

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA LA  
EJECUCION DE UN PROYECTO DE VIVIENDA.  
CASO PRACTICO “EDIFICIO MAURTUA III”**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. GOMEZ SANCHEZ JUAN PABLO  
Bach. MENDOZA CHANG DIEGO BRANDO  
Bach. PEREZ REYMUNDO JEAN PIERRE**

**ASESOR: Ing. Enrique Torres Pérez**

**LIMA – PERÚ**

**AÑO: 2015**

### **Dedicatoria**

A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos a lo largo de este camino llamado vida.

A mi novia Elizabeth quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

*Diego Brando Mendoza Chang*

## **Dedicatoria**

También dedico esta tesis a todos aquellos que no creyeron en mí, a aquellos que esperaban mi fracaso en cada paso que daba hacia la culminación de mis estudios, a aquellos que nunca esperaban que lograra terminar la carrera, a todos aquellos que apostaban a que me rendiría a medio camino, a todos los que supusieron que no lo lograría, a todos ellos les dedico esta tesis.

Dedicatoria Jean Pierre

## **Dedicatoria**

Mi más grande dedicatoria es a mi querida y amada hija Sami, quien fue mi mayor impulso para tomar la decisión de poder llevar este programa y por con siguiente elaborar la presente tesis, con su presencia y sonrisa obtuve la determinación que faltaba en mi vida.

A mis padres que son tan diferentes pero a la vez un gran complemento, tardaría mucho en mencionar cada aporte de ellos, pero debo recalcar los valores: perseverancia, humildad, y deseo de superación; que a mi parecer son los tres grandes pilares de cualquier persona de bien.

A mis hermanos que con su apoyo y ejemplo silencioso, fue un gran aporte a lo largo de este arduo camino.

A mi vecina Claudia quien a su manera me apoyo en todo y me dio la tranquilidad de saber que con su dedicación podía dedicarle el tiempo necesario a este proyecto y mantener todo a salvo.

Finalmente a mí mismo, ya que esta es una demostración de que lo imposible solo existe en el pensamiento, el camino no fue fácil, hubo momentos difíciles los cuales me hicieron más fuerte y finalmente aprendí la mejor lección, que todo paso empieza por una decisión, la cual desde ahora es que esta historia recién empieza y vienen muchas cosas por hacer y caminos por andar, los cuales en compañía de mi querida y amada familia serán mucho más fáciles de recorrer.

**Juan Pablo Gómez Sánchez Serrano**

## **Agradecimientos**

Agradecemos primeramente a nuestros padres que han dado todo el esfuerzo para que nosotros ahora estemos culminando esta etapa de nuestras vida y darles las gracias por apoyarnos en todos los momentos difíciles de nuestras vida tales como la felicidad, la tristeza pero ellos siempre han estado junto a nosotros y gracias a ellos somos lo que ahora somos y con el esfuerzo de ellos y nuestro esfuerzo ahora podemos ser grandes profesional y seremos un gran orgullo para ellos y para todos los que confiaron en nosotros.

## INDICE TEMÁTICO

RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	3
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.2.1 OBJETIVO PRINCIPAL	6
1.2.2 OBJETIVO SECUNDARIOS	6
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.3.1 CONVENIENCIA	9
1.3.2 RELEVANCIA SOCIAL	10
1.3.3 IMPLICANCIAS PRÁCTICAS	10
1.4 LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.5 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	12
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	13
2.1.1 EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL	14
2.1.2 EN EL ÁMBITO NACIONAL	19
2.2 BASES TEÓRICAS	29
2.2.1 LEAN PRODUCTION	29
2.2.2 LEAN CONSTRUCTION	35
2.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	37
2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL	37
2.3.2 HIPÓTESIS ESPECIFICAS	38
2.3.3 VARIABLES	39
2.3.4 DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES	42
2.3.5 PRINCIPALES INVESTIGADORES	43
CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	47
3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	48
3.3 TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN Y EJECUCIÓN	48
3.4.1 DESCRIPCIÓN DE HERRAMIENTAS PROGRAMACIÓN	48
3.4.2 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS	50

<b>CAPITULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>53</b>
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	53
4.2 DESCRIPCIÓN DE PROYECTO	53
4.2.1 UBICACIÓN	53
4.2.2 ALCANCE DEL PROYECTO	53
4.2.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	54
4.2.4 RESTRICCIONES DEL PROYECTO	54
4.2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	54
4.3 CONSTRUCTABILIDAD	58
4.3.1 SEGURIDAD Y LIMPIEZA DURANTE TODA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA	58
4.3.2 DURANTE LA EXCAVACIÓN Y CONTENCIÓN DE TERRENOS COLINDANTES	59
4.3.3 DURANTE LA ETAPA DE CIMENTACIÓN	60
4.3.4 DURANTE LA ETAPA DE CASCO	61
4.3.5 DURANTE LA ETAPA DE ACABADOS	63
<b>CAPITULO V: SECTORIZACIÓN</b>	<b>65</b>
5.1 SECTORIZACIÓN DURANTE LA ETAPA DE CASCO.	65
5.1.1 SECTORIZACIÓN DE MUROS ANCLADOS Y MUROS PANTALLA	65
5.1.2 SECTORIZACIÓN DE CIMENTACIONES.	72
5.1.3 SECTORIZACIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES	77
5.1.4 SECTORIZACIÓN DE ELEMENTOS HORIZONTALES	79
5.1.5 SECTORIZACIÓN DE ALBAÑILERÍA	82
5.2 SECTORIZACIÓN DURANTE LA ETAPA DE ACABADOS.	84
5.2.1 SECTORIZACIÓN DE REVOQUES Y ENLUCIDOS	84
5.2.2 SECTORIZACIÓN DE ENCHAPE	88
5.2.3 SECTORIZACIÓN DE COLOCACIÓN DE PISOS DE MADERA	89
5.2.4 SECTORIZACIÓN DE COLOCACIÓN DE TABLEROS DE PIEDRA	89
<b>CAPÍTULO VI: RESTRICCIONES</b>	<b>91</b>
6.1 SOBRE PRODUCCIÓN	91
6.2 ESPERAS	91
6.3 TRANSPORTE	92
6.4 SOBRE PROCESAMIENTO	92
6.5 INVENTARIOS	92
6.6 MOVIMIENTO	92
6.7 DEFECTOS (TRABAJOS REHECHOS)	92
6.8 ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	93

CAPÍTULO VII: PROGRAMACIÓN	94
7.1 PLANIFICACIÓN MAESTRA	94
7.2 PLANIFICACIÓN MENSUAL (LOOKAHEAD)	95
7.3 PLANIFICACIÓN SEMANAL	95
7.4 PLANIFICACIÓN DIARIA	103
7.5 DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS	104
7.6 PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO	109
CAPÍTULO VIII: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	120
8.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	120
8.2 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	122
8.3 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	123
CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	127
9.1 CONCLUSIONES	127
9.2 RECOMENDACIONES	128
FUENTES DE INFORMACION	130
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	132

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO I: ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN	133
ANEXO II: PLANO DE CIMENTACIÓN	134
ANEXO III: ESQUEMA DE SECTORIZACIÓN EN EL EJE A	135
ANEXO IV: ESQUEMA DE SECTORIZACIÓN EN EL EJE G	136
ANEXO V: ESQUEMA DE SECTORIZACIÓN EN EL EJE G	137
ANEXO VI: ESQUEMA DE MAPEO DE CIMENTACIONES	138
ANEXO VII: TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CIMENTACIONES SEGÚN MAPEO.	139
ANEXO VIII: TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES EN SÓTANO 2 SEGÚN MAPEO.	140
ANEXO IX: TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES EN SÓTANO 1 SEGÚN MAPEO.	141
ANEXO X: TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES EN SEMISÓTANO SEGÚN MAPEO.	142
ANEXO XI: TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES EN 1° PISO SEGÚN MAPEO.	143
ANEXO XII: TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES EN 2° PISO SEGÚN MAPEO.	144
ANEXO XIII: TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES EN 3° PISO SEGÚN MAPEO.	145
ANEXO XIV: TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES EN 4° PISO SEGÚN MAPEO.	146
ANEXO XV: TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES EN 5° PISO SEGÚN MAPEO.	147
ANEXO XVI: ESQUEMA DE MAPEO DE ELEMENTOS VERTICALES EN EL SÓTANO 2	148
ANEXO XVII: ESQUEMA DE MAPEO DE ELEMENTOS VERTICALES EN EL SÓTANO 1	149
ANEXO XVIII: ESQUEMA DE MAPEO DE ELEMENTOS VERTICALES DE SEMISÓTANO AL 5° PISO.	150
ANEXO XIX: TABLA DE DISTRIBUCIÓN POR NIVELES Y DEPARTAMENTOS DE ASENTADO DE MUROS	151
ANEXO XX: TABLA DE DISTRIBUCIÓN POR NIVELES Y DEPARTAMENTOS DE CIELO RASO.	152
ANEXO XXI: TABLA DE DISTRIBUCIÓN POR NIVELES Y DEPARTAMENTOS DE TARRAJEO DE VIGAS.	153

ANEXO XXII: TABLA DE DISTRIBUCIÓN POR NIVELES Y DEPARTAMENTOS DE TARRAJEO DE MUROS INTERIORES.	153
ANEXO XXIII: TABLA DE DISTRIBUCIÓN POR NIVELES Y DEPARTAMENTOS DE CONTRA PISOS.	154
ANEXO XXIV: TABLA DE DISTRIBUCIÓN POR NIVELES Y DEPARTAMENTOS DE DERRAMES DE MUROS.	154
ANEXO XXV: TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE ENCHAPES	155
ANEXO XXVI: DISTRIBUCIÓN DE PISOS Y CONTRA ZÓCALOS DE MADERA	156
ANEXO XXVII: PLANIFICACIÓN MAESTRA 1/5	157
ANEXO XXVIII: PLANIFICACIÓN MAESTRA 2/5	158
ANEXO XXIX: PLANIFICACIÓN MAESTRA 3/5	159
ANEXO XXX: PLANIFICACIÓN MAESTRA 4/5	160
ANEXO XXXI: PLANIFICACIÓN MAESTRA 5/5	161
ANEXO XXXII: LOZANEAD – 1° MES	162
ANEXO XXXIII: LOOKAHEAD – 2° MES	163
ANEXO XXXV: LOOKAHEAD – 4° MES	165
ANEXO XXXVI: LOOKAHEAD – 5° MES	166
ANEXO XXXVII: LOOKAHEAD – 6° MES	167
ANEXO XXXVIII: LOOKAHEAD – 7° MES	168
ANEXO XXXIX: LOOKAHEAD – 8° MES	169
ANEXO XL: LOOKAHEAD – 9° MES	170
ANEXO XLI: MATRIZ DE CONSISTENCIA	171
ANEXO XLII: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES E INDICADORES	172

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: METRADOS TOTALES DE LOS MUROS ANCLADOS	68
TABLA 2: MAGNITUDES DEL 1° ANILLO	69
TABLA 3: MAGNITUDES DEL 3° ANILLO	70
TABLA 4: MAGNITUDES DEL 3° ANILLO	71
TABLA 5: METRADOS TOTALES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES	72
TABLA 6: SECTORIZACIÓN DE EXCAVACIONES DE CIMENTACIONES	73
TABLA 7: SECTORIZACIÓN DE ENCOFRADO DE CIMENTACIONES	74
TABLA 8: SECTORIZACIÓN DE CONCRETO DE CIMENTACIONES	75
TABLA 9: SECTORIZACIÓN DE ACERO EN CIMENTACIONES	76
TABLA 10: SECTORIZACIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES DE ACERO	78
TABLA 11: SECTORIZACIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES DE ENCOFRADO	79
TABLA 12: SECTORIZACIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES DE CONCRETO	79
TABLA 13: SECTORIZACIÓN DE ELEMENTOS HORIZONTALES DE ACERO	80
TABLA 14: SECTORIZACIÓN DE ELEMENTOS HORIZONTALES DE ENCOFRADO	81
TABLA 15: SECTORIZACIÓN DE ELEMENTOS HORIZONTALES DE CONCRETO	82
TABLA 16: ASENTADO DE MUROS	83
TABLA 17: TARRAJEO DE CIELO RASO	85
TABLA 18: TARRAJEO DE VIGAS	85
TABLA 19: TARRAJEO DE MUROS	86
TABLA 20: VACIADO DE CONTRA PISOS	87
TABLA 21: VESTIDURAS DE DERRAMES	88
TABLA 22: TABLERO DE BAÑOS	89
TABLA 23: TABLERO DE COCINAS	90
TABLA 24: ANÁLISIS DE RESTRICCIONES DE LA SEMANA 6	97
TABLA 25: PLAN SEMANAL DE LA SEMANA 6	98
TABLA 26: ANÁLISIS DE RESTRICCIONES DE LA SEMANA 15	99
TABLA 27: PLAN SEMANAL DE LA SEMANA 15	100
TABLA 28: ANÁLISIS DE RESTRICCIONES DE LA SEMANA 19	101
TABLA 29: PLAN SEMANAL DIARIO DE LA SEMANA 19	102
TABLA 30: PLAN DIARIO DEL DÍA 100	104
TABLA 31: ANÁLISIS DE CUADRILLA DE LAS PARTIDAS DE CONCRETO	105
TABLA 32: ANÁLISIS DE CUADRILLAS DE LAS PARTIDAS DE ACERO	106

TABLA 33: ANÁLISIS DE CUADRILLA DE LA PARTIDA DE ENCOFRADO	107
TABLA 34: ANÁLISIS DE CUADRILLA DEL ASENTADO DE MUROS	108
TABLA 35: ANÁLISIS DE CUADRILLA DE LA PARTIDA DE CIELO RASO	109
TABLA 36: ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DEL PLAN SEMANAL 13	110
TABLA 37: ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DEL PLAN SEMANAL 13	111
TABLA 38: PORCENTAJE DE INCUMPLIMIENTO – SEMANA 13	113
TABLA 39: CAUSAS DE INCUMPLIMIENTOS ACUMULADAS	116
TABLA 40: PORCENTAJE DE AHORRO DE LA MANO DE OBRA DE LA PARTIDA DE ENCOFRADO	123

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº 1. EVOLUCIÓN MENSUAL DE LA ACTIVIDAD DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN	3
FIGURA Nº 2. TOPO 100 CONSTRUCTION COMPANIES 2011	17
FIGURA Nº 3. CONTROL PMS	27
FIGURA Nº 4. CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	112
FIGURA Nº 5. PORCENTAJE DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO DE LA SEMANA.	114
FIGURA Nº 6. GRÁFICO DE BARRAS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO ACUMULADAS	117
FIGURA Nº 7. GRAFICO DEL PORCENTAJE DEL PLAN CUMPLIDO.	119
FIGURA Nº 8. GRÁFICO DE BARRAS DE PRODUCCIÓN DE LA SEMANA 9.	120
FIGURA Nº 9. GRÁFICO DE LAS DISTINTAS RESTRICCIONES DE LA SEMANA 6 HASTA LA 14.	121
FIGURA Nº 10. PORCENTAJE DE NIVEL DE PRODUCCIÓN	122
FIGURA Nº 11. GRÁFICO DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO DEL SEMISÓTANO AL 3º PISO	126

## RESUMEN

La filosofía lean construction se inició en la década de 1990 basado en la adaptación de las teorías de producción de las grandes fábricas (Lean Production) a la industria de la construcción. Sin embargo su difusión y aplicación en el Perú es aún incipiente, está limitada a un grupo menor de empresas que apuestan por su aplicación, generando mejoras y reducciones en costos y tiempo.

El presente trabajo se centra en la aplicación de la filosofía lean construction como método de planificación, ejecución y control de un proyecto de construcción desarrollado en la ciudad de Lima. A lo largo del presente trabajo se describen los principales conceptos y herramientas de la filosofía lean para poder generar una base teórica sólida que respalde la aplicación de herramientas y el análisis de resultados en los proyectos. Además, se analiza y describe de forma detallada como se aplican las herramientas más importantes de esta filosofía (Last Planner System, Sectorización, lookahead, etc.) con la finalidad de difundir la metodología de aplicación de cada herramienta y servir de guía para profesionales o empresas que busquen implementar lean construction en sus proyectos. Por otro lado se analizan las etapas del proyecto de mayor incidencia y se demuestra de manera concluyente los buenos resultados que brinda esta filosofía, buscando de esta forma alentar a que sea adoptada por más empresas del sector construcción y puedan romper el paradigma de que su aplicación genera sobre costos.

Finalmente se analiza el desarrollo y performance del proyecto para poder sacar conclusiones y propuestas de mejora que puedan ser aplicadas por la empresa, y otras empresas, en la ejecución de sus próximos proyectos aplicando la metodología de mejora continua.

## **ABSTRACT**

Lean Construction philosophy began in the 1990s based on the adaptation of the theories of production of large factories (Lean Production) to the construction industry. However their dissemination and implementation in Peru is still incipient, it is limited to a smaller group of companies committed to its implementation, generating improvements and reductions in cost and time.

