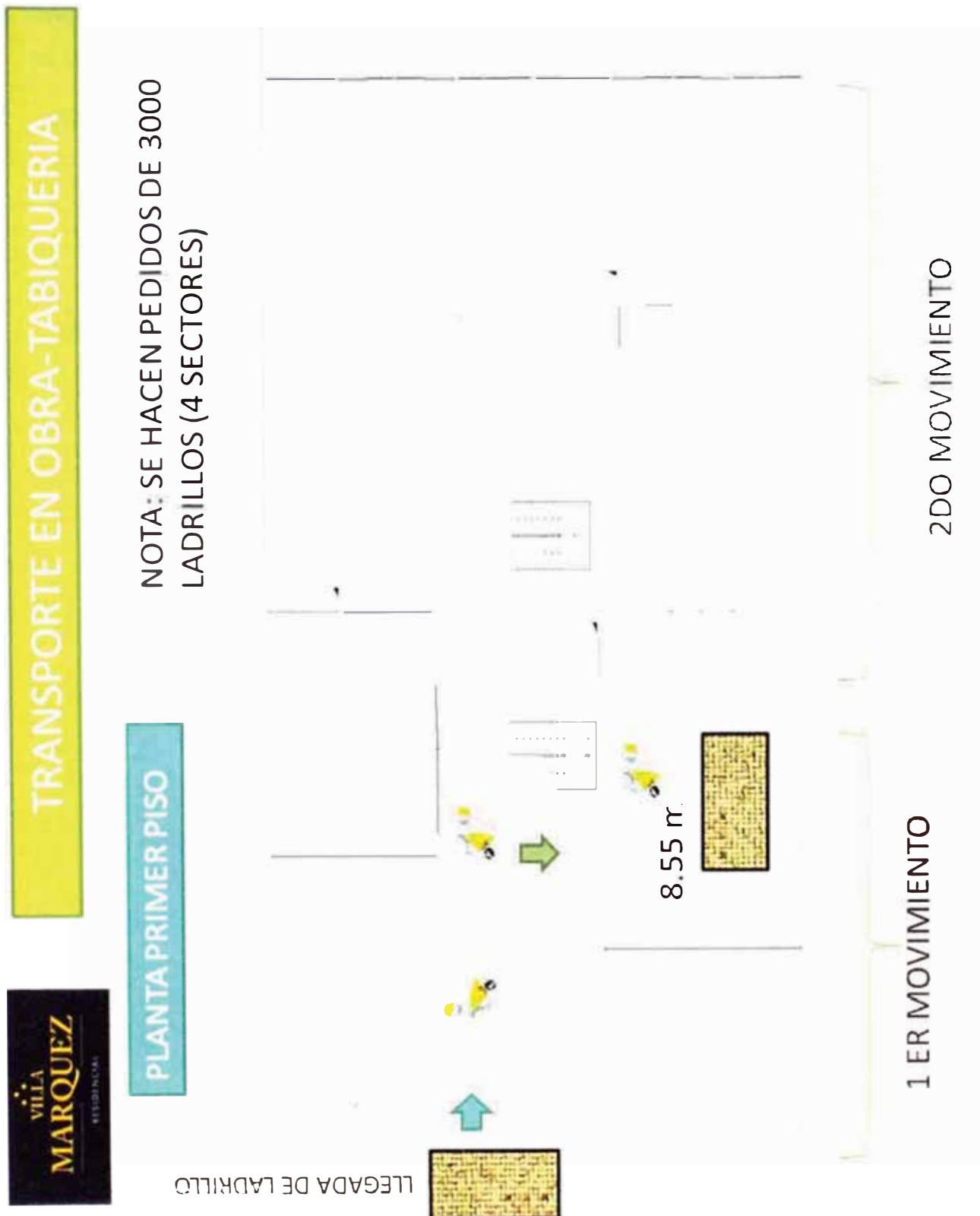


Figura 5.11 Análisis de transporte horizontal (Fuente: Propia)

Con el grafico mostrado , vamos a realizar el tiempo del ciclo.

Teniendo una cuadrilla de 5 peones con boguies para llevar ladrillo a una distancia de 17.5 m.

Cuadro 5.18 Cálculo de tiempo por ciclo en transporte horizontal (Fuente: Propia)

<b>OBRA:</b>	EDIFICIO VILLA MARQUEZ
<b>PROPIETARIO :</b>	PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC
<b>UBICACIÓN:</b>	AV. ARNALDO MARQUEZ 825
<b>CONTRATISTA:</b>	VEI SAC

CALCULO DE TIEMPO POR CICLO PRIMER MOVIMIENTO			
ITEM	ACTIVIDAD	UNID	METRADO
1.00	TABICUERIA LADRILLO BLANCO		
1.01	LONGITUD TOTAL DE ACARREO	ML	17.50
1.02	CANTIDAD DE AYUDANTES CON BOGUIE	UNID	5.00
1.03	CANTIDAD DE LADRILLO POR BOGUIE	UNID	5.00
1.04	TIEMPO DE UNA PERSONA POR CICLO	SEG	40.00
	TIEMPO DE CICLO TOTAL	SEG	8.000.00
			<b>2 HORAS 33 MIN</b>



### 5.2.3) ANÁLISIS DE TRANSPORTE VERTICAL

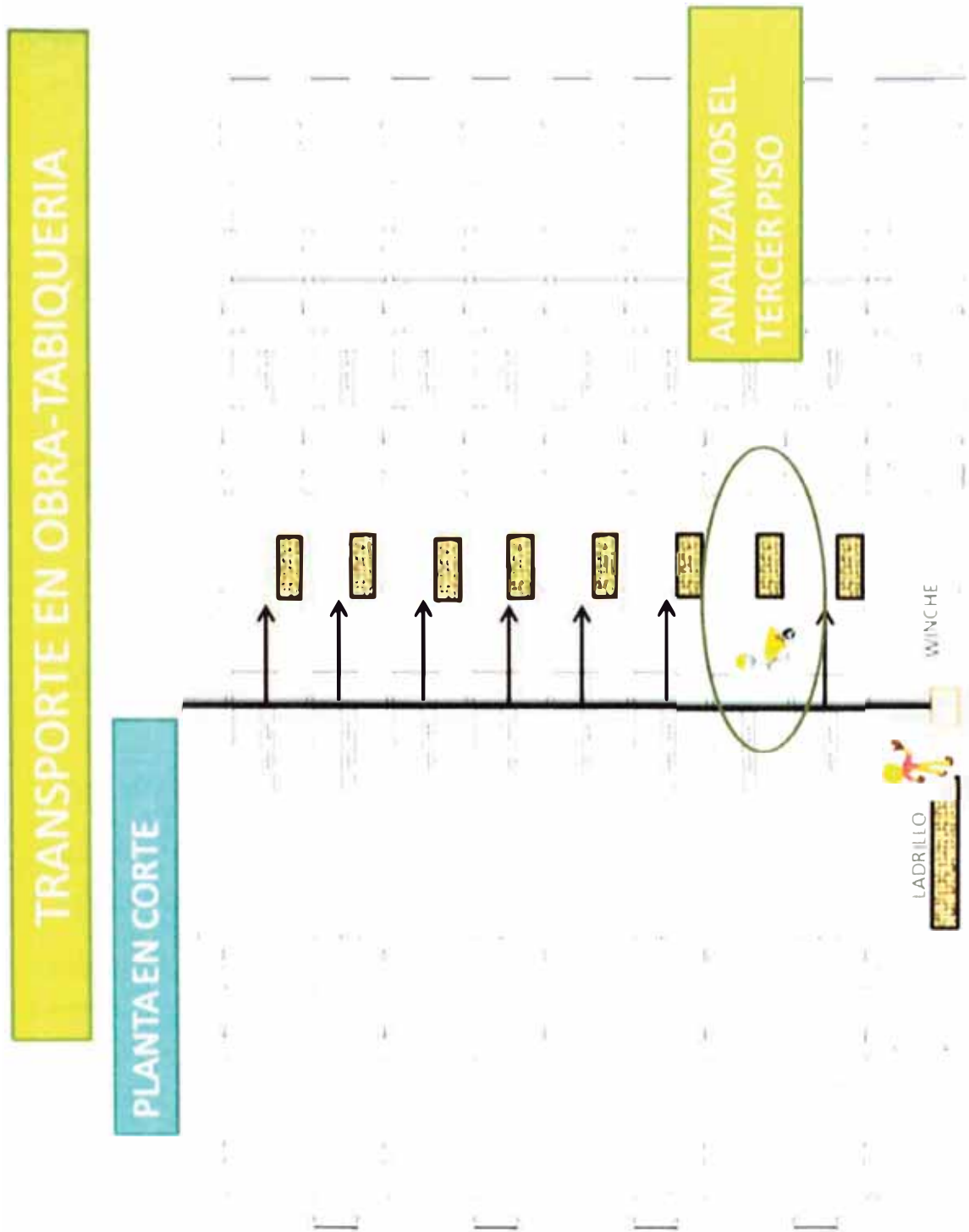


Figura 5.12 Análisis de transporte vertical (Fuente: Propia)