This work focuses on the application of lean construction philosophy as a method of planning, execution and control of a construction project developed in Lima. Throughout this work the main concepts and tools of lean philosophy to generate a solid theoretical basis to support the application of tools and analysis results are described in the projects. In addition, it is analyzed and described in detail how are applied the most important tools of this philosophy (Last Planner System, sectorization, look ahead, etc.) in order to spread the methodology of application of each tool and serve as a guide for professional or companies seeking to implement lean construction projects. On the other hand are analyzed the stages of the project with the highest incidence and the good results provided by this philosophy is demonstrated conclusively , thus seeking to encourage to be adopted by companies in the construction sector and can break the paradigm that its application generates extra costs.

Finally, the development and performance of the project is analyzed to draw conclusions and suggestions for improvement that can be applied by the company, and other companies, in the execution of their upcoming projects applying the methodology for continuous improvement.

## **INTRODUCCION**

El objetivo fundamental de la presente investigación es brindar a los profesionales dedicados a la industria de la construcción del Perú y Latino américa, trabajos relacionados con la mejora de la productividad aplicando conocimientos de la metodología Lean Construction, la cual fue desarrollada por el Ing. Finlandés Lauri Koskela, así como también técnicas de planificación como la programación Last Planner creada por el Ing. Civil estadounidense Glen Ballard. Con la aplicación de estos conocimientos se optimizara los diversos recursos que pueda haber en la ejecución de un proyecto multifamiliar y mejora costo beneficio de la obra. Como primer objetivo secundario, la presente investigación se enfoca ampliamente a la sectorización de los diversos procesos de la obra para obtener una producción homogénea. Como segundo objetivo secundario es dar a conocer las restricciones que se puedan presentar durante la ejecución de los procesos con la finalidad de minimizarlas y de esta manera permitir cumplir la producción trazada. Como tercer objetivo secundario la presente investigación se enfoca en ordenar el flujo de procesos aplicando las técnicas de la programación look Ahead y last planner con la finalidad de reducir los tiempos de ejecución de la obra. Y el quinto objetivo secundario se centraliza en analizar los sectores de los procesos para así poder determinar la cantidad de personal necesario para ejecutar las actividades programadas en el día de esta forma podemos determinar las cuadrillas necesarias para los procesos a ejecutarse.

La investigación está dividida en nueve capítulos:

En los primeros tres capítulos se describe la realidad problemática de la industria de la construcción, de los objetivos de la presente investigación, justificación, limitaciones y viabilidad. También se detalla la evolución de la producción mencionando como bases teóricas a los fundamentos de lean production la cual fue desarrollada con el Ing. Japonés Taiichi Ohno en la conocida empresa automovilística Toyota, se define el concepto de Lean construction y su origen, enfoque y las características de esta filosofía.

En el cuarto capítulo describimos el proyecto que servirá como caso práctico para esta investigación y describe detalles de la Constructabilidad de los procesos a analizarse en la investigación.

En el quinto capítulo la presente investigación se enfoca en la sectorización durante la etapa de casco de muros anclados y muros pantalla, cimentaciones, elementos verticales, elementos horizontales y albañilería. Y durante la etapa de acabados de revoques y enlucidos, enchape, pisos de madera y tableros de piedra.

En el sexto capítulos se detallas las restricciones que están presentes durante la ejecución de la obra.

En el séptimo capítulo se describe la programación de la obra en sus distintas magnitudes y grados de confiabilidad.

En el octavo y noveno capítulo se presentan los resultados, conclusiones y propuestas de mejora de la presente tesis

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

Es indudable que el sector de la construcción es un componente significativo en la economía de un país. En el Perú se registró que la actividad de la construcción decayó su crecimiento en el 2015 con -13,56 por ciento respecto al 2013 (Figura N° 1), esto es explicado por el resultado contractivo del consumo interno del cemento en 7.1 por ciento y el avance físico de obras que decae en -32.7 por ciento (INEI).



Figura N° 1. Evolución Mensual de la Actividad del Sector Construcción

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

Evaluar la productividad en un negocio tiene por objetivo identificar aspectos en los que pueda optimizarse la forma de realizar las operaciones o actividades lo cual permita incrementar el margen de utilidad en la empresa.

En el caso de empresas industriales y de servicios, los esfuerzos por estandarizar y mejorar los procesos se han dado desde el siglo XXI obteniendo resultados positivos.

El panorama no es el mismo en el sector construcción. El interés por el tema de productividad es reciente a nivel mundial. Sumando a este punto el hecho de que nuestro país presenta un nivel tecnológico insuficiente es

evidente que en nuestro medio se requiere estudios y esfuerzos para encontrar alternativas que mejoren la ejecución de procesos<sup>1</sup>.

Las obras en la que no se aplica el lean construction generalmente tienen los siguientes problemas:

- Problemas de planificación: Estos problemas se ven reflejados en las ampliaciones de plazos o retrasos de ejecución
- Problemas de control: Estos problemas conllevan a hacer un doble trabajo pues al no controlar la ejecución del trabajo puede haber errores técnicos lo cuales conllevan a realizarse trabajos no Contributarios como trabajos de demolición, picados y resanes y una segunda ejecución de trabajo.
- Problemas de materiales y equipos: Estos problemas se originan por falta de planificación, pues al no tener una planificación no se tienen los materiales ni equipos en el momento correcto
- Problemas de capacitación: Muchas personas involucradas no tienen la capacitación debida para realizar un trabajo lo cual podría generar accidentes leves, incapacitantes y/o fatales. Lo cual originaría todo un proceso de investigaciones policiales y paralización de obra.
- Problemas de irresponsabilidad de mano de obra: El personal obrero al no tener claro su frente de trabajo a cumplir, utilizara el tiempo a su antojo lo cual generaría bajos rendimientos.

Para la ejecución de un proyecto intervienen distintas personas como ingenieros diseñadores, ingenieros constructores, maestros, capataces, personal de obra, subcontratas y otros. Para una correcta aplicación del lean construction todos los miembros de la obra deben conocer de esta filosofía. Es por ello que en su mayoría de veces su aplicación no es correcta y en otros casos no se aplica.

---

<sup>1</sup> Tesis: Estudio de la productividad en una obra de edificación  
Universidad: Pontificia universidad católica del Perú  
Autor: Tania Elena Morillo Santa Cruz / Miguel Ángel Lozano Vargas  
Lugar y Año: Lima Perú 2007

A pesar de que la construcción es importante para la economía del país, los problemas que enfrenta dicho sector son bien conocidos, tales como: baja productividad, pobre calidad, altos índices de accidentes, desviaciones en cumplimiento de plazos y presupuestos, entre otros.

El nuevo modelo denominado Lean construction (construcción sin pérdidas), propuesto por Lauri Koskela (1992), analiza los principios y las aplicaciones del JIT (justo a tiempo) y TQM (control total de la calidad) en la industria de la construcción, intentando identificar las bases que él define como “la nueva filosofía de producción”, conocida como lean production.

Lean construction introduce principios que cambian el marco conceptual de la administración del mejoramiento de la productividad y enfoca todos los esfuerzos a la estabilidad del flujo de trabajo. Mediante el enfoque Lean construction se han desarrollado diversas herramientas tendientes a reducir las pérdidas a través del proceso productivo. Una de estas herramientas de planificación y control fue diseñada por Ballard y Howell. El sistema denominado el último planificador (Last Planner System) presenta cambios fundamentales en la manera como los proyectos son planificados y controlados. El método incluye la definición de unidades de producción y el control del flujo de actividades, mediante asignaciones de trabajo. Adicionalmente facilita la obtención del origen de los problemas y la toma oportuna de decisiones relacionada con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones a tiempo, lo cual incrementa la productividad.

La construcción en la actualidad tiene mucha competitividad por tal motivo las empresas tienen que adoptar medidas correctivas para mejorar su productividad y calidad. Con la aplicación de la filosofía Lean Construction se obtienen mejoras considerables en la productividad y gestión de la obra.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo principal**

Aplicar la filosofía lean construction para la optimización de recursos en la ejecución de un proyecto de uso multifamiliar el cual nos generaría un beneficio de costo de la obra.

Aplicar los principios y herramientas del sistema Lean construction a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción contribuyen a la excelencia a través de un proceso de mejora continua en la empresa, que consiste fundamentalmente en minimizar o eliminar todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor, a través de la optimización de recursos y la maximización de la entrega de valor al cliente, para diseñar y producir a un menor coste, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco productivo con el entorno.

Lean Construction trata de alcanzar estos objetivos en todas las fases del ciclo de ejecución de un proyecto de edificación, contando con todos los agentes sociales que intervienen en el proceso de diseño y construcción y con todas las personas y empresas que participan en la cadena entera de suministro y en cada flujo de valor, sin dejar a nadie fuera e integrando a todos bajo una meta común según los principios del sistema Lean.

### **1.2.2 Objetivo secundarios**

Objetivo Secundario 1: Determinar una sectorización del proyecto de un edificio multifamiliar con la finalidad de tener una producción homogénea.

Se llama sectorización al proceso de división de una actividad o tarea de la obra en porciones más pequeñas llamadas sectores, cada sector deberá comprender un metrado similar al de los demás sectores, para así mantener un flujo continuo. El

metrado asignado a los sectores deberá ser factible de realizarse en un día.

La sectorización está relacionada con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, ya que al dividir el trabajo en sectores más pequeños estamos dividiendo nuestro lote de producción en lotes más pequeños que serán los que transferimos a las actividades siguientes (lotes de transferencia). Así mismo al sectorizar se está optimizando los flujos de recursos en la obra, lo cual genera un beneficio para todo el sistema de producción.

Objetivo Secundario 2: Minimizar las restricciones asociadas a los procesos de trabajo, para optimizar el nivel de producción del proyecto.

Las restricciones se establecen como un conjunto de procesos interrelacionados y dependientes entre sí generan una producción según la capacidad del proceso más lento. La forma de aumentar la velocidad del conjunto es incrementando la capacidad del proceso más lento. Esta teoría se centra en los factores limitantes a los cuales denomina “restricciones” o “cuellos de botella”. En toda empresa existe por lo menos una restricción, caso contrario esta generaría ganancias ilimitadas. Siendo las restricciones los factores que bloquean la obtención de dichas ganancias, se induce que toda gestión debe apuntar a encontrar y controlar las restricciones.

La construcción se divide en varios procesos pequeños que trabajan uno después de otro similar a una línea de producción de una fábrica con la única diferencia que en el caso de las fabricas el producto pasa por las estaciones de trabajo y en la construcción son las estaciones de trabajo las que recorren el producto, es así que estos conceptos son totalmente aplicables para el campo de la construcción y es de aquí de donde nace la optimización de flujos y procesos que describe la filosofía lean.

Objetivo específico 3: Ordenar el flujo de procesos para la optimización del tiempo

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 el proyecto de esta investigación se realiza el tren de actividades para todas las partidas con mayor recurrencia en el presupuesto de 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 ensamblaje en una fábrica.

La aplicación del tren de actividades se puede observar en el Lookahead y las programaciones.

Objetivo específico 4: Determinar la producción diaria a cumplir para determinar la conformación de cuadrillas de trabajo

En la construcción convencional se da que muchas veces el maestro de obra es el que decide el número de obreros a contratar, lo cual genera que se tenga en la mayoría de los casos un número excesivo de personal en la obra y por consiguiente los niveles de Trabajo Productivo se reduzcan.

Ante todas estas deficiencias identificadas en la contratación del personal en la metodología tradicional de construcción, se ha generado un procedimiento para el dimensionamiento de cuadrillas que va de la mano con los lineamientos de la filosofía Lean Construction y que busca eliminar todas las falencias mencionadas y darnos un total control en la cantidad de personal que tendremos en nuestra obra.

Este procedimiento o metodología es conocido como el Circuito Fiel y tiene como finalidad calcular el número exacto de personas que son necesarias para realizar una actividad (partida) y

cumplir con los rendimientos establecidos al iniciar el proyecto y por consiguiente garantizar que se cumpla con un nivel de productividad mayor al promedio.<sup>2</sup>

### **1.3 Justificación de la investigación**

En el sector construcción se presenta una baja confiabilidad en la planificación, debido a que existen diferentes conjuntos de procesos interrelacionados y dependientes entre sí y generan una producción según la capacidad del proceso más lento.

Siendo las restricciones los factores que bloquean la obtención de dichas ganancias, se induce que toda gestión debe apuntar a encontrar y controlar las restricciones.

Es por tal motivo que se justifica esta investigación, con la finalidad de aportar a aquellas empresas que buscan mejorar su productividad en las obras, Implementar procesos sin pérdidas de tiempo y costo; con el fin de generar una herramienta que permita la industrialización del sector construcción.

La investigación está centrada en las partidas de mayor incidencia, ya que son en estas en las que podemos mejorar los procesos y generar un ahorro de tiempo y espacio traducido en costos de mayor cuantía.

#### **1.3.1 Conveniencia**

Las obras de construcción civil en su mayoría están siendo ejecutadas según el enfoque tradicional lo cual convierte a la construcción en un proceso lento. Por el contrario sí una obra se ejecutara bajo el enfoque lean construction se tendrá un avance a

---

<sup>2</sup> Tesis: Aplicación de la filosofía lean construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos  
Autor: Abner Guzmán Tejada  
Lugar y Año: Lima Perú - 2014

mayor velocidad, generando ahorro de tiempo que impacta directamente en los costos del proyecto. Por tal motivo citamos a esta tesis como un ejemplo educativo para la correcta aplicación de la filosofía Lean construction en distintos proyectos de la construcción civil.

### **1.3.2 Relevancia social**

Desarrollar obras de construcción civil eficientes con respecto al costo y el tiempo, de gran calidad de producto final y de buena relación precio-producto. Buscando influir de manera significativa en la construcción, el crecimiento y el bienestar del país.

Generando mejor desempeño del personal que interviene en los procesos constructivos, buscando la especialización y mejora en el ámbito laboral, que se traduce directamente en proyectos exitosos desde el punto de vista de calidad, tiempo y precio.

Satisfaciendo las necesidades del mercado objetivo y mejorar la calidad de vida. Logrando obtener ventajas competitivas en relación a otras constructoras.

### **1.3.3 Implicancias prácticas**

Ayudará en el sector construcción a generar una mayor productividad, ayudara de igual forma a definir la variabilidad de la ocurrencia de eventos internos y externos al sistema, estas ocurrencias, están presentes en todos los proyectos y se incrementa con la complejidad, velocidad, ubicación y magnitud de los mismos. Estos eventos son aleatorios y no se pueden predecir ni eliminar en su totalidad, es decir se puede predecir que ocurrirán imprevistos mas no sabemos de qué tipo ni cuándo es que se presentaran, aun así se deben tomar en cuenta ya que no hacerlo hará que se incrementen significativamente y que generen un impacto mayor en el proyecto. Si logramos anticiparnos a estas ocurrencias, podremos tener un mayor control en la planificación,

identificando las posibles soluciones. El inventario, esperas y transportes también conforman un factor importante, ya que genera pérdidas para la producción, incurriendo en costos innecesarios, el Implementar obras en el Perú y en particular en Lima, requiere de un arduo trabajo de planificación en la obra y en la búsqueda de proveedores serios que tengan interés de practicar esta metodología como política de funcionamiento en su propia empresa. Se busca sectorizar las actividades y tareas en obra, para optimizar los flujos de recursos, lo cual genera un beneficio para todo el sistema de producción.

#### **1.4 Limitación de la investigación**

Esta tesis se tomara como caso práctico, una obra que se encuentra ubicada en la calle Víctor Maurtua, en el distrito de San Isidro de Lima, Perú.

Todo este estudio será enfocada a la etapa de ejecución de obra, la cual la dividiremos en dos sub etapas:

Etapa de casco:

En esta etapa nos enfocaremos a las partidas de encofrado y desencofrado, acero, vaciado de concreto, asentado de ladrillos y revoques y enlucidos; que por la importancia y alta incidencia como costo en todo proyecto en construcción, son las partidas que debemos analizar y evitar los costos de no calidad, las partidas antes mencionadas son las que podrían hacer la diferencia entre un proyecto exitoso y un proyecto con perdida monetaria.

Etapa de acabados:

En esta esta etapa nos enfocaremos a las partidas de enchape, colocación pisos de madera y colocación de tableros de piedra; que por la importancia y alta incidencia como costo y tiempo en todo proyecto en construcción, son las partidas que debemos analizar y evitar los costos de no calidad y reprogramaciones, las partidas antes mencionadas son las

que podrían hacer la diferencia entre un proyecto exitoso y un proyecto con pérdida monetaria.

### **1.5 Viabilidad de la investigación**

La presente investigación es viable debido a que contamos con las herramientas necesarias para investigar, analizar y aportar a la mejora continua de los procesos constructivos. La búsqueda de mejorar los procesos y eliminar los costos de no calidad hacen que la información sea accesible, debido a que actualmente se cuenta con mucha información sobre el lean construction ya sea charlas (Edificar), publicaciones (Revista Costos), tesis nacionales e internacionales. Aun no se ha podido aplicar a todo su esplendor porque queda mucho que investigar.

La búsqueda de mejorar la productividad para así lograr ventajas competitivas con relación a otras constructoras, ayuda a realizar diferentes enfoques en la construcción, teniendo pleno conocimiento de sus limitaciones. Para aplicar la filosofía lean construction se requiere de un mayor compromiso por parte del equipo de trabajo. Debido a que el campo de acción de la presente tesis estará dirigida a las partidas de mayor incidencia en la obra. Para este proyecto será la etapa de casco y acabados sucios.