Para el segundo movimiento se realizó el transporte hasta el tercer piso para los sectores 1 y 2 (1300 ladrillos), obteniendo el siguiente cuadro:

Cuadro 5.19 Cálculo de tiempo por ciclo en transporte vertical (Fuente: Propia)

<b>OBRA:</b>	EDIFICIO VILLA MARQUEZ
<b>PROPIETARIO:</b>	PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC
<b>UBICACIÓN:</b>	AV. ARNALDO MARQUEZ 825
<b>CONTRATISTA:</b>	VEI SAC

CALCULO DE TIEMPO POR CICLO SEGUNDO MOVIMIENTO			
ITEM	ACTIVIDAD	UNID	METRADO
1.00	TABICERIA LADRILLO BLANCO		
1.01	ALTURA HASTA EL TERCER PISO	ML	6.65
1.02	CANTIDAD DE AYUDANTES CON BOGUE	UNID	1.00
1.03	CANTIDAD DE LADRILLO POR WINCHE	UNID	6.00
1.04	TIEMPO DEL WINCHE EN UN CICLO	SEG	25.00
	TIEMPO DE CICLO TOTAL:	SEG	5 416.67
			1 HORA 30 MIN

### PLAN DE MEJORAS PARA LA PRIMERA ETAPA DE MEDICIONES:

Con este análisis podemos tener un punto de acopio cercano y tener un mejor control por parte del personal

**A) TRASLADO DE MATERIAL:** Se reubicó el ladrillo blanco un día antes en las zonas a trabajar, previa coordinación con el ingeniero de campo.

**B) ESPERA DEL MATERIAL:** Se hizo una programación con respecto al traslado de los materiales en el winche, cada uno con una cierta hora. También se coordinó con la empresa contratista VEI, en que los materiales se programen 2 días antes de lo pedido en obra.

**C) DIAGRAMA DE PLANTA:** Ya terminado el acarreo horizontal y vertical se realizó un diagrama de planta para poder ver los lugares de acopio de ladrillo para tener una mayor productividad.

**DIA 1:** Se acarrea el ladrillo en los puntos de acopio

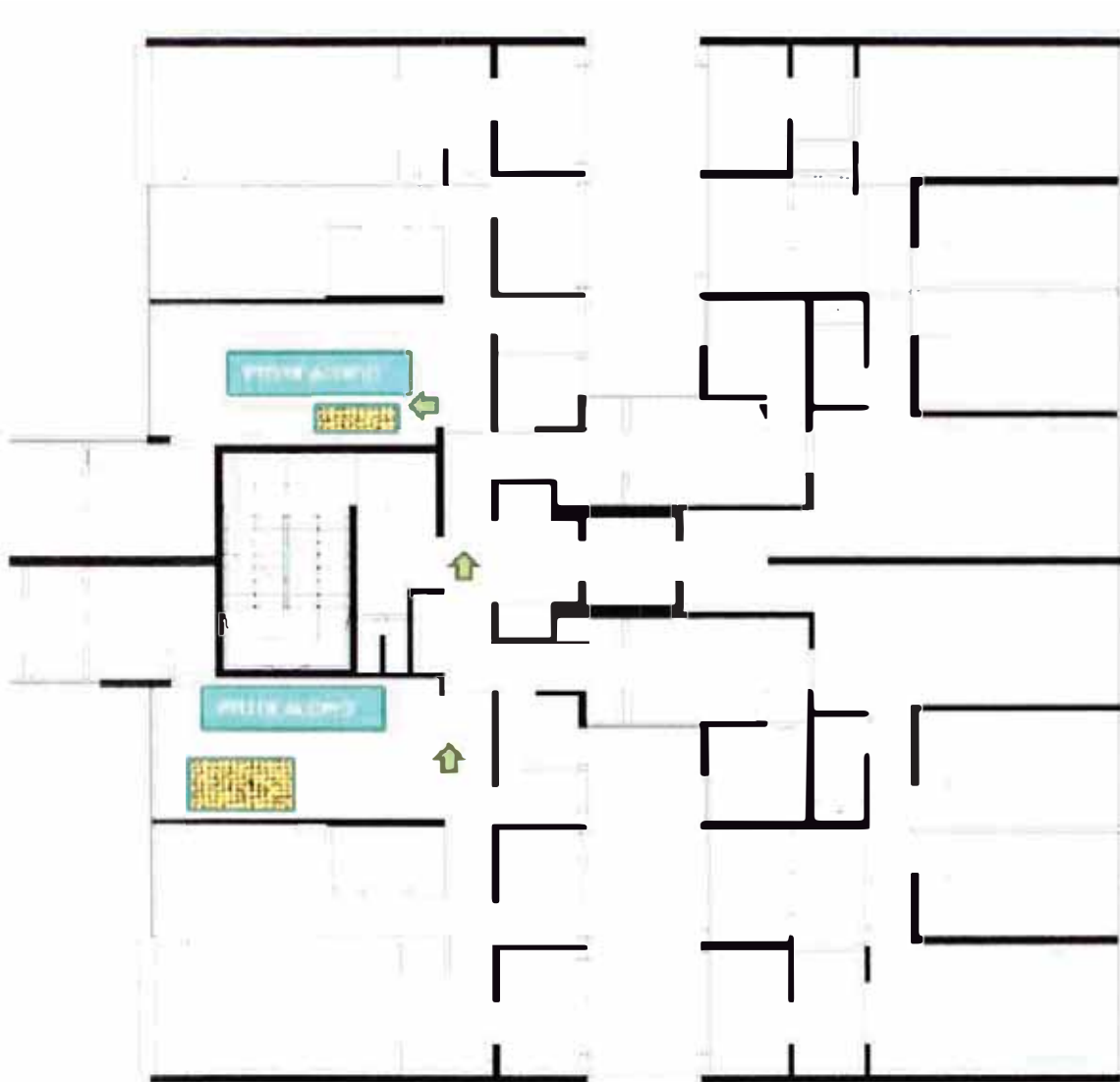


Figura 5.13 Diagrama de planta en tabiquería día 1(Fuente: Propia)

**DIA 2:** Se ubica al cortador y se distribuye el material al punto de trabajo, también comenzamos a subir y acarrear los sectores 3 y 4 sin perjudicar la producción de los ladrilleros en los tipos 1 y 2



Figura 5.14 Diagrama de planta en tabiquería día 2(Fuente: Propia)







Se obtiene los porcentajes de los tiempos productivos, tiempos contributorios y no contributorios de la segunda muestra:

Cuadro 5.21 Análisis de productividad de tabiquería segunda muestra (Fuente: Propia)

### ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD MEDIANTE CARTA BALANCE-TABIQUERÍA DE LADRILLO BLANCO

ITEM	TIEMPO	CANTIDAD	PORCENTAJE
1.00	TIEMPO PRODUCTIVO	282.00	60.00%
2.00	TIEMPO CONTRIBUTORIO	160.00	34.04%
3.00	TIEMPO NO CONTRIBUTORIO	28.00	5.96%

Se obtiene el diagrama de pastel:



Figura 5.15 Diagrama pastel en tabiquería segunda muestra (Fuente: Propia)

**CUADRO DE ANALISIS DE TIEMPO CONTRIBUTORIO:**

Cuadro 5.22 Análisis de trabajos contributorios segunda muestra (Fuente: Propia)

<b>ANALISIS DE TRABAJOS CONTRIBUTORIOS</b>			
<b>ITEM</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
1.00	Colocación de regla verticales	10.00	6.25%
1.01	Preparación de mezcla	28.00	17.50%
1.02	Medición	31.00	19.38%
1.03	Nivelar con regla	9.00	5.63%
1.04	Colocación de acero horizontal	10.00	6.25%
1.05	Vaciado de los alvéolos	26.00	16.25%
1.06	Transporte de material	33.00	20.63%
1.07	Trabajos de limpieza	13.00	8.13%

Se obtiene el diagrama de los tiempos contributorios:

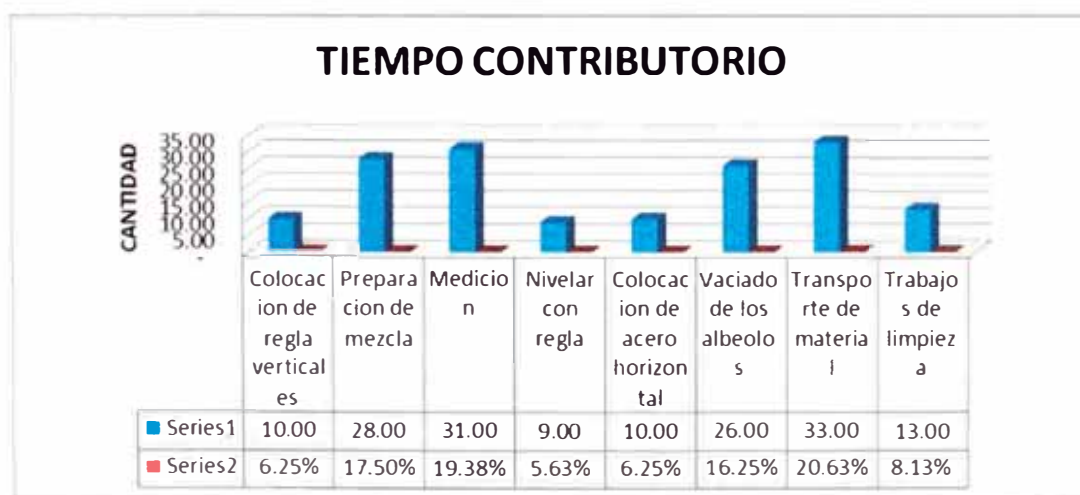


Figura 5.16 Diagrama de Pareto tiempo contributorios segunda muestra (Fuente: Propia)