La duración del proyecto en investigación es la adecuada para poder desarrollar la presente tesis sin inconvenientes, nos permite analizar los procesos y tratar de mejorar el proceso de planeamiento buscando llegar a implementar de la forma más eficiente la construcción sin pérdidas.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de la investigación**

Sin duda alguna, la construcción está cambiando de una forma impresionante. Manifestándose con cambios significativos en el modo de gestión, que incorporan calidad, seguridad, especialización, productividad, tecnologías, más información y otras disciplinas de gestión.

Antes, las obras públicas eran totalmente manejadas con presupuesto fiscal, con problemas de plazos que no se cumplían, obras que aumentaban su valor y mucha ineficiencia de gestión.

Una visión similar acerca de la planificación convencional es la que tienen algunos autores como Cornick 1991; Austin 1994; Koskela 1997; Ballard and Koskela 1998; Formoso 1998. Estos autores tienen la visión de que la planificación y el control, son sustituidos en muchas oportunidades por caos e improvisaciones, causando: mala comunicación, documentación inadecuada, ausencia o deficiencia en la información de entrada de los procesos que realizamos, desequilibrada asignación de los recursos, falta de coordinación entre disciplinas y errática toma de decisiones.

Muchos son los intentos hechos para mejorar los problemas antes mencionados entre ellos están: La administración de proyectos, la ingeniería concurrente, modelos de procesos, Ingeniería del valor, nuevas formas organizacionales, apoyo de información tecnológica, nuevos índices de desempeño, etc. (Ballard y Koskela 1990). Aunque los enfoques anteriores contienen interesantes y aparentemente efectivas técnicas, están sumamente fragmentadas y carecen de una sólida base conceptual. Esta base teórica, faltante en las técnicas anteriores, debe ser entendida como una relación entre tres diferentes modelos: conversión, flujo y valor, entendiéndose por valor el nivel de satisfacción del cliente. Una serie de investigadores, nacionales e internacionales, han realizado un esfuerzo por conceptualizar los problemas de la industria de la construcción, estructurando un marco teórico que

nos permita entender mejor qué tipo de producción es la construcción. Esta referencia teórica desarrollada recibe el nombre de "Lean Construction" o "Construcción sin Pérdidas", cuya función es minimizar o eliminar todas aquellas fuentes que implique pérdidas, en el entendido que estas pérdidas implican menor productividad, menor calidad, más costos, etc.

Como solución a estos problemas nace Lean Construction como una necesidad de adoptar una serie de estándares emanados de la empresa manufacturera. La industria de la construcción observó por muchos años, de manera expectante, cómo el mundo oriental le entrega una gran cantidad de ideas, filosofías y prácticas al mundo occidental.

La filosofía de producción se ha ido perfeccionando en otros rubros demostrando que nuevas técnicas podían ser implementadas de forma exitosa en la industria de la construcción. Experiencias internacionales han demostrado que la implementación de la filosofía Lean Construction puede mejorar la coordinación de todos los agentes participantes en el proyecto y por ende aumentar la fiabilidad de éste.

### **2.1.1 En el ámbito internacional**

Al finalizar la década de los años veinte se presenta en Estados Unidos una crisis de sobreproducción, manifestada en un subconsumo de masas frente a la capacidad productiva real de la sociedad, lo que hace necesario implementar ajustes que dan paso al establecimiento generalizado del fordismo, un modelo productivo y distributivo innovador, ya que logra generar un mercado de masas para la gran producción acumulada.

Con Ford, la cadena de montaje viene a sustituir las técnicas taylorianas de medición de tiempos y movimientos y a someter a acciones del personal a una cadena regulada de producción. Las reglas generales para eliminar el trabajo sobre asignado y la escala de producción cambian por completo.

A fines de los 60s el modelo empezó a erosionarse con la ostensible disminución de Productividad.

El modelo llegaba a su límite y habría que readecuarlo, y justamente en las innovaciones que incorpora el toyotismo a la organización del proceso de trabajo, se encuentran algunas salidas a la inflexibilidad de la estructura burocrática de la producción en masa, aunque el problema de reactivación económica aún no se resuelva.

Aquí hay que destacar que el Sistema Toyota tuvo su origen en la necesidad particular de Japón de producir pequeñas cantidades de muchos modelos de productos. Por tanto el Sistema que se deriva de esta necesidad es fundamentalmente competitivo en la diversificación, por su flexibilidad, en contraposición al sistema de producción en serie, contrario al cambio.

Su fundador el Ing. Ohno (1978) considera las diferencias con el método estadounidense al indicar que en la rama automotriz norteamericana se utiliza un método de reducción de costos al producir automóviles en cantidades constantemente crecientes y en una variedad restringida de modelos, mientras que en Toyota se fabrica a un buen precio pequeños volúmenes de muchos modelos diferentes. Aplicando la racionalización del proceso de trabajo implicó, el principio de costo mínimo o "fábrica mínima", que aduce a la reducción de stocks, materiales, equipos, espacios y trabajadores y se complementa con el principio de "fábrica flexible" sustentada en la flexibilidad del trabajo en la asignación de las operaciones de fabricación para lograr un flujo continuo y pronta atención a la demanda.

Ante la respuesta de la celeridad del cambio y la complejidad ambiental elevan las presiones competitivas y aumentan el interés por encontrar la forma organizacional y la estrategia adecuada para lograr ventaja competitiva. Nace el término "Lean" que ya lo podemos definir como un sinónimo de mínimo, ligero, flexible, pobre, magra o sin pérdidas.

Entre los más resaltante tenemos

- Eliminación de los recursos redundantes considerados como pérdidas y la implantación del Lean Production, la diferencia con el modelo fordista reside en la necesidad de menos existencias, menos espacio, menos movimiento de materiales, menos tiempo para preparar la maquinaria, menos sistemas informativos y tecnologías más austeras y menos trabajadores con el objeto de que presenten la mayor flexibilidad y sensibilidad posible a las variaciones del mercado.
- El desarrollo de una compacta red cooperativa basada en relaciones de confianza, de recíproca transparencia y contratos a largo plazo.
- La participación del personal en las decisiones sobre producción, para la autonomía de interrumpir el flujo cada vez que se observan anomalías y defectos, a fin de eliminarlos de inmediato y en la colaboración para solucionar los problemas planteados por la introducción de innovaciones tecnológicas.
- La incorporación de la calidad en el proceso productivo con la progresiva eliminación de los controles posteriores. Las diversas fases del proceso productivo se conciben como una relación entre el proveedor y el cliente regulada por la auto certificación de la calidad del material o de la prestación efectuada.

Hay mejoramiento continuo (Kaizen) pues cada uno de los aspectos del proceso de producción está sujeto a discusión y experimentación de posibles soluciones.

En Europa hay gran desarrollo académico de la filosofía lean construction, específicamente en Inglaterra existen leyes orientadas al uso del lean construction.

En particular, las universidades en el Reino Unido están trabajando para que la industria de la construcción se concientice de los beneficios del BIM por delante de las necesidades inminentes del Gobierno para aplicarse en proyectos del sector público.

## Empresas Internacionales

Empresas que se encuentran dentro del ranking de las mejores 100 empresas constructoras internacionales como se muestra en la figura N° 2, implementan un sistema de gestión y producción basado en la teoría de la filosofía Lean construcción, entre ellas tenemos a siguientes empresas constructoras:

Top 100 Construction Companies 2011										
Rank by turnover	Rank by profit	Company	Latest turnover (£m)	Previous turnover (£m)	Latest pre-tax profit (£m)	Previous pre-tax profit (£m)	Latest margin (%)	Previous margin (%)	2010 Rank by turnover	2010 Rank by profit
1	1	Balfour Beatty	10541.0	10339.0	187.0	267.0	1.8	2.6	1	1
2	2	Carillion	5139.0	5829.3	167.9	135.9	3.3	2.4	2	2
3	20	Laing O'Rourke	3320.0	3526.1	25.9	50.0	0.8	1.4	3	9
4	3	Babcock	2755.8	1895.5	115.4	129.2	4.2	6.8	7	3
5	11	Morgan Sindall	2101.9	2213.5	40.7	44.7	1.9	2.0	4	10
6	9	Kier	2098.7	2148.0	57.7	24.8	2.7	1.2	5	21
7	8	Mitie	1891.4	1720.0	88.8	91.7	4.6	5.3	8	5
8	8	Interserve	1872.0	1908.8	64.1	89.2	3.4	4.7	6	6
9	13	Skanska	1267.3	1541.8	38.7	38.9	3.1	2.5	10	13
10	19	Galliford Try	1221.5	1461.0	26.1	-26.9	2.1	-1.8	12	98
11	100	Enterprise	1088.9	1060.2	-135.2	-30.6	-12.4	-2.9	17	99
12	31	Keller	1068.9	1037.9	17.8	74.7	1.7	7.2	19	7
13	22	BAM Construct	1037.2	1133.6	24.6	29.9	2.4	2.6	15	25
14	12	Vinci	1025.1	1162.6	39.1	15.4	3.8	1.3	14	35
15	18	Costain	1022.5	1081.1	27.9	18.1	2.7	1.7	16	30
16	5	Amey UK	1012.8	1025.5	87.2	69.3	8.6	6.8	11	4
17	18	Willmott Dixon	989.5	999.9	26.6	18.2	2.7	1.8	20	29
18	10	Wates	984.9	945.3	43.0	38.9	4.4	4.1	21	14
19	47	ISG	972.2	1046.0	8.7	11.8	0.9	1.1	18	41
20	25	Bovis Lend Lease	964.5	1277.9	21.0	8.6	2.2	0.7	13	48
21	99	Miller	783.0	1047.0	-72.4	-170.0	-9.2	-16.2	23	100
22	17	Newarthill / Sir Robert McAlpine	779.1	1124.5	27.4	39.3	3.5	3.5	9	8
23	28	Mace	726.0	654.0	19.3	14.9	2.7	2.3	25	26
24	37	BAM Nuttall	694.8	643.7	15.7	24.1	2.3	3.7	30	22
25	15	Bowmer & Kirkland	669.1	873.6	32.6	28.8	4.9	3.3	22	18
26	7	Keepmoat	604.4	570.4	88.8	63.9	11.4	11.2	31	12
27	30	May Gurney	571.4	483.1	18.8	18.4	3.3	3.8	33	27
28	44	Volker Wessels UK	567.0	583.9	10.1	2.5	1.8	0.4	27	36
29	36	Shepherd	526.7	701.0	16.0	-1.5	3.0	-0.2	28	90
30	33	Mears	523.9	470.1	16.4	18.4	3.1	3.9	35	28
31	39	Morrison Utility Services	480.4	473.7	15.1	9.2	3.1	1.9	34	38
32	4	Homeserve	467.2	379.2	104.8	102.2	22.4	27.0	32	97

Figura N° 2. Top 100 Construction Companies 2011

Fuente: The Construction Index

Entre las empresas más resaltantes tenemos:

### Laing O'Rourke

Es una empresa de ingeniería enfocada a nivel internacional con capacidades de clase mundial que abarcan toda la cadena de valor para el cliente. Operan un modelo de negocio integrado que comprende toda la gama de servicios de ingeniería, construcción y gestión de activos ofrecen soluciones de una sola fuente de algunas de las organizaciones

públicas y privadas más prestigiosas del mundo. Aplicando los cuatro elementos de rendimiento Excellence Plus - Cliente de Focus, Innovación, Comportamiento Responsable, Desarrollo de Personas - que logrará su visión de ser la empresa de primera elección para todos los interesados, capaces de desafiar y cambiar las malas prácticas sinónimo de la industria de la construcción, y competir junto a empresas líderes en el mundo.

### Walbridge

En esta empresa estado unidense que trabaja diligentemente para animar a toda la compañía el pensamiento Lean e impulsa la búsqueda incesante de la mejora en toda la organización.

Reconocen ocho áreas en las que los residuos pueden residir en un proyecto. Ellos son:

- El exceso de producción - producir más de los requerimientos del cliente y / o materiales / productos innecesarios
- Inventario - compra de suministros ó materias primas innecesarias, inventario de trabajo en proceso y / o productos de acabado
- Transporte - Tener varios controladores, retrasos innecesarios en el manejo de materiales
- Esperando - Tiempo de retrasos y / o tiempo de inactividad (tiempo sin valor agregado)
- Motion - acciones de personas ó equipos que no agregan valor al producto
- El exceso de procesamiento - pasos de procesamiento innecesarios ó trabajan elementos / procedimientos
- Correcciones - Producción de una pieza que se desechó o requiere re trabajo
- No Utilizando Recursos Humanos- no seguimiento, implementación de ideas y / o sugerencias en toda la organización.

La aplicación de los conceptos de Lean en toda organización distingue el programa de Walbridge. Realizan constantes capacitaciones a sus socios,

subcontratistas y comerciantes para convertirse en lo más productivo posible.

Esta empresa considera los siguientes conceptos de lean:

Planificación Logística - Evalúan el acceso y planean el movimiento de personas, bienes y equipos en las áreas designadas. La planificación logística es considerada desde el inicio del proceso, se supervisa y revisa continuamente para asegurar su integridad.

Look-Ahead Planning - Identifican las próximas tareas que se requieren para mantener la productividad dentro de un grupo, departamento o proyecto. Look-Ahead plans incluyen compromisos del equipo a las fechas señaladas.

### **2.1.2 En el ámbito nacional**

Si bien es cierto en el Perú el término Lean Construction se está volviendo común, sin embargo su correcto entendimiento sigue siendo limitado.

El capítulo peruano de lean construcción fue fundado el 15 de febrero del 2011, con la finalidad de elevar el nivel de profesionalismo y la eficiencia de la construcción en el país.

Se tiene mucha difusión académica en algunas universidades peruanas, entre ellas tenemos a la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Universidad peruana de ciencias aplicadas (UPC), Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y Universidad Ricardo Palma.

Investigaciones peruanas

En el Perú se han desarrollado investigaciones referentes a lean construcción, de las cuales citamos a las siguientes

Buleje (2012) realizaron una investigación cuyo objetivo principal era mostrar cómo se maneja la producción en la construcción de un condominio aplicando algunos conceptos de LEAN CONSTRUCTION y como objetivos específicos tomar mediciones de rendimientos reales en todas las actividades de la obra en un formato llamado I.S.P. (Informe semanal de producción) cuyos resultados se verán reflejados en una

gráfica que muestra cómo mejora el rendimiento día a día (curva de productividad).

Para llevar a cabo el presente trabajo se siguió una metodología en la cual se deberá realizar los siguientes estudios, los cuales se encuentran divididos en 5 capítulos de la siguiente manera:

Se da una pequeña introducción a la problemática actual de la Construcción (pérdidas), se describen los objetivos principales y se definen varios términos y conceptos utilizados durante la presente tesis, detallando y describiendo las principales herramientas a utilizar.

Aplicación de la filosofía Lean en la construcción de un condominio y se muestran todos los resultados que se consiguen al aplicar dichas herramientas.

Haciendo uso básicamente de cartas balance, se hace un estudio de productividad en una obra X, donde se ofrecen soluciones claras y directas de la mejora de productividad y disminución de desperdicios.

Se resume las principales lecciones aprendidas en la presente tesis, así como la bibliografía utilizada de acuerdo al estudio realizado. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Cuando una actividad empieza, el rendimiento presupuestado está por debajo del rendimiento real promedio, lo que genera una pérdida de dinero. Ocurre muchas veces porque la cuadrilla recién está empezando y no se ha definido muy bien el avance diario.
- Mientras la construcción va avanzando, los obreros se van especializando en sus respectivas tareas, realizan el mismo trabajo en un menor tiempo y su trabajo tiene una mayor calidad.
- No necesariamente el trabajador con mayor tiempo productivo es el mejor trabajador; por ejemplo, levantar un muro de albañilería con un albañil (operario) las actividades del operario son netamente productivas: colocar ladrillo, colocar mortero, asentar ladrillo. Mientras que las actividades del peón son netamente contributivas: cargar

ladrillo, cargar bolsas de cemento, cargar agregados, realizar la mezcla, acomodar ladrillo, limpieza en la zona de trabajo.

- Se debe proceder a compartir esta información con todo el personal involucrado en el proyecto.
- La filosofía lean construction puede ser aplicada en cualquier tipo de proyecto.

Merillo y Lozano (2007) realizaron una investigación cuyo objetivo es conocer los procesos a detalle, clasificar las actividades involucradas e identificar las operaciones que pueden omitirse u optimizarse para contribuir en la mejora continua de los mismos y con ello garantizar la ejecución de un trabajo eficiente y efectivo. Consistió en la aplicación de herramientas para el análisis de estudio del tiempo y movimiento en una obra. Obteniendo valores que son indicadores potenciales para la mejora en la ejecución de procesos, cuyos resultados se verán reflejados en rendimientos y flujos optimizados.