**CUADRO DE ANALISIS DE TIEMPO NO CONTRIBUTORIO:**

Cuadro 5.23 Análisis de trabajos no contributorios segunda muestra (Fuente: Propia)

### ANALISIS DE TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS

ITEM	TIEMPO	CANTIDAD	PORCENTAJE
1.00	Viajes	5.00	3.13%
1.01	Espera del material	9.00	5.63%
1.02	Necesidades fisiológicas	9.00	5.63%
1.03	Descanso	2.00	1.25%

Se obtiene el diagrama de los tiempos no contributorios:

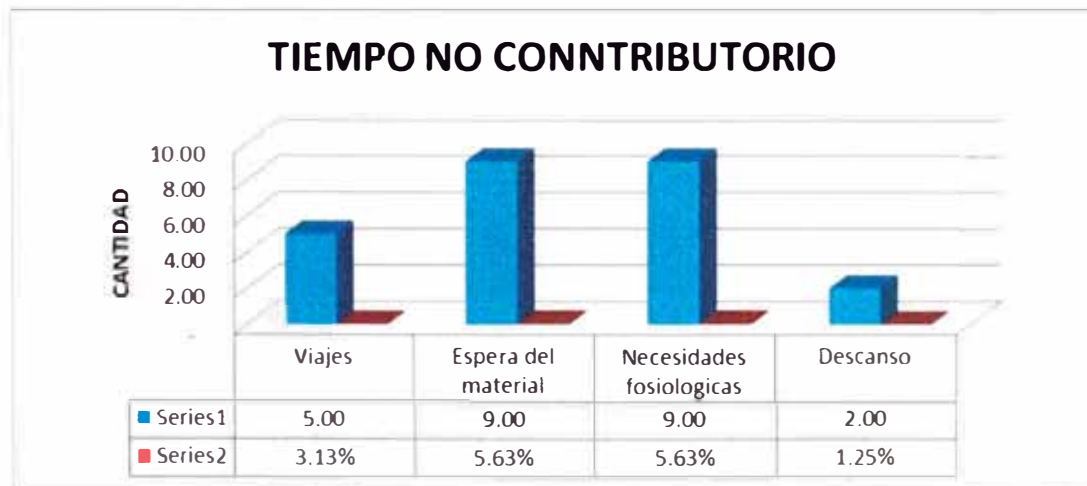


Figura 5.17 Diagrama de Pareto tiempo no contributorios segunda muestra (Fuente: Propia)

### 5.2.5) RESULTADOS OBTENIDOS.

El muestreo del trabajo comprendió 2 etapas de mediciones, y se aplicaron 1 etapa de mejora. Luego de la primera medición se hizo un diagnóstico y se propusieron alternativas de mejora. Se obtiene un desglose del tiempo empleado promedio en porcentajes:

Cuadro 5.24 Análisis de productividad mediante carta balance en tabiquería  
(Fuente: Propia)

#### ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD MEDIANTE CARTA BALANCE-TABIQUERÍA DE LADRILLO BLANCO

ITEM	TIEMPO	PRIMERA MUESTRA	SEGUNDA MUESTRA
1.00	TIEMPO PRODUCTIVO	39.79%	60.00%
2.00	TIEMPO CONTRIBUTORIO	36.70%	34.04%
3.00	TIEMPO NO CONTRIBUTORIO	23.51%	5.96%

Se obtiene la evolución del tiempo empleado en la cuadrilla:

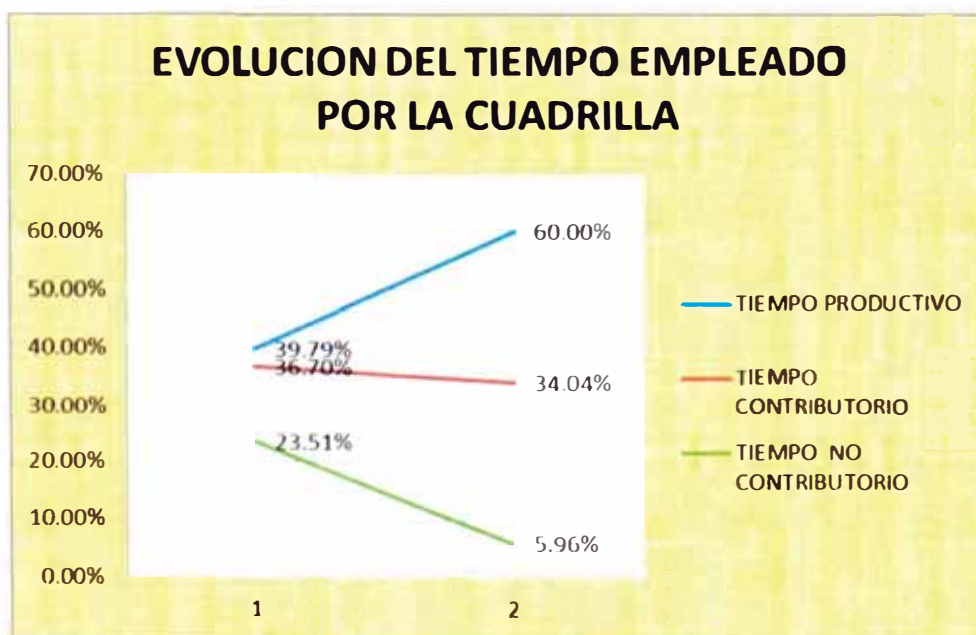


Figura 5.18 Diagrama de la evolución de la productividad (Fuente: Propia)

**5.2.6) ANALISIS CUANTITATIVO AL APLICAR LA CARTA BALANCE.**

Como se puede apreciar el tiempo productivo subió de un 39.79% a un 60%, por lo cual vamos a cuantificar la mejora en el proceso:

$$\% \text{ 2da muestra} - \% \text{ 1era muestra} = 60.00\% - 39.79\% = 20.21\% \text{ (Productividad)}$$

Se tiene el presupuesto de ladrillo:

Cuadro 5.25 Presupuesto de tabiquería (Fuente: Lugano)

**PRESUPUESTO DE ARQUITECTURA**

O B R A : VILLA MARQUEZ  
 PROPIETARIO : PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC  
 UBICACIÓN : ARNALDO MARQUEZ  
 FECHA : 30/11/13



ITEM	ESPECIFICACIONES	UNID.	CANTIDAD	P. UNIT	PARCIAL	TOTAL
06 00 00	<b>MUROS Y TABIQUES</b>					
06 01 00	Tabiquería con ladrillo rojo en perímetro y en interior de dptos	m2	338.03	S/ 90.00	S/ 30.422.70	
06 02 00	Tabiquería P.9 en depósitos y dptos (suministro a todo costo y mano de obra)	m2	2,942.50	S/ 100.30	S/ 295.132.75	
06 03 00	Dinteles	unid	676.00	S/ 55.00	S/ 36.850.00	S/ 362.405.45

El cual la tabiquería se decidió hacerla en su totalidad de ladrillo blanco:

Tabiquería total: 2942.5 m<sup>2</sup> + 338.03 m<sup>2</sup> = 3280.53 m<sup>2</sup>.

Del capítulo anterior tengo un ratio promedio de 1.82 hh/m<sup>2</sup>.

Costo por mejora: (% de mejora) x Metrado total x Ratio \* Precio hh:


$$(20.21\%) \times 3280.53 \text{ m}^2 \times 1.82 \text{ hh/m}^2 \times S/.16/\text{hh} = S/. 19,302.57$$

### 5.3) LECCIONES APRENDIDAS.

Una herramienta muy importante para no volver a caer en los mismos problemas que conllevan en la obra y poder tener las soluciones inmediatas, son las lecciones aprendidas.

A continuación se mostrara el formato de las lecciones aprendidas del proyecto Edificio "Villa Márquez", donde se puede apreciar la descripción del problema, las medidas correctivas, las recomendaciones y un panel fotográfico.

Cuadro 5.26 Lecciones aprendidas (Fuente: Propia)

LUGANO		EDIFICIO "VILLA MARQUEZ"			VILLA MARQUEZ
LECCIONES APRENDIDAS					
ITEM	PARTIDA	DESCRIPCION	MEDIDAS CORRECTIVAS	RECOMENDACIÓN	PANEL FOTOGRAFICO
1.00	3.00 CONCRETO ARMADO/ 3.05 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	EN EL ACARREO DE LAS VIGUETAS NO SE ORDENARON DE ACUERDO A LOS FRENTE	SE TUVO QUE SELECCIONAR LAS VIGUETAS PARA CADA SECTOR	CUANDO SE REALICE EL ACARREO DE VIGUETAS AGRUPARLAS Y PINTARLAS SEGÚN CADA SECTOR PARA IDENTIFICARLO MAS RAPIDO	
2.00	3.00 CONCRETO ARMADO/ 3.02 COLOCACION	DESPERDICIO DE CONCRETO EN EL VACIADO DE MUROS	SE TUVO QUE CORTAR FIERROS SOBREPANTES DE 3/8". DOBLARLOS Y CON UNA MADERA HACER UNA CACHIMBA EN AMBOS LADOS DEL ENCOFRADO DE MUROS	TENER ESAS CACHIMBAS EN TODOS LOS VACIADOS DE MUROS	
3.00	4.00 ARQUITECTURA/ 4.02 TARRAJEO Y REVOQUES	LOS MUROS ACABADOS QUE SE CONSIDERO SOLAQUEO NO QUEDAN BIEN EN LOS MUROS QUE VAN EN LOS CLOSET	SE TUVO QUE TARRAJEAR PARA QUE NO HAYA ESA LUZ EN FORMA DE CUCHILLA	EN LOS MUROS QUE VAN EN LOS CLOSET HAY QUE TARRAJEARLOS	
4.00	VARIOS	FALTA DE COMPATIBILIZACION EN ARQUITECTURA CON ESTRUCTURA ELECTRICA, SANITARIAS	HACER LA COMPATIBILIZACION DE LAS ESPECIALIDADES ANTES DE LA EJECUCION DE LOS DEPARTAMENTOS	EN LA PARTE DEL ANTEPROYECTO SE DEBE DE HACER LA COMPATIBILIZACION DE LAS ESPECIALIDADES	



## **5.4) OTRAS CONSIDERACIONES PARA LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS.**

### **5.4.1) PROGRAMACION DE WINCHE:**

Una manera para poder optimizar los procesos constructivos es una programación del winche, para que los procesos constructivos no paren y no haya tiempos muertos en espera.

Se debe tener una programación diaria con horario para cada material.

WINCHE 1: VIGUETAS, BOVEDILLAS, ACERO, TUBERIAS

WINCHE 2: LADRILLO, ARENA FINA, CEMENTO, CERAMICOS

#### 5.4.2) CONSTRUCTABILIDAD:

Una manera eficiente para poder mejorar la productividad es aplicar la constructibilidad en los procesos constructivos.

#### TRASLADO DE MATERIAL:

Se puede utilizar otros tipos de transporte a parte del boogie como por ejemplo la stoka que puede llevar más ladrillos y tiene la ventaja de tener un menor ancho y así poder pasar con más facilidad a los departamentos.



STOKA

Figura 5.19 Herramienta de traslado (Fuente: Internet)

#### ASENTADO DE LADRILLO:

Utilizar un tipo de andamio que mejore la productividad del operario, una que tenga una altura considerable para que pueda maniobrar sin agacharse y que sea móvil para poder llevar de un lugar a otro.



ANDAMIO

Figura 5.20 Herramienta para asentado (Fuente: Internet)

**5.4.3) PROTOCOLOS DE CALIDAD:**

Según las semanas analizadas (26, 27,33 y 34), hemos visto algunas observaciones por parte de demoras en entrega de paquetes de trabajo por un tema de calidad. En su inicio no se tenía un protocolo de calidad, pero en el transcurso de la obra se implementó, anticipándonos en los posibles errores y garantizándonos una entrega a tiempo.

The image shows a series of handwritten quality control protocols from Lugano. Each entry includes a date, a list of inspection items with checkboxes, and handwritten notes. The dates are 01-02-14, 01-04-14, 01-07-14, 01-08-14, 01-11-14, 01-12-14, and 01-22-14. The notes describe various construction activities and quality checks, such as 'SE VERIFICÓ LA CALIDAD DE LOS MATERIALES', 'SE VERIFICÓ LA CALIDAD DE LA OBRERA', and 'SE VERIFICÓ LA CALIDAD DE LA OBRERA EN LOS PUNTO'. There are also signatures and initials throughout the document.

Figura 5.21 Protocolos de calidad (Fuente: Lugano)

Este protocolo es de la etapa de casco, donde están todos los involucrados desde el maestro de obra hasta los capataces encargados de cada cuadrilla.

Un punto muy importante es el tema de seguridad, donde el participa y da luz verde para los comienzos de los trabajos.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1) Conclusiones.