El aplicar la filosofía de producción sin pérdidas, teniendo en cuenta que la restricción es una variable que condiciona un curso de acción. Pueden existir distintos tipos de restricciones, siendo las más comunes, las de tipo físico: maquinarias, materia prima, mano de obra etc. Se busca explorar las restricciones del sistema, implicando la forma de obtener mayor producción posible. Subordinando todo a la restricción anterior, realizado un esquema que deba funcionar al ritmo que marca la restricción (tambor), elevando las restricciones del sistema buscando un programa de mejoramiento del nivel de actividad de la restricción (tercerizar).

Se aplicaron diferentes herramientas de gestión como Planificación Anticipada de Recursos (Look Ahead Planning), líneas de trabajo y el último planificador (Last Planner). Se realizara seguimiento del PPC (Porcentaje de actividades cumplidas) e identificara las causas del no cumplimiento, para el análisis del estudio de tiempos y movimientos, se buscara desarrollar el mejor método de trabajo, normalización de la operación, determinar el tiempo necesario para realizar el trabajo, adiestrar al operario enseñándole el mejor método, de igual forma se

utilizaron métodos visuales, ciclografico, cronociclográfico y método película cinematográfica.

Se interpretaron los resultados en propuestas para mejorar la ejecución de procesos, obteniéndose cuadro de procesos, incidencia y micro procesos según carta balance.

Las recomendaciones no han sido obtenidas sólo del estudio de tiempo y movimientos sino que han sido adquiridos durante la experiencia en obra, a partir de observaciones e interrelación con los trabajadores. Se obtuvieron de medidas complementarias como cartillas de calidad, cartilla de calidad de bolsillo, charlas de calidad, reuniones con jefes de grupo y subcontratistas.

Se concluyó que el análisis de procesos basado en un estudio de tiempos y movimientos proporciona resultados que son el punto de partida para elaborar propuestas de nuevas tecnologías, prácticas y sencillas, para la mejora de los procesos, la aplicación de este método debe estar dirigido principalmente a la ejecución de obras de larga duración y con procesos de carácter repetitivo. Asimismo, se debe buscar la forma de aprovechar las mejoras alcanzadas aplicándolas en otros proyectos. Respecto a los resultados que se obtienen de la aplicación del método, debe señalarse que éstos por sí solos no indican si el proceso ha sido productivo o no. Los valores obtenidos son indicadores de un potencial de mejora en la ejecución de los procesos, es decir, muestran cuál es aquella operación que demanda más tiempo y que por tanto debe ser optimizada. Además, debe verificarse el grado de efectividad en cada una de las tareas realizadas.- El esfuerzo hacia la estandarización de los procesos debe ser el punto de partida para todas las empresas que se dedican a obras de edificación, especialmente en aquellas con procesos repetitivos. Esto conlleva a la disminución de las acciones de transportes y viajes, las cuales representan los flujos de mayor incidencia en la investigación realizada. Se recomienda establecer una cultura de comunicación y coordinación con los responsables de cada uno de los trabajos realizados en la obra mediante reuniones semanales, esto es importante debido a que controlar todos los procesos que se ejecutan de forma simultánea

resulta complicado y demanda un gran esfuerzo. Por otro lado, en estas reuniones se pueden resolver, coordinar y delegar detalles que hayan sido omitidos durante la planificación o el desarrollo de las actividades en la obra.

Miranda (2012) realizó una investigación cuyo objetivo principal era entender los conceptos del Lean Production aplicados en la construcción (denominada Lean Construction) y como objetivo específico conocer el Last Planner System, implementarlo y aplicarlo en una obra de habilitación urbana. Analizando el proceso de implementación piloto para obtener una retroalimentación, a fin de conocer los desafíos que se presentan al implementar este sistema. El presente trabajo siguió una metodología en la cual se realizaron diferentes estudios.

Se conceptualizó un desarrollo urbano como un proyecto global, el cual consta de diferentes etapas en las cuales primero se idealiza la urbanización, se diseña y elabora los proyectos de especialidad, (estudio de suelos, arquitectura de la urbanización y los proyectos sanitario y eléctrico) se tramita las licencias y permisos ante las autoridades respectivas, continuando con los trabajos preliminares (denominada pre-construcción en el caso específico de la inmobiliaria en estudio) seguido de la venta de lotes, para finalmente llegar a la construcción y la posterior entrega de la urbanización a la municipalidad a la que pertenece, luego del cual se tiene aún un período de Post construcción donde se atiende a los clientes para su completa satisfacción.

Se realizó una breve reseña histórica sobre cómo nace el Lean construction haciendo mención de eliminar desperdicios con el fin de generar valor. Esta nueva filosofía es respuesta ante la necesidad de suplir las carencias que se tienen en la construcción en cuanto a productividad, seguridad y calidad. Esto debido a que si comparamos la productividad de la construcción con la de una industria, la diferencia es notable ya que la última es superior porque los procesos que se manejan en las industrias son optimizados mientras que en la construcción poco o nada se analiza para ser optimizado. En cuanto a la seguridad en la construcción, es conocido que es muy baja ya que generalmente no se

considera como un punto importante al ejecutar en muchas de las obras que se ve a diario, por el simple hecho que se cree que se está generando mayores gastos y uso de recursos en cuanto a los implementos y sistemas de seguridad. Y finalmente respecto a la calidad, obviamente que se podría mejorar mucho más de lo que se hace hoy en día, sobretodo porque aparecen nuevas exigencias que se tienen que cumplir con un buen estándar de calidad. La teoría de Lean Construction ayuda a mejorar el flujo de trabajo, reduciendo la variabilidad y la dependencia entre actividades. El Lean Construction como tal se logra concretizar en base al sistema Last Planner. Para el last planner se describe como un sistema de control de producción. Por ello el control de la producción, concibe la producción como un flujo de materiales e información entre especialistas que cooperan, para generar valor para el cliente. Dando a entender que el Last Planner System es un sistema de Control de producción debido a que con este sistema se rediseña los sistemas de planificación ordinarios y se incorpora a un mayor nivel de participantes como a maestros, subcontratistas, ingenieros, etc. Todo ello con la finalidad de lograr los compromisos en la planificación.

Describiendo la gestión tradicional que estuvo llevando la empresa inmobiliaria y a partir de las falencias identificadas en este sistema. Se Propone un sistema participativo haciendo uso del Last Planner System. Lo denominamos participativo ya que se desea un sistema de gestión de participación directa de la supervisión de la inmobiliaria con los contratistas en conjunto, de tal modo que la gestión de la ejecución de las obras gire alrededor del Jefe de Proyecto y Supervisor de obras de la inmobiliaria, quienes serán los responsables de llevar todo los procesos y procedimientos del Last Planner System® y además que tendrán el acceso de la logística de cada empresa, coordinación para la cantidad de personal obrero, etc.

Esta investigación propuso enseñar y aplicar directamente el LPS, seguramente porque en las empresas que fueron implementadas ya se tenían los procesos y esquema organizacional definidos. Por ello es que para la implementación en esta inmobiliaria se plantea unos pasos previos

que los podemos resumir en estandarizar procesos y responsabilidades. Este paso se puede extrapolar a cualquier otra empresa que se encuentre en una etapa de crecimiento y quiere implementar cualquier tipo de sistema ya sea de gestión, calidad, seguridad, etc. Con esta premisa es que a criterio del autor se estableció un esquema de fases para la implementación del LPS.

De los resultados de la implementación piloto realizada la podemos dividir en cuantificables, que vienen a ser los indicadores PPC y la recopilación de las Causas de No Cumplimiento y también en no cuantificables que está conformado por todas las observaciones, críticas y mejoras que se vieron durante el proceso de implementación y que forman parte de la retroalimentación del sistema. El PPC para la semana en análisis, se necesita conocer la “cantidad de actividades culminadas” y la “cantidad de actividades programadas”, obteniéndose indicadores para tener un mayor control de la variabilidad. Identificando las causas de no cumplimiento. También se comprobó que durante la implementación, uno de los factores más importantes para lograr la implementación exitosa del LPS, es el compromiso y colaboración de los miembros del equipo de obra y también que este compromiso sea asumido por las jefaturas y gerencia de la empresa.

Empresas peruanas

Copracsca

Es uno de los grupos líderes en diseño y construcción de oficinas y locales comerciales en el Perú. Vienen creando interiores corporativos desde el año 1995.

Desde el diseño hasta la construcción, Copracsca es capaz de brindar ideas frescas y soluciones competitivas que calcen el presupuesto de obra y fecha límite agregándole valor y dejándole a cliente que se concentre en su propio negocio.

Copracsca inventó el término AiO o Acondicionamiento Integral de Oficinas que representa al servicio de Diseño y Construcción para la

implementación de oficinas y más tarde incluiría también el mercado del retail.

Debido a que el Perú es uno de los países con mayor tasa de crecimiento en los últimos 5 años en Sur América y con un sector de Construcción liderando dicho crecimiento es que los propietarios de locales y sus Gerentes demandan cada día mayores niveles de confiabilidad para la consecución de sus proyectos. Muchos de ellos están recurriendo a Copracsa para la Gerencia de sus Proyectos.

Copracsa ha apostado por las Gerencias de Proyectos desde el año 2002, para eso han desarrollado un sistema que está basado en PROCESOS, PERSONAL, POLITICAS y TECNOLOGIA.

Han separado los diferentes PROCESOS de una gerencia de proyectos en Flujogramas. Estos se han diseñado siguiendo las fases de Conceptualización, Discusión, Aprobación, Difusión y Compromiso para su aseguramiento de calidad, siguiendo los conceptos fundamentales de ISO 9000.

Cuentan con un PERSONAL multidisciplinario, liderados por Gerentes de Proyectos, profesionales en Ingeniería Civil, Arquitectura, Ingeniería Mecánica Eléctrica y Administración, de reconocida experiencia y entrenados para liderar su Proyecto desde la concepción hasta su puesta en marcha.

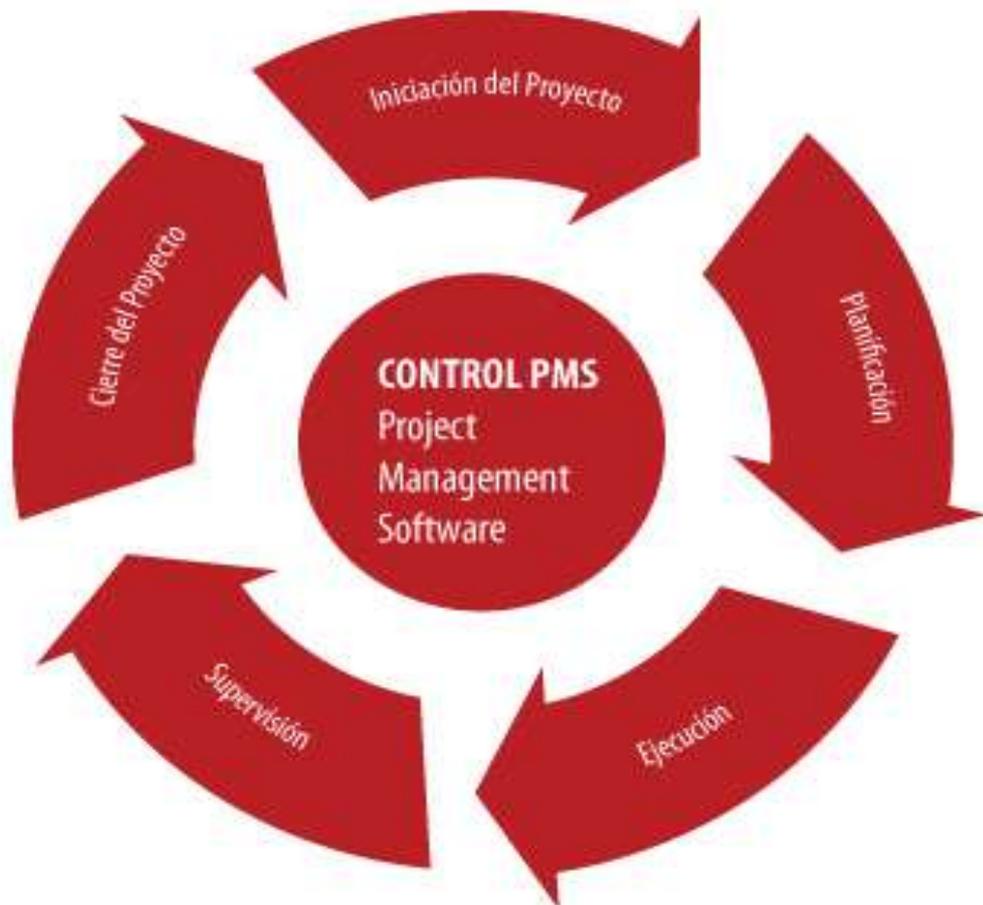
Tanto las POLITICAS internas como externas serán incorporadas a cada una de sus gestiones de proyectos. Las externas normalmente son las exigidas por nuestros Clientes.

Mucho de sus éxitos se explican en que saben identificar las necesidades de sus clientes y responden con "soluciones hechas a medida"

Esta personalización les ha permitido atender eficientemente a una gran variedad de clientes, dueños de proyectos como centros comerciales, tiendas por departamento, boutiques, retail, cafes, restaurantes, compañías constructoras y oficinas corporativas.

Gracias a la moderna TECNOLOGIA y cumpliendo con los objetivo de diferenciarse de sus competidores, han desarrollado su propio software denominado CONTROL PMS - Project Management Software que les permite integrar todos los procesos, comunicaciones, costos, actas de reunión e información vital propia de una gestión de proyectos y ponerla a disposición de sus clientes, para que con solo el toque de un botón obtengan toda la información al instante.

Su servicio de Gestión de proyectos incluye controles durante las distintas etapas del proyecto **como se muestra en la figura N° 3:**



**Figura N° 3. Control PMS**

Fuente: Copracsa

## GyM

Los avances del Grupo Graña y Montero, que son consecuencia de una gestión sostenible que genera confianza. En 2014 crecieron 9.9% en ventas, alcanzando los US\$ 2,345 MM. Cerraron el año con una cartera de contratos por ejecutar de US\$ 3,765 MM, negocios recurrentes por US\$ 607 MM e inversiones de capital por US\$ 385 MM.

Estos resultados fueron impulsados por su estrategia de diversificación e internacionalización y por una mayor capacidad de inversión.

Este exitoso crecimiento del Grupo ha sido posible gracias al talento y compromiso de sus 46,762 colaboradores, quienes inspirados en sus valores corporativos de calidad, cumplimiento, seriedad y eficiencia, dan vida al Estilo Graña y Montero, su manera de hacer las cosas

Con 81 años de trayectoria, son el grupo de servicios de ingeniería e infraestructura líder en el Perú. Diseñan, financian, construyen y operan los proyectos de ingeniería más complejos, generando valor para los clientes y contribuyendo con el desarrollo del país.

Como parte de su estrategia de crecimiento han aplicado la diversificación de actividades, dando origen a sus subsidiarias GMI (Consultoría en ingeniería), GMD (Tecnología de la información) y GMP (Petróleo y gas). Desde entonces han ampliado sus líneas de negocio, fortaleciendo su liderazgo en el rubro de concesiones de infraestructura y su presencia en sectores clave como petróleo, gas, energía y construcción minera.

Sus resultados económicos fueron representados en los ingresos generados durante el año, beneficiando a distintos grupos de interés: US\$ 1,167 MM fueron distribuidos como pago a sus proveedores; US\$ 621 MM a sus colaboradores empleados y operativos; US\$ 35 MM en pago de dividendos; US\$ 299 MM correspondieron al Estado por el pago de tributos; y más de US\$ 385 MM en inversiones de capital

Para garantizar su excelencia operacional, en 2014 han desarrollado un modelo de gestión basado en la filosofía de eficiencia en la construcción

(Lean Construction), que busca maximizar el valor generado para sus clientes, minimizando pérdidas y manteniendo el Estilo Graña y Montero.

En 2014, realizaron un piloto con las empresas GyM, del área de ingeniería y construcción, y GMD, del área de servicios, para identificar sus distintos tipos de operaciones y aquellos factores críticos de excelencia operacional asociados con cada negocio. En 2015 continuarán con la Implementación del modelo, teniendo como foco la eficiencia de los procesos internos.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Lean production**

Evolución de la producción industrial

#### Producción artesanal (finales del siglo XIX)

El modo de producción artesanal, tiene por finalidad la creación de un objeto producido en forma predominantemente manual con o sin ayuda de herramientas y máquinas, generalmente con utilización de materias primas locales, procesos de transformación y elaboración transmitidos de generación en generación, con las variaciones propias que le imprime la creación individual del artesano. Es una expresión representativa de su cultura y factor de identidad de la comunidad”.

Características de la producción artesanal

- Fabricación manual, domiciliaria, para consumo de la familia o la venta de un bien restringido.
- En el mismo lugar se agrupan el usuario, el artesano, el mercader y el transporte.
- El artesano elabora los productos con sus manos en su totalidad, seleccionando personalmente la materia prima, dándole su propio estilo, su personalidad.
- Requiere de una fuerza laboral altamente especializada en el diseño de las operaciones de manufactura, especialmente para el armado final del producto.

- Tienen una organización descentralizada en una misma ciudad. Cada artesano se especializa en un componente del producto.
- El volumen de la producción es generalmente reducido.

### Producción en masa (comienzo del siglo XX)

También conocida como producción rígida, su creador fue Henry Ford. La idea principal de este sistema es producir grandes cantidades de productos poco diferenciados, utilizando un alto grado de mecanización. Las principales características son:

- Mano de obra especializada, realiza solo una operación y la fuerza laboral no necesita capacitación
- Organización centralizada (fabricar todo en un mismo lugar)
- Cadena de montaje
- Alto grado de mecanización
- Parte estandarizadas
- Definición rígida del puesto de trabajo, como un conjunto muy limitado de tareas
- Ritmo continuo de producción
- Su producto tiene pocas variaciones y modelos
- No se habla del control de calidad

Para lograr tener una idea clara de este sistema citamos una frase del conocido Henry Ford “cualquier cliente puede tener el coche del color que quiera siempre y cuando sea negro”

### Producción Lean (Japón 1950)

Se trata de producir series cortas de un número elevado de productos, con este sistema la empresa puede adaptarse fácilmente a la demanda. Las principales características son:

- Series de producción cortas y gran variedad de productos
- Maquinas polivalentes que sirven para realizar diferentes tareas
- Trabajadores cualificados que también pueden realizar diferentes tareas

- Trabajo en grupo con el fin de mejorar la calidad de producto
- Descentralización
- Equipos de trabajo multidisciplinarios
- Organización basada en procesos y no en funciones
- Usa lo necesario para producir (menos esfuerzo, menos espacio, menos inversión en herramientas, menos inventario, menos defectos)
- Control total de calidad

#### Definición de lean production

Es una metodología de trabajo simple, profunda y efectiva que tiene su origen en Japón, enfocada a incrementar la eficiencia productiva en todos los procesos a partir de que se implanta la filosofía de gestión kaizen de mejora continua en tiempo, espacio, desperdicios, inventario y defectos involucrando al trabajador y generando en él un sentido de pertenencia al poder participar en el proceso de proponer sus ideas de cómo hacer las cosas mejor.

Fue desarrollada por la Toyota en el año 1950, El Ing. Taiichi Ohno es el fundador de esta nueva visión de la producción.

El Ing. Ohno siguió el flujo de producción que utilizó Henry Ford, la diferencia era que Ford tenía una demanda casi ilimitada de un producto, mientras que Ohno quiso construir los automóviles al gusto del cliente.

Lean production o lean manufacturing, se basa en su política de justo a tiempo o cero inventario y su objetivo fundamental es mejorar continuamente el desempeño del producto.

Ha servido como base para la elaboración de las cadenas críticas, teoría de las restricciones y mejoramiento continuo.

El sistema tradicional tiene la característica de estimar el precio, por ende este sistema no motiva a la reducción de los costos de fabricación.

$$\text{Precio} = \text{Costo} + \text{Margen}$$

EL sistema de Lean production tiene la característica de considerar el precio como una variable dada por el mercado. Entonces si se desea lograr mayores beneficios se debe reducir los costos de fabricación eliminando o reduciendo los costos improductivos existentes en los procesos desarrollando mejoramiento continuo apoyado en la observación diaria del trabajo in-situ.

Los principios clave del lean manufacturing son:

$$\text{Precio} - \text{Costo} = \text{Beneficio}$$

- Calidad perfecta a la primera: búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas en su origen.
- Minimización del despilfarro: eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y redes de seguridad, optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).
- Mejora continua: reducción de costes, mejora de la calidad, aumento de la productividad y compartir la información.
- Procesos "pull": los productos son tirados (en el sentido de solicitados) por el cliente final, no empujados por el final de la producción.
- Flexibilidad: producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costes y la información.
- Lean es básicamente todo lo concerniente a obtener las cosas correctas en el lugar correcto, en el momento correcto, en la cantidad correcta, minimizando el despilfarro, siendo flexible y estando abierto al cambio.

#### Estrategia de las 5-S

Las 5S fue un programa desarrollado por Toyota para conseguir mejoras duraderas en el nivel de organización, orden y limpieza; además de aumentar la motivación del personal. La operatividad concreta de estos

principios se instrumenta implantando una estrategia denominada y conocida internacionalmente como las 5 S por provenir de los términos japoneses:

Seiri: subordinar, clasificar, descartar

Es necesario iniciar en las áreas de trabajo y administrativas retirando los elementos innecesarios para la operación. Estos artículos se colocan en un lugar de almacenamiento transitorio en donde a su vez se seleccionan los que son utilizables para otra operación y se desechan o descartan los que se consideran inútiles liberando espacios y eliminando herramientas obsoletas.

Seiton: sistematizar, ordenar

"Un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio". A los elementos que no se retiraron y que se consideran necesarios se les asigna un lugar delimitando su espacio de almacenamiento, visualización, y utilización pintando líneas de señalización de áreas con líneas, siluetas, poniendo etiquetas, letreros, o utilizando muebles modulares, estantes, etc. El ordenar de esta manera otorga grandes beneficios tanto para el trabajador como para la organización

Seiso: sanear y limpiar

La limpieza sistematizada como parte del trabajo diario permite a su vez la inspección y la identificación de problemas de averías, desgaste, escapes o de cualquier tipo de defecto además de que da un mantenimiento regular que hace más seguro el ambiente de trabajo al disminuir los riesgos que causa la suciedad y se pueden tomar acciones concretas que reduzcan o eliminen las causas primarias de contaminación brindando como en el caso anterior beneficios directos al trabajador en su salud y seguridad así como a la organización en sí.

seiketsu: simplificar, estandarizar y volver coherente

Mantener los estados de limpieza y organización utilizando los pasos anteriores. Esta etapa se puede decir que es la etapa de aplicación.

shitsuke: sostener el proceso, disciplinar

Esta etapa es la que se encarga que todos los pasos anteriores se cumplan paso a paso y que no se rompan los procedimientos de estos.

La aplicación de las 5 S determina que el ambiente sea de calidad, es decir, que en el ambiente se puedan llevar a cabo tanto pruebas de calidad exitosas como que el producto cuente con la calidad requerida. El objetivo de esta estrategia es lograr una mayor eficiencia, uniformidad y formalidad en el ambiente laboral.

El programa de las 5 S ofrece los siguientes beneficios:

- El empleado adquiere un sentido de pertenencia, seguridad y se siente motivado
- Se genera una cultura organizacional
- Se potencializa y se economiza el uso y la respuesta del tiempo
- Se incrementa la vida útil de los equipos
- Se reducen las mermas y las pérdidas por producciones con defectos
- Se elaboran productos de una mayor calidad

Los seis tipos de desperdicios según Ohno

- Errores que requieren rectificación; cualquier trabajo repetido es buena indicación de desperdicio.
- La producción de inventario que nadie quiere en ese momento, desperdicia espacio y estimula daños y obsolescencias en los productos.
- Las etapas inútiles en los procesos, que podrían eliminarse sin perjuicios del valor del producto final, son desperdicios.
- Desperdicio es cualquier movimiento de gente o inventario que no crea valor.
- Las personas ociosas que esperan inventario son una indicación de que la planta no está equilibrada. Todos los trabajadores deben dedicar aproximadamente la misma cantidad de esfuerzo.
- Los bienes producidos para los que no existe demanda son desperdicio. Si usted manufactura con demasiada anticipación corre el

riesgo de que no haya demanda de su artículo porque haya surgido uno mejor.

### **2.2.2 Lean construction**

#### Definición

Lo que se conoce como construcción sin pérdidas de acuerdo al Lean Construction Institute es una nueva manera de aplicar la gestión de producción en la industria de la construcción

“Lean” significa magro, sin grasa, fino, delgado y Construction es construction. Lean construction viene a ser la construcción fina, sin grasa es decir sin pérdidas.

El concepto básico del Lean construction es la producción compuesta por flujos y conversiones para un determinado producto. Esta filosofía está basada en el tiempo como parámetro de control.

El Lean construction es una herramienta de mejoramiento de la productividad y calidad de las construcciones. Es un método manufacturero o de fabricación con políticas como el justo a tiempo (entregas oportunas de los subcontratistas y proveedores), es una filosofía de administración general.

#### Origen

Lean construction tiene su origen en Lean manufacturing, desarrollado por la industria automotriz japonesa la Toyota “La máquina que cambió el mundo”

Esta teoría se desarrolla en base a la producción sin pérdidas, para observar el enfoque de las diferentes filosofías es importante conocer la filosofía de optimización según Lauri Koskela 1992.

#### Enfoque

La filosofía de la producción en la construcción Lean construction se enfoca en la optimización de las operaciones productivas de manera coordinada teniendo siempre un enfoque hacia la eliminación de pérdidas y creación de valor hacia el cliente, ahora entendemos que en todos los

sistemas industriales de producción existe conversiones de flujo y para el análisis se parte considerando que toda la actividad consume costo y tiempo. Solo las actividades convertidas adicionan valor al material o al insumo transformado en un producto. Adicionalmente a ello se considera el flujo del proceso no considerado en la administración tradicional de la obra.

La programación clásica tiene en cuenta solo la conversión de materias primas o insumos en producto, no teniendo en cuenta los flujos o desplazamientos ya sean verticales u horizontales que tienen que recorrer los materiales, la mano de obra y equipo. Esta filosofía estudia las redes orientadas y cerradas que siempre tienen holguras, cuyo objetivo es convertir dichas actividades en críticas (sin holguras) pero teniendo en cuenta los flujos, estos deben de ser reducidos al mínimo con el mejoramiento continuo de la disposición en planta (Layout plant), que repercute en la mejora de la producción por ende de la productividad. Tener presente que la productividad según la organización mundial de trabajo (OIT) es la relación entre la producción y los insumos o materias primas. En las obras se trabaja con la productividad parcial a diferencia de la productividad total que es la relación de producción versus costos de todos los elementos empleados (Costos de mano de obra, equipos, materiales y subcontratos)

#### Características

- Productividad y trabajo en equipo.
- Comunicación permanente y sincera.
- Eficiente manejo de los recursos.
- Mejoramiento continuo (Kaisen).
- Constructabilidad es el óptimo uso del conocimiento constructivo y experiencia en trabajos similares en planeación, diseño lógico y operaciones en campo, con finalidad de alcanzar los objetivos previstos.
- Mejoramiento de la productividad apoyándose en la ingeniería de métodos como cartas balance.

- Reducción de los trabajos no contributorios, tiempos muertos, aumento de trabajo productivo, manejo racional de los trabajos Contributorios.
- Utilización del diagrama causa-efecto de Ishikawa
- Reducción de costos y equipos, materiales y servicio.
- Reducción de costos de construcción y la duración de la obra.
- Las actividades base son críticas y toda holgura es perdida de costo y tiempo
- Las actividades de producción son concebidas como flujo de materiales e información.
- Los flujos son controlados con el objetivo de obtener una mínima variabilidad y tiempo de ciclo.
- Los flujos son mejorados periódicamente con respecto a su eficiencia mediante la implementación de nuevas tecnologías.
- Los flujos son mejorados continuamente con respecto a las perdidas y al valor, intentando eliminar y reducir aquellas actividades que no agregan valor.

## **2.3 Formulación de hipótesis**

### **2.3.1 Hipótesis general**

La filosofía Lean Construction optimiza los recursos en la ejecución de un proyecto multifamiliar y mejora el costo beneficio de la obra.

Se centra en aplicar la filosofía lean construction, con la finalidad de utilizar la misma cantidad de recursos para generar un mayor rendimiento a un igual costo, viéndose reflejado en la economía de la obra. Ubicando la variabilidad en los procesos de producción en construcción llamada restricciones. Usando el Lookahead que 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. Simplificando los procesos y reduciendo los tiempos de demora en el flujo lograremos quitar obstáculos del proceso. Aplicando conceptos del lean construction como

el Circuito Fiel que tiene como finalidad calcular el número exacto de personas que son necesarias para realizar una actividad (partida) y cumplir con los rendimientos establecidos al iniciar el proyecto y por consiguiente garantizar que se cumpla con un nivel de productividad mayor al promedio.

### **2.3.2 Hipótesis específicas**

#### Hipótesis específica 1

Si se sectoriza el proyecto de uso multifamiliar se obtiene una producción homogénea teniendo una mejor cadena productiva.

Sectorizando el proyecto de uso familiar se lograra obtener una producción homogénea teniendo aproximadamente un metrado igual entre cada sector para así mantener un flujo continuo entre sectores. Simplificando los procesos reduciendo los tiempos de demora en el flujo, esto logra quitar obstáculos en el proceso. Consiste en hacer que el trabajo se mueva entre las unidades de producción en una secuencia y a unos ritmos deseados, optimizándose los flujos de recursos en la obra, lo cual genera un beneficio para todo el sistema de producción.

#### Hipótesis específica 2

Si minimizo las restricciones asociadas a los procesos de trabajo, optimizo el nivel de producción.

Se plantea realizar una planificación en función de la variabilidad del proyecto (restricciones). Según el avance de la obra se eliminara las restricciones planteando identificar todas las actividades a ser ejecutables. Identificando el tiempo necesario para el levantamiento de restricciones lo cual nos permitirá optimizar los tiempos.

#### Hipótesis específica 3

Ordenando el flujo de procesos se optimiza el tiempo

Simplificando los procesos en las actividades reduciremos los tiempos de demora en el flujo, logrando quitar los obstáculos de los proceso teniendo como meta la holgura cero. Consistiendo en hacer que el trabajo se mueva

entre las unidades de producción en una secuencia y a unos ritmos deseados.

#### Hipótesis específica 4

La producción diaria se optimiza estableciendo un análisis de cuadrilla de trabajo lo cual nos permite optimizar los costos de mano de obra

Se plantea usar la metodología de planificación y programación que propone el sistema Last Planner dentro de la filosofía lean construction, esta programación se desglosa de la programación semanal, la cual es una programación de corto plazo, con la finalidad de ser transmitida a campo para que todos los equipos tengan claras las actividades que tienen que realizar en la jornada de trabajo. De la programación semanal se puede desglosar en programaciones diarias, las cuales para lograr cumplirlas debemos tener en cuenta los recursos de los cuales dependen las actividades a realizarse, entre ellos tenemos la mano de obra. Para una correcta cuantificación de personal se requiere analizar las actividades según su magnitud es decir por metraje de avance, según este metraje debemos de calcular la cantidad de personal lo cual llamaremos análisis de cuadrilla. Controlando los avances diarios dentro de la obra para que a partir de estos se controlen los avances semanales y de esto realizar el porcentaje de planificación cumplida (PPC) correspondiente.

### **2.3.3 Variables**

Variable Independiente general

Filosofía Lean construction: Ayuda a mejorar el flujo de trabajo, reduciendo la variabilidad y la dependencia entre actividades.

Variable dependiente general

Optimización de recursos: Es el mejoramiento del flujo con el mejoramiento de la conversión (Actividades que deben realizarse eficientemente).

Variable Independiente 1

Sectorización: Se llama sectorización al proceso de división de una actividad o tarea de la obra en porciones más pequeñas llamadas

sectores, cada sector deberá comprender un metrado aproximadamente igual a los demás para así mantener un flujo continuo entre sectores. El metrado asignado a los sectores deberá ser factible de realizarse en un día. La sectorización está relacionada con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, ya que al dividir el trabajo en sectores más pequeños estamos dividiendo nuestro lote de producción en lotes más pequeños que serán los que transferimos a las actividades siguientes (lotes de transferencia). Asimismo al sectorizar se está optimizando los flujos de recursos en la obra, lo cual genera un beneficio para todo el sistema de producción.

#### Variable dependiente 1

Producción homogénea: Una vez realizada la sectorización se tienen los volúmenes de trabajo para las distintas cuadrillas que se tendrá en la obra, como se mencionó en la parte de sectorización lo ideal es que los volúmenes de trabajo sean iguales en cada sector, lo cual es casi imposible de lograr, pero si se obtienen metrados muy similares.

#### Variable Independiente 2

Restricciones: Es la variabilidad de los procesos de producción en construcción. Están presentes dentro de un conjunto de procesos interrelacionados y dependientes entre sí, generan una sobre producción según la capacidad del proceso más lento.

#### Variable dependiente 2

Nivel de producción: Consiste en eliminar las actividades que no aportan valor. Logrando incrementar la eficiencia. El nivel de producción es cuantificable a diario en una obra ya que con la planificación diaria se logra parte de los objetivos semanales los cuales se verán reflejados en su porcentaje de planificación cumplida (PPC).

#### Variable Independiente 3

Flujo de procesos: Es la reducción de los componentes (partes) o números de pasos para realizar un producto (inspecciones, esperas etc.).

Simplificando los procesos y reduciendo los tiempos de demora en el flujo de valor, esto logramos quitando obstáculos del proceso.

#### Variable dependiente 3

Optimización de tiempos: Es considerar en el planeamiento y la programación en los proyectos la secuencia, ritmo y duración de todos y cada uno de los procesos constructivos que engloba el proyecto. Son principalmente partes o partidas sin holguras y sin restricciones de la obra que se dejan de programar o realizar según el curso normal del proyecto para que se realicen cuando sea necesario

#### Variable Independiente 4

Producción diaria: Son las listas de actividades realizadas durante la jornada de trabajo del día. Es el resultado de como las cuadrillas de trabajo van avanzando unos tras otros a través de los sectores establecidos anteriormente en el proceso de sectorización, con esto se pretende tener un proceso continuo y ordenado de trabajo, además de poder identificar fácilmente los avances a través de la ubicación de las cuadrillas en un sector determinado por cada día.