- Se puede concluir que la aplicación de las herramientas Lean (Last Planner) en un proyecto de construcción, en especial de edificaciones, tiene muy buenos resultados en el desarrollo del proyecto, tanto en la productividad como en el plazo y costo.
- De los beneficios observados de cada herramienta Lean se puede concluir que la sectorización y los trenes de trabajo son 2 de las herramientas más sencillas de aplicar y que a su vez son las que más aportan en cuanto a mejoras del proyecto con respecto a la visión tradicional.
- Con la ayuda de la programación lookahead de 4 semanas podemos saber con anticipación el inicio de las partidas, hacer las gestiones como charlas de inducción o entrega de póliza, para así comenzar con el día programado.
- El porcentaje de plan cumplido PPC, nos mide el desempeño de la semana y nos impulsa a la mejora continua y removiendo las causas de no cumplimiento.
- Aplicando las herramientas de diagrama de flujo y el diagrama en planta hicimos la mejora del encofrado de muros logrando un mejor ratio de 0.354 hh/m<sup>2</sup> a 0.306 hh/m<sup>2</sup>, que llevando al costo nos ahorraríamos un monto de S/.9,660.29, que es un 1.73% del presupuesto meta.
- Aplicando las herramientas de carta balance y el análisis de transporte horizontal y vertical se logró optimizar el asentado de ladrillo blanco en (TP: 39.8 %, TC: 36.7 %, TNC: 23.51%) a un (TP: 60 %, TC: 34.04 %, TNC: 5.96%), que llevando al costo por un ratio promedio de 1.82 hh/m<sup>2</sup> tendríamos un ahorro de S/. 19,302.57.
- A través de las lecciones aprendidas, podemos registrar los problemas presentados en obra y las repercusiones que tuvieron en el proyecto, esto genera la concientización en el equipo de obra. Esta concientización

es parte de la mejora continua, ya que podemos saber los efectos negativos y tomar acciones para aplicar soluciones proactivas que eviten que el problema se vuelva a presentar.

- Todos los trabajos y/o procedimientos de construcción de la obra siempre se ha recibido la opinión de seguridad, antes de comenzar una actividad se firma un protocolo donde la seguridad también participa en esto y da luz verde para el comienzo de los trabajos.



## 6.2) Recomendaciones.

- Se recomienda utilizar las herramientas de manera constante para que las mejoras que estas representan se vean reflejadas en nuestro proyecto.
- Se recomienda hacer varias iteraciones en la sectorización para tratar de homogenizar los metrados y así la cuadrilla no varíe en cantidad de personal por cada sector.
- Se recomienda hacer una programación lookahead con respecto a los materiales para poder hacer las gestiones de adquisiciones u órdenes de compra y así disminuir los problemas de logística.
- Desde el inicio de obra se debe tener un PPC semanal, en este proyecto se hizo en el nivel cero (casco), en los sótanos no se hizo este análisis, hubiéramos ahorrado tiempo y dinero.
- Elaborar un diagrama de planta en todas las actividades, ya que esto nos va a ordenar, nos minimizara los tiempos muertos de espera, nos minimice el índice de accidentes en la obra y tener un mejor control diario en la programación.
- Se debería estandarizar el uso de ciertas herramientas como es el caso de las cartas de balance, estas se deben hacer al inicio de las actividades para verificar que el dimensionamiento de cuadrillas haya sido correcto. En este caso se analizaron solo algunas cuadrillas y en una etapa tardía de la obra, ya que solo se hizo en etapa de acabados, aun así se pudieron optimizar dichas cuadrillas mejorando considerablemente la productividad, lo cual hubiese sido mucho más beneficioso realizándose al inicio del proyecto.
- Estar en constante comunicación con los responsables de las cuadrillas, para esto se hace una reunión de producción cada semana comunicando la programación semanal y los cambios si fuera el caso del proyecto.
- Tener una reunión diaria con el maestro de obra y los capataces encargados de cada cuadrilla (4:00 pm) para un chequeo del día

trabajado y hacer mención de los trabajos del día siguiente para que todas las cuadrillas comiencen a primera hora en sus áreas de trabajo.

- Elaborar un informe al final de obra de lecciones aprendidas durante todo el proyecto, donde se indica los problemas y las soluciones que se aplicaron para así tenerlo documentado y no volver a caer en esos mismos problemas.

## BIBLIOGRAFÍA

BOTERO, Luis (2004) Construcción sin pérdidas. Análisis de procesos y filosofía Lean Construction. Bogotá: Legis S.A.

GHIO CASTILLO, Virgilio (2001) Productividad en obras de construcción: diagnóstico, crítica y propuesta. Lima: PUCP.

VASQUEZ, JUAN C. (2005) "Aplicación del Lean Design en proyectos de edificación". Pontificia Universidad Católica del Perú.

JUAN FELIPE PONS ACHELL (2004) Introducción a Lean Construction. Madrid.

ABNER GUZMAN TEJADA (2014) "Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación y ejecución de proyectos". Pontificia Universidad Católica del Perú.