#### Variable dependiente 4

Análisis de cuadrilla: Al no tener una metodología determinada para calcular el número de personas que se tendrá en la obra se tiene una incertidumbre en el caso de los atrasos, no se sabe si lo que nos falta es mayor velocidad de producción o más personal, generalmente se intenta resolver este tipo de problemas incrementando el número de obreros por decisión del maestro, esto genera proyecciones deficientes en el uso de la mano de obra y nos quita el poder de negociación que se podría tener con ellos para cumplir las metas del proyecto. Ante todas estas deficiencias identificadas en la contratación del personal en la metodología tradicional de construcción, se ha generado un procedimiento para el dimensionamiento de cuadrillas que va de la mano con los lineamientos de la filosofía Lean Construction y que busca eliminar todas las falencias mencionadas y darnos un total control en la cantidad de personal que tendremos en nuestra obra. Este procedimiento o metodología es conocido como el Circuito Fiel y tiene como finalidad

calcular el número exacto de personas que son necesarias para realizar una actividad (partida) y cumplir con los rendimientos establecidos al iniciar el proyecto y por consiguiente garantizar que se cumpla con un nivel de productividad mayor al promedio.

#### **2.3.4 Definición conceptual de las variables**

##### Variables generales

La filosofía lean la estamos considerando como variable independiente para nuestra investigación por ser una metodología constructiva establecida y la optimización de recursos la consideramos como variable dependiente de la filosofía lean construction pues al aplicarse correctamente los conceptos y herramientas de lean construction optimizaremos todos los recursos relacionados durante la ejecución de la obra.

##### Variables específicas 1

La sectorización es considerada como variable independiente pues existen conceptos básicos para realizar una correcta sectorización y consideramos como variable dependiente a la producción homogénea pues podemos dividir un proyecto en muchos sectores pero no quiere decir que sea lo correcto, lo correcto es dividir una actividad en sectores necesarios para cumplir esta actividad en una semana y que estos sectores sean de magnitudes iguales o muy similares lo cual viene a ser áreas de producción homogéneas.

##### Variables específicas 2

Las restricciones las consideramos variables independientes pues están representadas por los factores presentes en las actividades constructivas que no agregan valor y el nivel de producción lo consideramos como variable dependiente pues al analizar las restricciones de las actividades y levantar estas restricciones, el nivel de producción será eficiente.

##### Variables específicas 3

El flujo lo consideramos variable independiente pues es el número de pasos para realizar un producto el cual consiste en hacer que el trabajo

se mueva entre las unidades de producción en una secuencia y unos ritmos deseados y por ello consideramos la optimización de tiempo como variable dependiente.

#### Variables específicas 4

La producción diaria para este caso la consideramos como variable independiente pues la obtenemos de una sectorización correctamente analizada y como variable dependiente tenemos al análisis de cuadrilla pues esta es definida por la magnitud de producción que se desea obtener al día

### **2.3.5 Principales investigadores**

Ohno, nacido el 29 de febrero de 1912 en Manchuria, una región al noroeste de China, y fallecido en Toyota City en 1990. Ingresó en Toyota en el año 1943 como jefe de taller de maquinaria. A partir de aquí, su intenso trabajo sobre análisis de rutinas de trabajo, tiempos de ciclo y experimentación con el flujo de proceso, junto con un exhaustivo estudio de los textos de H. Ford le llevaron a desarrollar el mejor sistema de producción de la historia: El Sistema de Producción de Toyota, también llamado Lean Manufacturing.

Cuando el Sistema de Producción en Masa, introducido por H. Ford en 1908, se expandía por el mundo como el mejor sistema de producción, Ohno se dio cuenta de sus graves deficiencias y limitaciones y que por tanto, sería una temeridad simplemente copiarlo. La base de la producción en masa era esa, producir en masa. Pero en Japón no había mercado suficiente para producir grandes cantidades de vehículos y poder aprovechar las supuestas ventajas que este sistema ofrecía. Junto con la familia Toyoda, propietaria de Toyota, se puso manos a la obra, y mediante el intenso estudio, la prueba y el error, y su gran talento, desarrolló un sistema de producción que fácilmente doblaba o triplicaba el rendimiento de la producción en masa.

Ohno desarrolló toda una filosofía de gestión que empezó como un sistema de producción. En sus libros, expone la filosofía de forma magnífica. Eso sí, breve y concisa, como buen japonés. Pero detrás de esa brevedad y concisión hay toda una pléyade de conceptos que conforman una forma de hacer las cosas de varios órdenes de magnitud mejor que las conocidas. En el año 1978, Ohno se retiró de su actividad normal siendo vicepresidente de la compañía.

Los principios de Ohno suponen un cambio de paradigma, una forma completamente nueva de fabricar productos y proporcionar servicios. Fulminó de un solo plumazo toda teoría del lote económico, por ejemplo. Dejó de ver a las personas como máquinas. Una nueva forma de hacer negocios en el mundo.

El Sistema de Producción de Toyota no consiste tan solo en un sistema de producción. Confío en que revelará su fuerza como sistema de gestión adaptado a la era actual de mercados globales y sistemas de información computarizados.

H. Glenn Ballard es co-fundador y director de investigación del Instituto de Lean Construction (LCI), una organización sin fines de lucro dedicada a la aplicación de teoría Lean, principios y técnicas para crear una nueva forma de gestión de proyectos para diseñar y construir instalaciones de capital. Dr. Ballard aporta 25 años de experiencia en la industria de la construcción a su papel y es un experto reconocido en el ámbito de la mejora del rendimiento del proyecto.

Ha trabajado como gerente, entrenador y consultor con una miríada de organizaciones que van desde empresas de construcción e ingeniería de los servicios públicos a los fabricantes internacionales de petróleo y gas. Estas organizaciones incluyen: Ford Motor Co., Brown & Root, Bechtel Corp., Jacobs Engineering, Petróleos de Venezuela, Pacific Gas & Electric, Caltrans y el Departamento de Defensa.

Un educador consumado, autor y orador público, el Dr. Ballard es actualmente miembro de la ingeniería de la construcción y de los profesores del programa de gestión de la Universidad de Berkeley y Stanford. Su enseñanza se centra en mejorar, en comparación con el control, el rendimiento del proyecto. Su interés por la investigación principio está adaptando la teoría de la producción ajustada desde la fabricación hasta la práctica de gestión de la construcción. Con ese fin, se ha desarrollado un modelo para la entrega magra de proyectos de instalaciones de capital, Lean System Proyecto de entrega. Dr. Ballard es también miembro fundador del Grupo Internacional de Lean Construction, que se dedica al desarrollo y aplicación de los conceptos y técnicas de control de la producción en la industria de la construcción. Se le pide con frecuencia para compartir sus investigaciones y las experiencias con el público en conferencias y organizaciones privadas de todo el mundo.

Lauri se unió a la Universidad de Huddersfield, en octubre de 2014. Anteriormente trabajó en la Universidad de Salford como profesor de Lean, basado en proyectos Teoría y Gestión de la Producción. Antes de que él estuvo implicado en la investigación aplicada en el Centro de Investigación Técnica VTT Finlandia.

Desde 1991, Lauri ha estado involucrado en la investigación sobre la construcción magra. Es miembro fundador del Grupo Internacional de Lean Construction. Su investigación se ha centrado especialmente en las teorías fundamentales de la gestión de la producción, así como la gestión de proyectos.

Desde 2005, se ha investigado la teoría del diseño. Se ha promovido la idea de que el diseño teorización comenzó ya en la Antigüedad, con el método de análisis (de la geometría) y la retórica como los primeros modelos de diseño por analogía. Se afirma por lo que estos dos modelos todavía proporcionan una comprensión superior en diseño.

Los intereses de investigación actuales de Lauri Koskela abarcan:

Lean construction, Diseño Valor objetivo, gestión visual, Gestión de productos de construcción, La gestión del diseño, Teoría del diseño, Teoría de la producción y Relevancia de la investigación administrativa

## **CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO**

El diseño de la investigación consistió en la implementación del Last Planner System en la inmobiliaria en estudio, profundizando el uso de las herramientas del LPS, como son el Master Schedule, Lookahead Planning, Weekly Works Plan y los análisis de resultados como PPC y Razones de No Cumplimiento. Las metodologías de implementación coinciden en la capacitación previa del equipo de obra, pero además coinciden en implementar cada herramienta del LPS como una fase independiente, de tal modo que se aplique el uso de la herramienta para luego evaluar sus resultados en cuanto al rendimiento del equipo.

Se describirán los procesos constructivos, para luego analizar las partidas de mayor incidencia en el presupuesto de obra. Realizando mediciones de productividad a nivel general y en particular para las partidas estudiadas, diferenciando los trabajos productivos (TP), trabajos Contributorios (TC) y trabajos no Contributorios (TNC) y se compararan con el promedio de lima.

### **3.1 Diseño de la investigación**

La presente tesis es una investigación con un enfoque cuantitativo y de diseño transversal, ya que requiere de la utilización de los conocimientos de la filosofía Lean Construction. Propone un sistema participativo haciendo uso del uso Last Planner System. Lo denominamos participativo ya que se desea un sistema de gestión de participación directa de la supervisión de la inmobiliaria con los contratistas en conjunto, de tal modo que la gestión de la ejecución de las obras gire alrededor del Jefe de Proyecto y Supervisor de obras de la inmobiliaria, quienes serán los responsables de llevar todo los procesos y procedimientos del Last Planner System y además que tendrán el acceso de la logística de la obra, coordinación para la cantidad de personal obrero, etc.

Aplicando herramientas de la filosofía lean construction en el proyecto, se describirán los procesos constructivo. Analizando las partidas de mayor incidencia en el presupuesto en obra. Realizando mediciones de productividad a nivel general y en particular para las partidas estudiadas, diferenciando los trabajos productivos (TP), trabajos Contributorios (TC) y

trabajos no Contributorios (TNC) y se compararan con el promedio de lima.

Se realizaran mediciones acerca del cumplimiento de las programaciones semanales mediante el PPC y se analizaran las causas de incumplimiento para generar una lista de lecciones aprendidas que ayuden a mejorar continuamente.

Analizando los resultados obtenidos en general y como repercuten en la economía de la empresa. Concluyendo 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.

### **3.2 Población y muestra**

El crecimiento del sector construcción en nuestro medio se debe principalmente a la ejecución de proyectos de vivienda. Las empresas que se especializan en este tipo de proyectos deben apuntar a incrementar su nivel de estandarización de los procedimientos constructivos dado el carácter repetitivo de los mismos. La presente investigación apuntara a analizar las diferencias de la aplicación de las herramientas de lean construcción en las obras civiles del sector construcción de Lima. Para esta investigación analizaremos un caso en particular (La obra "Edificio Maurtua III"), aplicando la filosofía lean construction analizando los resultados obtenidos y los beneficios que brinda en proyectos de edificaciones con el fin de incentivar su aplicación para una mejora de todo el sector construcción en el Perú.

### **3.3 Técnicas de programación y ejecución**

#### **3.4.1 Descripción de herramientas programación**

Last Planner System: Es una herramienta, como bien dice, de control de producción que engloba el proceso de planeamiento, programación y control de un proyecto. Dentro de esta herramienta se aplicaron en el proyecto la planificación maestra, el lookahead,

la planificación semanal, el porcentaje de plan completado y las causas de no cumplimiento.

Cronograma Maestro (Master Schedule): Viene a ser el cronograma general de obra desde el inicio de la obra hasta la fecha de entrega final, con las actividades principales para poder marcar los hitos importantes en la ejecución de la obra.

Planificación Intermedia (Lookahead Planning): Visualización de la programación general con una ventana de 4 semanas (lookahead window), en donde se desglosa las actividades del cronograma maestro en subpartidas, a un nivel de detalle de ejecución por cada unidad de producción.

Reunión semanal (Weekly meeting): Reunión que se lleva a cabo semanalmente y donde se analiza el Análisis de restricciones (Constraints Analysis) de la ventana del lookahead, se calcula el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) de la semana anterior, se obtiene las Causas de No Cumplimiento de las actividades programadas y finalmente se obtiene el Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan) de la siguiente semana.

Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan), es la planificación obtenida de la reunión semanal y que cada contratista deberá hacer seguimiento con su maestro de obra. La característica de esta planificación es que las asignaciones o tareas estén libres de restricciones y está equilibrado la capacidad y carga para la unidad de producción que lo va a ejecutar

Para la etapa de ejecución del proyecto se usaran las siguientes herramientas:

- Sectorización, se utilizaron para el análisis y planeamiento inicial del proyecto.
- Tren de actividades, se utilizaron para el análisis y planeamiento inicial del proyecto.

First Run Studies, es el análisis y planeamiento inicial de un proyecto, dentro de esta herramienta se puede enmarcar la sectorización y el diseño del tren de actividades, ambas herramientas generan el dimensionamiento de cuadrillas.

Cartillas de calidad de bolsillo (Control de calidad), en estas cartillas se indican los requisitos de calidad que deben respetar los trabajadores. Cada proceso constructivo tiene una cartilla con los requerimientos de calidad específicos de tal actividad. Además se incluyeron los equipos de protección personal que deben emplearse en los diferentes procesos, con lo cual la cartilla cumpliría una doble función: guía de calidad y guía de seguridad.

### **3.4.2 Validez y confiabilidad de los instrumentos**

Last Planner System, Todo proyecto de construcción suele tener una planificación general, sobre la cual se plasman todos los objetivos generales que se plantearon en el programa inicial. A esta planificación inicial se denomina Cronograma Maestro (Master Schedule), mediante este cronograma lo que se busca es trazar las metas generales del proyecto estableciendo fechas definidas, las fechas de cumplimiento de cada meta se puede definir como “hitos” para el proyecto. Consecuentemente podemos decir que el cronograma maestro sirve para identificar los hitos de control del proyecto.

El cronograma maestro debe ser elaborado con información fidedigna, es decir que represente el verdadero desempeño que tiene nuestra empresa para el tipo de proyecto que se ejecutará. Solo así podremos dar validez al Last Planner System, ya que se estará controlando tareas que representan la forma y desempeño real de la empresa.

Planificación por fases: Tiene como propósito el elaborar un plan para completar una fase del trabajo (Ballard, 2000):

- Que Maximiza la generación de valor.

- Que todos los involucrados entiendan y apoyen.
- Que especifica la transferencia entre grupos de trabajo.
- En donde las actividades programadas se elaboren en base al proceso lookahead para ser explotada en los detalles operativos y sea preparado para la asignación de los planes de trabajos semanales.

Planificación Intermedia, Lookahead Planning el tercer nivel en la jerarquía del sistema de planificación, viene a ser la Planificación Intermedia o Lookahead Planning, cuyo objetivo principal es controlar el flujo de trabajo. Planificación intermedia la podemos entender de forma general y sencilla, como un intervalo de tiempo en el futuro que permite tener una idea inicial de las actividades que serán ejecutadas, para lo cual se debe coordinar y levantar todos los obstáculos o restricciones que puedan existir para que dichas actividades puedan ser realizadas.

Recordemos que el control de flujo de trabajo (work flow control) es hacer que el trabajo (información o materiales) se mueva entre las unidades de producción en una secuencia y a una velocidad deseada. Además coordina el flujo del diseño, abastecimiento, e instalación a través de las unidades de producción.

Lookahead Planning, Es el análisis de las restricciones que están presentes dentro del proyecto, este es un escudo que aísla el proyecto de los efectos de la variabilidad del entorno y por lo tanto no aportaría a la confiabilidad de los procesos de planificación y programación.

Según el análisis de restricciones para aumentar la velocidad del conjunto, se debe es incrementar la capacidad del proceso más lento. Esta teoría se centra en los factores limitantes a los cuales los denomina como restricciones o “cuellos de botella”. Tiene como objetivo:

- Formar la secuencia y el ritmo del flujo trabajo
- Equilibrar correctamente la carga y capacidad de trabajo

- Descomponer las actividades del Master Schedule en paquetes de trabajo y operaciones
- Desarrollar métodos detallados para ejecutar el trabajo
- Mantener una reserva de trabajo listo
- Actualizar y revisar programas de mayor nivel según requerido

## **CAPITULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **4.1 Descripción de la empresa**

La empresa que desarrollara este proyecto la cual nos reservaremos su razón social, tiene una trayectoria de más de 40 años, habiendo desarrollado una larga trayectoria y obtenido una amplia especialización y reconocimiento en la edificación y promoción de Proyectos Inmobiliarios de alto nivel, los cuales ha desarrollado y entregado a lo largo de todos estos años a satisfacción de sus clientes, identificándose plenamente con sus necesidades y brindando edificaciones a la altura de las más altas expectativas.

La Misión de la empresa ejecutora es lograr la total satisfacción de sus clientes mediante la ejecución de proyectos exclusivos, de gran calidad y estratégicamente bien ubicados, brindándoles un servicio personalizado acorde con el más alto nivel de expectativas.

La visión de la empresa hacia el futuro es consolidarse como uno de los líderes en el mercado inmobiliario, basado en su amplia experiencia, trayectoria y su conocimiento del mercado; así como en los principios de: Seriedad, Calidad y Cumplimiento que lo han regido desde sus inicios.

Actualmente esta empresa viene ejecutando proyecto de oficinas y proyectos de vivienda que se encuentran estratégicamente ubicados para el tipo de cliente que se dirige.

### **4.2 Descripción de proyecto**

#### **4.2.1 Ubicación**

El proyecto se encuentra ubicado en la calle Víctor Maurtua perteneciente a la urbanización de Santa Cruz en el distrito de San Isidro la cual se localiza en la ciudad de Lima – Perú. Ver [anexo I](#).

#### **4.2.2 Alcance del Proyecto**

Construir en un terreno de 1080 m<sup>2</sup> ubicado en la calle Víctor Maurtua N° 229-241, del Distrito de San Isidro, un Edificio

Residencial Multifamiliar de 11 departamentos incluido duplex, dos sótano con 41 estacionamientos y 1 car – port frente al frontis, siendo un total de ocho (08) niveles, equivalente a un total de 5,493.66m<sup>2</sup> aproximadamente de área construida.

#### **4.2.3 Objetivos del Proyecto**

- Terminar la obra dentro del costo y plazo previsto, acorde con las especificaciones y planos del proyecto.
- Satisfacer la demanda de vivienda en la zona
- Generar un posicionamiento del cliente y la empresa constructora en el mercado inmobiliario de viviendas.
- Generar utilidades para el cliente y la empresa constructora.

#### **4.2.4 Restricciones del Proyecto**

- Plazo estimado de 379 días hábiles para concluir la construcción.
- Presupuesto estimado de S/. 12,703,522.88 nuevos soles, incluido el impuesto general a las ventas para concluir la obra.
- Calidad estipulada en especificaciones técnicas y planos del proyecto.
- Variabilidad del precio del fierro.

#### **4.2.5 Descripción del proyecto**

El proyecto es un edificio de once (11) Departamentos, distribuidos en los siguientes niveles: dos (2) sótanos de estacionamiento, depósitos y cisternas, un (1) semisótano y cinco (5) pisos

##### **PLANTA SEMISÓTANO**

Por la Calle Víctor Maurtua se accede peatonalmente al primer piso, donde se encuentra el lobby del edificio, con una sala de espera.

Desde el lobby se accede al ascensor principal que entrega directamente a cada departamento y a través de una puerta se

ingresa al corredor de servicio, donde se ubican el ascensor de servicio, el ducto de basura y finalmente la escalera de evacuación integrada, ventilada naturalmente.

El acceso vehicular se da por la Calle Víctor Maurtua, a través de una rampa de 3.50 m. de ancho que conduce al 1° y 2° sótano de estacionamientos que cuenta con 37 espacios para autos de los propietarios y 3 para visitas.

Los departamentos tienen la siguiente distribución:

Departamento S01 (Dúplex en Semisótano y Primer Piso):

Es un departamento tipo Dúplex, al que se accede directamente desde el ascensor A1 hacia un recibo. Cuenta con los siguientes ambientes:

Zona social: recibo, estudio, estar, baño de visitas, sala y comedor con terraza hacia un jardín interior.

Zona íntima formada por el dormitorio principal con baño completo, 1 walking closet, 2 closets, un estar familiar, un estudio y tres dormitorios secundarios con baños completos, dos de ellos con closets y uno con walking closet.

La zona de servicio que tiene acceso directo desde el hall de servicio, cuenta con un patio interior, lavandería, 2 dormitorios de servicio, baño de servicio; la cocina cuenta con despensa y cuarto de vajilla.

Área techada:

1° Nivel	286.75 m2
2° Nivel	233.00 m2
Área total:	519.75 m2
Área libre:	178.00 m2
Área Ocupada:	697.75 m2

#### Departamento S02 (Semisótano):

Es un departamento tipo Flat al que se accede directamente desde el ascensor principal A1. Consta de las siguientes áreas:

Zona social: baño de vista, sala-comedor y terraza con jardín.

Cuenta con una escalera de ingreso directo desde el hall de ingreso del edificio.

Zona de servicio formada por la cocina con desayunador y lavandería y baño de servicio.

Zona íntima formada por el dormitorio principal con baño privado completo y closet, un hall que distribuye a los dos dormitorios secundarios con baños completos y closets.

Área Techada: 276.50 m<sup>2</sup>

Área libre: 156.00 m<sup>2</sup>

Área Total: 432.50 m<sup>2</sup>

#### Departamento 101 (Primer Piso):

Es un departamento tipo Flat al que se accede desde el lobby o directamente desde el ascensor principal A1. Tiene un recibo que distribuye a las diferentes áreas:

Zona social: baño de vista, sala-comedor con terraza techada.

Zona de servicio: se accede desde el hall de servicio y está conformada por la cocina con desayunador y lavandería, dormitorio de servicio y baño de servicio.

Zona íntima formada por hall privado que distribuye al dormitorio principal con baño privado completo y 2 walking closet, y dos dormitorios secundarios con baños completos y closets.

Área Techada: 266.60 m<sup>2</sup>

## **PLANTAS TÍPICAS**

Departamento 201, 301, 401, 501:

Son departamentos tipo flat, se accede desde el ascensor principal A1 hacia un recibo que distribuye al baño de visitas, a la sala y al comedor con terraza techada.

Zona de servicio: se accede desde el hall de servicio, está conformada por los ambientes de lavandería, dormitorio de servicio, baño de servicio y cocina con desayunador.

Zona íntima: se accede a través de un pasadizo: al dormitorio principal con 2 hacking closet y baño completo, a los 3 dormitorios cada uno con baño completo y closets. Cuenta además con un estar familiar con closet para ropa blanca

Área dpto. 201, 301, 401, 501: 348.70 m<sup>2</sup>

Departamentos 202, 302, 402, 502:

Son departamentos tipo flat, se accede desde el ascensor principal A1 hacia un recibo que distribuye al baño de visita y a la sala-comedor con terraza techada.

Zona de servicio: cocina con desayunador, lavandería, dormitorio de servicio y baño de servicio.

Zona íntima: se accede a través de un pasadizo: al dormitorio principal con 2 walking closet y baño completo, y los 2 dormitorios secundarios con baño completo y closets. Cuenta además con un estar familiar y closet para ropa blanca.

Área dpto. 202, 302, 402, 502: 277.70 m<sup>2</sup>

## **SÓTANOS**

El primer sótano cuenta con estacionamientos para 29 autos (26 para propietarios y 3 de visitas), 3 depósitos, un servicio higiénico y kitchenette para el personal, y el cuarto de basura.

El segundo sótano cuenta con 12 autos para propietarios, además se ubican en este nivel el cuarto de bombeo de desagüe, el cuarto

de bombas, la cisterna de consumo doméstico, cisterna de agua contra incendios, el cuarto de grupo electrógeno, el cuarto de extracción de monóxido, el depósito de limpieza y 10 depósitos

Área primer sótano: 1055.00 m<sup>2</sup>

Área segundo sótano: 645.50m<sup>2</sup>s de departamentos.

### **4.3 Constructabilidad**

#### **4.3.1 Seguridad y limpieza durante toda la ejecución de la obra**

Para la ejecución de una obra debemos tener como prioridad a la seguridad y salud ocupacional, pues una obra con desinterés a este tema es una obra con demasiadas restricciones que afectan al avance productivo de la obra.

Actualmente el gobierno peruano está siendo muy exigente con respecto al tema de la seguridad ocupacional. En el sector construcción el tema de seguridad es un concepto reciente y la aplicación de medidas seguras influye directamente al nivel de producción. El personal obrero deberá de ser inducido al sistema de seguridad de la empresa.

En la construcción existen diversos tipos de peligro tales como ruido, materiales punzocortantes, pisos resbalosos, trabajo en altura, trabajo en caliente, objetos suspendidos, desplome o derrumbe los cuales deben de ser identificados y reducidos para no afectar con los trabajos planificados.

Es muy común escuchar en el personal obrero “Solo un segundo” antes de que ocurra un incidente o accidente. Este segundo que te ahorra tiempo realmente no lo hace porque al accidentarse, el trabajador ya no genera trabajos contributarios y mucho menos trabajos productivos, este tiempo del accidente y descanso medico

es considerado como trabajo no contributivo ya que de igual manera el empleador asume un papel de responsabilidad.

La limpieza es un trabajo que debe de realizar desde el primer día de la obra hasta el último día. El hecho de que sea una obra de construcción civil no quiere decir que tenga un desorden incontrolable. Es decir un sitio para cada cosa y las cosas en su sitio. Se debe de disponer de las áreas de acopio de materiales, una zona de acopio de residuos, se deberá implementar chutes o barriles. La limpieza no solo se tiene que ver en el área de trabajo sino en sus trabajadores los cuales deberán tener su juego de uniforme, para conservar un aseo en el personal. Este punto aunque para algunos no sea muy importante es fundamental para que la población tenga una mejor perspectiva de la empresa con respecto a las demás. Una obra limpia nos facilitara con la identificación de restricciones.

#### **4.3.2 Durante la excavación y contención de terrenos colindantes**

Para el caso de este proyecto se tiene dos tipos de muros de contención

##### **Muros anclados**

Para la ejecución de estos muros se requiere hacer los siguientes pasos:

- Realizar las perforaciones para los anclajes
- Anclar el cable acerado
- Perfilar el terreno
- Pañetar con agua y cemento el terreno perfilado
- Habilitación del acero
- Encofrado del muro
- Vaciado de concreto
- Desencofrado del muro
- Curado del concreto
- Tensado del cable

Es proceso se realiza alternadamente, es decir no podemos realizar dos paños colindantes al mismo tiempo.

El proceso es de arriba hacia abajo, es decir lo último a vaciar sería el cimientado del muro.

El destensado del cable se realiza después de haber vaciado toda la losa que confina al muro.

### **Muros pantalla**

Para la ejecución de estos muros se requiere hacer los siguientes pasos:

- Perfilar el terreno
- Habilitación del acero
- Encofrado del muro
- Vaciado de concreto
- Desencofrado del muro
- Curado del concreto

Es proceso no es necesario realizarse alternadamente para el caso de este proyecto

El proceso es de abajo hacia arriba, es decir lo primero a vaciar sería el cimientado del muro.

### **4.3.3 Durante la etapa de cimentación**

Para el caso de este proyecto se tiene Cimientos de muros de contención, zapatas y falsas zapatas.

Su proceso de ejecución es el siguiente:

- Trazo y replanteo
- Verificación de medidas
- Habilitación de acero (si el diseño lo requiere)
- Encofrado de cimientos
- Vaciado de concreto
- Desencofrado

- Curado del concreto

#### **4.3.4 Durante la etapa de casco**

En esta etapa identificamos a los elementos verticales (columnas y placas), elementos horizontales (Losas en 1 dirección, 2 dirección, también encontramos vigas peraltadas y vigas chatas), Albañilería (asentado de muros de soga y cabeza) y revoques y enlucidos (Tarrajeo de muros interiores, tarrajeo de muros exteriores, Solaqueo de muros interiores, Cielo rasos, tarrajeo de escalera, tarrajeo de vigas)

##### **Elementos verticales (columnas y placas)**

Su proceso de ejecución es el siguiente:

- Trazo y replanteo
- Verificación de medidas
- Habilitación de acero
- Encofrado de cimientos
- Vaciado de concreto
- Desencofrado al día siguiente del vaciado
- Curado del concreto

##### **Elementos horizontales (vigas, losas 1D, 2D y macizas)**

Para estos elementos el proceso de ejecución es el siguiente:

- Encofrado de fondo de viga
- Habilitación de acero corrugado
- Colocación de tacos
- Encofrado de costado de viga
- Encofrado de losas
- Colocación de viguetas (solo para aligeradas en una direcciones)
- Colocación de ladrillo y poli estireno
- Habilitación de acero
- Vaciado de todos los elementos

- Desencofrado a los 21 días del vaciado

### **Albañilería**

Aquí tenemos el asentado de ladrillo el cual poder ser de sogá o cabeza

Para este proceso la ejecución es el siguiente:

- Trazo de la tabiquería
- Emplantillado de tabiquería
- Asentado de ladrillo
- Relleno de poliestireno expandido en la parte superior del tabique
- Perforaciones y anclaje de fierros para parte inferior de la Columneta de 5/8"
- Perforaciones en la parte superior de 3/4", limpieza de la superficie.
- Llenar con espuma epoxica y aplicar hilty hit – re 500
- Anclar dowels de 5/8"
- Habilitación de acero
- Encofrado
- Vaciado con concreto
- Desencofrado al día siguiente del vaciado

### **Revoques y enlucidos**

Tenemos procesos de tarrajeo de cielos rasos, muros y vaciado de contrapisos

Para este proceso la ejecución es el siguiente:

- Limpieza de la superficie
- Colocación de puntos
- Humedecimiento de tabique con agua
- Se mezcla agua con cemento y se aplica en todo el muro
- Pañeteo de mortero
- Una vez pañeteado se reglea guiándose de los puntos
- Se cubre los vacío con un badilejo

- Se procede a frotachar

#### **4.3.5 Durante la etapa de acabados**

En esta etapa identificaremos las partidas de enchape, colocación pisos de madera, colocación de tableros de piedra.

##### **Enchape**

Para la partida de enchape podemos tener distintos tipos de recursos como cerámico, porcelanato y marmol.

Su proceso de ejecución es totalmente el mismo si fuese cerámico o porcelanato o mármol. Los pasos a seguir son

- La superficie a enchapar deberá estar limpia y nivelada para un óptimo rendimiento del pegamento.
- Prepare el pegamento en un envase limpio y agregue la cantidad de agua necesaria, mezcle bien y deje reposar por 5 minutos.
- Con un raspín aplique el pegamento y coloque las mayólicas ejerciendo presión. Los pisos pueden entrar en servicio después de 4 horas de aplicado el pegamento.
- Para realizar el fraguado de juntas espere 6 horas.

##### **Pisos de madera**

En este proyecto los pisos son flotantes. Son una buena alternativa para aislar el hogar de los ruidos y del frío.

Para su correcta instalación debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Los niveles de humedad relativa del aire estén entre el 35% al 45%
- No se deberán realizar trabajos de albañilería o similares donde se utilice agua para los materiales a aplicar.
- Por lo menos dos semanas antes, durante o después de la instalación de los pisos de madera
- Deben de estar instaladas las ventanas y mamparas para no permitir el ingreso de humedad exterior

- Los niveles del contrapiso deben de ser uniformes.
- En caso de que el contrapiso este soplado deberá reaparse previo a la instalación de la madera

### **Tablero de piedra**

Para la colocación del tablero tener las siguientes consideraciones:

Se debe de tener los ovalines en obra para poder tomar un molde de muestra y así poder realizar el corte en planta

Debe de estar instalado es soporte de fierra es cual debe de estar correctamente nivelado y aplomado

Se fija el tablero con la estructura metálica con ayuda de la silicona.

Una vez instalado se procede con las perforaciones para las griferías.

Después se procede a la aplicación del sellador

## **CAPITULO V: SECTORIZACIÓN**

Se llama sectorización al proceso de división de una actividad o tarea de la obra en porciones más pequeñas llamadas sectores, cada sector deberá comprender un metrado aproximadamente igual a los demás para así mantener un flujo continuo entre sectores. El metrado asignado a los sectores deberá ser factible de realizarse en un día.

La sectorización está relacionada con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, ya que al dividir el trabajo en sectores más pequeños estamos dividiendo nuestro lote de producción en lotes más pequeños que serán los que transferimos a las actividades siguientes (lotes de transferencia). Asimismo al sectorizar se está optimizando los flujos de recursos en la obra, lo cual genera un beneficio para todo el sistema de producción.

La sectorización en la construcción se hace con la finalidad de dividir el trabajo en partes más manejables y poder formar lo que llamamos el tren de trabajo, con esto se podrá separar las cuadrillas por especialidad y optimizar los rendimientos de cada cuadrilla haciendo uso de la curva de aprendizaje.

### **5.1 Sectorización durante la etapa de casco.**

En la etapa de casco se ejecutan todos los elementos estructurales, es decir los elementos que transfieren cargas entre sí, las cuales finalmente son transferidas al terreno en el cual están apoyadas las cimentaciones del edificio.

#### **5.1.1 Sectorización de muros anclados y muros pantalla**

Para el terreno en estudio para la presente tesis, tenemos cuatro lotes colindantes, un edificio de 5 pisos y 2 sótanos, una vivienda de 3 pisos sin sótano, un edificio de 5 pisos con 4 sótanos y 1 semisótano y una vivienda en demolición.

Por ello anexamos el plano de anclajes planta, plano de muros anclados en el eje 1, plano de muros anclados en el eje A y el plano de anclaje en el eje G

Para ejecutar las partidas de muros anclados necesitamos planificar los subprocesos, entre estos tenemos los siguientes:

- Perforación para el cable
- Anclaje de cable
- Inyección de concreto para el cable
- Habilitación de acero
- Encofrado de muro
- Vaciado de muro
- Tensado de cable

Partiendo de lo antes mencionado, se ha sectorizado los muros anclados de la siguiente manera.

En el eje G, en el cual tenemos 36 metros lineales de frente de trabajo, se divide en dos partes, las cuales se delimitan de la siguiente manera, del nivel +/-0.0 metros a -3.2 metros es la primera parte la cual cuenta con 08 puntos de anclaje y del nivel -3.2 metros a -6.0 metros la segunda parte la cual no cuenta con ningún punto de anclaje, este eje se está dividiendo 2 partes las cuales tienen 4 sectores cada una.

En el eje 1, tenemos una edificación vecina la cual tiene su fondo de cimentación a -5.7 metros y -4.25 metros. Este eje se divide en dos partes las cuales se delimitan de la siguiente manera, del nivel -4.25 metros a -7.25 metros es la primera parte la cual cuenta con 03 puntos de anclaje y del nivel -7.25 metros a -9.0 metros la segunda parte la cual no cuenta con ningún punto de anclaje, este eje se está dividiendo en dos partes las cuales tiene 3 sectores cada una.

En el eje A, este eje se divide en tres partes las cuales se delimitan de la siguiente manera, del nivel +/-0.00 metros a -3.20 metros es la primera parte la cual cuenta con 05 puntos de anclaje, del nivel -3.20 metros a -6.4 metros es la segunda parte la cual cuenta con 5 punto de anclaje y del nivel -6.40 metros a -9.0 metros es la segunda

parte la cual no cuenta con ningún punto de anclaje, este eje se está dividiendo en tres partes y cada una de ellas tiene 4 sectores.

Para estos tres ejes se tiene de una a tres partes a las cuales llamaremos anillos, cada una de estas partes las denominaremos 1° anillo, 2° anillo y 3° anillo respectivamente. De esta clasificación se obtuvo los siguientes resultados. (Ver tabla 1)

Tabla 1: Metrados totales de los muros anclados

Eje	Anillo	Cantidad de anclajes	Encofrado	UND	Concreto	UND	Acero	UND	Cantidad de paños	Consideraciones
A-A	1	5.00	57.79	m <sup>2</sup>	13.09	m <sup>3</sup>	987.45	kg	5.00	El anillo 1 es desde el nivel +/- 0 a -3.20
G-G	1	8.00	115.23	m <sup>2</sup>	28.80	m <sup>3</sup>	2,234.68	kg	8.00	
1-1	1	-	-	m <sup>2</sup>	-	m <sup>3</sup>	-	kg	-	
A-A	2	5.00	57.79	m <sup>2</sup>	14.45	m <sup>3</sup>	1,219.05	kg	5.00	El anillo 1 es desde el nivel -3.20 m a -7.25 m
G-G	2	-	100.83	m <sup>2</sup>	28.80	m <sup>3</sup>	1,694.43	kg	8.00	
1-1	2	3.00	27.90	m <sup>2</sup>	8.37	m <sup>3</sup>	398.25	kg	3.00	
A-A	3	-	46.96	m <sup>2</sup>	11.74	m <sup>3</sup>	827.73	kg	5.00	El anillo 1 es desde el nivel -6.40 m a -9.00 m
G-G	3	-	-	m <sup>2</sup>	-	m <sup>3</sup>	-	kg	-	
1-1	3	3.00	16.28	m <sup>2</sup>	4.88	m <sup>3</sup>	152.19	kg	3.00	

Nota: Elaboración propia.

En la tabla N°1 se detalla que en el anillo 1, se están considerando 5 paños en el eje A y 8 paños en el eje G, para ambos ejes se han considerado cuatro sectores tal y como se muestra en el detalle de muro anclado del eje A y eje G, también se detalla la magnitud de los sectores del 1° anillo en la tabla N°2.

Tabla 2: Magnitudes del 1° anillo

1° anillo	Sector	Concreto m3	Encofrado m2	Acero Kg
	I	12.59	52.54	955.94
	II	9.83	40.47	822.44
	III	9.75	40.06	689.10
	IV	9.72	39.95	754.65

Nota: Elaboración propia.

En el anillo 2, se están considerando 5 paños en el eje A y 8 paños en el eje G, para ambos ejes se han considerado cuatro sectores tal y como se muestra en el detalle de muro anclado del eje A y eje G también se consideran 3 paños en el eje 1, para este caso se han considerado tres sectores como se muestra en el detalle de muro anclado del eje 1, también se detalla la magnitud de los sectores del 2° anillo en la tabla 3.

Tabla 3: Magnitudes del 2° anillo

	Sector	Concreto m3	Encofrado m2	Acero Kg
2° anillo	1	12.09	41.16	922.36
	2	10.79	37.96	1003.19
	3	13.23	45.42	968.30
	4	5.58	16.17	417.88

Nota: Elaboración propia.

En el anillo 3, se están considerando 5 paños en el eje A y 3 paños en el eje 1, para el eje A se han considerado cuatro sectores tal y como se muestra en el detalle de muro anclado del eje A, para el eje 1 se han considerado tres sectores como se muestra en el detalle de muro anclado del eje 1, también se detalla la magnitud de los sectores del 3° anillo en la tabla N° 4.

Tabla 4: Magnitudes del 3° anillo

	Sector	Concreto m3	Encofrado m2	Acero Kg
3° anillo	1	5.86	22.67	329.10
	2	3.67	15.25	254.08
	3	2.70	10.50	202.80
	4	2.28	9.10	193.94

Nota: Elaboración propia.

Ver Anexos II, III, IV y V

### 5.1.2 Sectorización de cimentaciones.

El edificio transmitirá sus cargas al terreno mediante un sistema de cimentación conformado por cimientos corridos, cimientos corridos reforzados y zapatas. La distribución de estos elementos es como se muestra en el plano de cimentaciones que forma parte de los anexos.

Para la ejecución total de estos elementos estructurales tenemos que desarrollar trabajos como trazo y replanteo, excavación, habilitación de acero, encofrado, vaciado de concreto y desencofrado.

Los metrados totales de estos elementos estructurales son detallados en la tabla 5.

Tabla 5: Metrados Totales de los cimientos.

Metrados	Excavación	Concreto	Encofrado	Acero
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	kg
Zapatas	151.68	121.35	150.77	4548.86
Falsa Zapata	40.36	32.29	46.20	0.00
Cimientos corrido	105.70	84.56	157.14	1861.21

Nota: Elaboración propia.

Para consideraciones de la sectorización mencionamos que la zapata Z-12 (anexo II) es una zapata atípica con respecto a las demás zapatas de la obra. La zapata Z-12 tiene 23.17 m<sup>3</sup> de concreto con una resistencia  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, por tal motivo será el punto crítico para la ejecución de estos trabajos.

También tenemos zapatas como la Z8, Z9 y Z10 que requieren de una falsa zapata de concreto con resistencia  $f'c$  100 kg/cm<sup>2</sup>, para obtener el nivel fondo de cimentación que se indica en el diseño estructural. Por tal motivo la sectorización de las zapatas y cimientos será en siete (07) sectores, ver anexo VI y VII.

Para la ejecución de las excavación tenemos 4 procesos; excavación, habilitación de acero, encofrado y vaciado de concreto. Por tal motivo se sectorizo estos 4 procesos y la magnitudes de excavación de cada sector están detalladas en la tabla 6.

Tabla 6: Sectorización de Excavaciones de Cimentaciones

<b>SECTORIZACION DE EXCAVACION DE CIMENTACIONES</b>	<b>DE UN</b>	<b>Sector 1</b>	<b>Sector 2</b>	<b>Sector 3</b>	<b>Sector 4</b>	<b>Sector 5</b>	<b>Sector 6</b>	<b>Sector 7</b>
Metraje de cada sector	m <sup>3</sup>	40.48	32.57	40.05	49.63	41.31	50.79	54.31
Metraje promedio	m <sup>3</sup>	44.17			Metraje optimo			
Metraje del sector mayor	m <sup>3</sup>	54.31			123%		23% más del metraje optimo	
Metraje del sector menor	m <sup>3</sup>	32.57			73.75%		26.25% menos del metraje optimo	

Nota: Elaboración propia.

Para la excavación el metraje optimo por sector es de 44.17 m<sup>3</sup> y según lo calculado en la sectorización de excavación de cimentaciones, tenemos los picos de 54.31 m<sup>3</sup> y 32.57 m<sup>3</sup> los cuales representan un 23% más del metraje optimo y un 26.25% menos del metraje optimo respectivamente.

Para el proceso de encofrado y desencofrado el metraje optimo por sector es de 50.59 m<sup>2</sup> y según lo calculado en la sectorización de encofrado y desencofrado de cimentaciones, tenemos los picos de 91.01 m<sup>2</sup> en el sector 5 por tener cimientos con doble cara de encofrado los cuales representan un 80% más del metraje optimo y 22.82 m<sup>2</sup> en el sector 1 por un tema de inicio de proceso lo cual representa a un 55% menos del metraje. (Ver tabla 7)

Tabla 7: Sectorización de encofrado de cimentaciones

<b>SECTORIZACION DE ENCOFRADO CIMENTACIONES</b>	<b>UND</b>	<b>Sector 1</b>	<b>Sector 2</b>	<b>Sector 3</b>	<b>Sector 4</b>	<b>Sector 5</b>	<b>Sector 6</b>	<b>Sector 7</b>
Metraje de cada sector	m <sup>2</sup>	22.82	33.80	28.46	53.84	91.01	57.15	67.02
Metraje promedio	m <sup>2</sup>	50.59			metraje optimo			
Metraje del sector mayor	m <sup>2</sup>	91.01			180%		80% más del metraje optimo	
Metraje del sector menor	m <sup>2</sup>	22.82			45.12%		55% menos del metraje optimo	

Nota: Elaboración propia.

Para el proceso de vaciado de concreto el metraje optimo por sector es de 35.33 m<sup>3</sup> y según lo calculado en la sectorización de cimentaciones, tenemos los picos de 43.45 m<sup>3</sup> lo cual representa a un 23% más del porcentaje optimo y 26.06 m<sup>3</sup> lo cual representa a un 26% menos del metraje. (Ver tabla 8)

Tabla 8: Sectorización de concreto de cimentaciones

<b>SECTORIZACION DE CONCRETO CIMENTACIONES</b>	<b>UND</b>	<b>Sector 1</b>	<b>Sector 2</b>	<b>Sector 3</b>	<b>Sector 4</b>	<b>Sector 5</b>	<b>Sector 6</b>	<b>Sector 7</b>
Metraje de cada sector	m <sup>3</sup>	32.38	26.06	32.04	39.71	33.05	40.64	43.45
Metraje promedio	m <sup>3</sup>	35.33			metraje optimo			
Metraje del sector mayor	m <sup>3</sup>	43.45			123%		23% más del metraje optimo	
Metraje del sector menor	m <sup>3</sup>	26.06			73.75%		26.25% menos del metraje optimo	

Nota: Elaboración propia.

Para el proceso de acero el metraje optimo por sector es de 830.92 kg y según lo calculado en la sectorización de cimentaciones, tenemos los picos de 1,168.29 kg lo cual representa a un 41% más del porcentaje optimo y 563.61 kg lo cual representa a un 33% menos del metraje. (Ver tabla 9)

Tabla 9: Sectorización de acero en cimentaciones

<b>SECTORIZACION DE ACERO EN CIMENTACIONES</b>	<b>UND</b>	<b>Sector 1</b>	<b>Sector 2</b>	<b>Sector 3</b>	<b>Sector 4</b>	<b>Sector 5</b>	<b>Sector 6</b>	<b>Sector 8</b>
Metraje de cada sector	kg	1051.19	673.37	988.11	1168.29	563.61	654.38	717.51
Metraje promedio	kg	830.92			metraje optimo			
Metraje del sector mayor	kg	1168.29			141%		41% más del metraje optimo	
Metraje del sector menor	kg	563.61			67.83%		33% menos del metraje optimo	

Nota: Elaboración propia.

### 5.1.3 Sectorización de elementos verticales

Se consideran elementos verticales a las placas y columnas. El concreto de estos elementos es de resistencia  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup>. La sectorización de los elementos verticales está dividida en 4 sectores, donde cada sector contiene una cantidad específica de elementos y además es por niveles, tal y como se muestra en las tablas de distribución de elementos verticales en: sótano 2, sótano 1, semisótano, piso 1, piso 2, piso 3, piso 4 y piso 5 según mapeo. Estas tablas se encuentran como anexos. También se adjuntan los detalles del mapeo de los elementos verticales ver anexo VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII y XVIII.

Para la sectorización del acero en los elementos verticales, se analizó cada nivel independientemente, pues la cuantía de acero es variable en cada nivel.

Como resumen de la sectorización del total del acero para los elementos verticales, detallamos en el siguiente cuadro, donde se podrá apreciarla cantidad de kilogramos de acero que contiene cada sector por piso. (Ver tabla 10)

Tabla 10: Sectorización de elementos verticales de acero

SECTORIZACION ELEMENTOS VERTICALES ACERO		SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4
SOT2	kg	1945.64	944.15	3108.18	2072.49
SOT1	kg	1,354.92	1,043.43	1,994.43	1,366.32
SEMI-SOTANO	kg	1681.27	959.095	2238.99	1086.63
1° PISO	kg	1,427.07	1,031.44	2,239.89	1,064.05
2° PISO	kg	1362.98	1031.44	2424.4	1064.05
3° PISO	kg	1,153.64	1,031.44	2,121.51	950.13
4° PISO	kg	1153.64	1031.44	2083.2	950.125
5° piso	kg	969.06	828.80	1,450.87	765.30

Nota: Elaboración propia.

Para el desarrollo de la sectorización del encofrado y desencofrado se analizarán los elementos verticales del sótano 1, sótano 2 y del semisótano al 5° piso, los elementos verticales tienen una sección típica. (Ver tabla 11)

Tabla 11: Sectorización de elementos verticales de encofrado

SECTORIZACION ELEMENTOS VERTICALES ENCOFRADO		SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4
SOT2	m <sup>2</sup>	51.15	18	131.6	53.64
SOT1	m <sup>2</sup>	29.98	23.18	83.32	29.23
Semisótano a 5° piso	m <sup>2</sup>	47.57	24.68	95.46	22.63

Nota: Elaboración propia.

Para el desarrollo de la sectorización del concreto se analizarán los elementos verticales del sótano 1, sótano 2 y del semisótano al 5° piso, los elementos verticales tienen una sección típica. (Ver tabla 12)

Tabla 12: Sectorización de elementos verticales de concreto

SECTORIZACION ELEMENTOS VERTICALES CONCRETO		SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4
SOT2	m <sup>3</sup>	12.457	3.2745	16.683	10.55
SOT1	m <sup>3</sup>	15.07	3.71	12.10	15.38
Semisótano a 5° piso	m <sup>3</sup>	13.13	3.94	12.07	12.27

Nota: Elaboración Propia.

#### 5.1.4 Sectorización de elementos horizontales

Para esta sectorización se considera elementos horizontales de las losas y vigas. El concreto de estos elementos es de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>. La sectorización de los elementos horizontales está dividida en 4 sectores donde cada sector contiene una cantidad específica de elementos y la sectorización es por niveles tal y como se muestra en la tabla de distribución de elementos verticales. Ver anexo 21

Para la sectorización del acero en los elementos verticales se analizó cada nivel independientemente, pues la cuantía de acero es variable en cada nivel.

Como resumen de la sectorización de total del acero para los elementos horizontales se detalla en el siguiente cuadro, en el cual detallamos cuanto kilaje tiene cada sector en cada piso. (ver tabla 13)

Tabla 13: Sectorización de elementos horizontales de acero

SECTORIZACION ELEMENTOS HORIZONTALES ACERO		SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4
LOSAS Y VIGAS 1 SOTANO	kg	3503.05	3770.79	4604.04	8152.44
LOSAS Y VIGA SEMISOTANO	kg	2740.06	2710.30	2382.54	6109.56
LOSAS Y VIGAS 1 PISO	kg	2707.06	2388.12	2669.91	5244.09
LOSAS Y VIGA 2 PISO	kg	3124.15	2346.98	2586.35	5109.31
LOSAS Y VIGAS 3 PISO	kg	3131.28	2349.34	2586.35	5115.77
LOSAS Y VIGAS 4 PISO	kg	3124.15	2346.98	2586.35	5115.77
LOSAS Y VIGAS 5 PISO	kg	2451.81	2055.26	2358.61	4175.50

Nota: Elaboración propia.

Para el desarrollo de la sectorización del encofrado y desencofrado se analizará los elementos horizontales del sótano 1, sótano 2 y del semisótano al 5° piso los elementos horizontales como resultado de la sectorización presentamos el siguiente cuadro. (Ver tabla 14)

Tabla 14: Sectorización de elementos horizontales de encofrado

SECTORIZACION ELEMENTOS HORIZONTALES ENCOFRADO		SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4
LOSAS 1° PISO	m <sup>2</sup>	134.54	132.60	125.87	234.56
LOSAS 2° PISO	m <sup>2</sup>	149.53	115.08	126.38	158.78
LOSAS 3° PISO	m <sup>2</sup>	151.80	115.34	126.39	158.78
LOSAS 4° PISO	m <sup>2</sup>	149.53	115.08	126.38	158.78
LOSAS 5° PISO	m <sup>2</sup>	151.93	115.62	134.81	161.44
VIGAS DE FONDO 2° SOTANO	m <sup>2</sup>	11.35	14.24	12.72	13.86
VIGAS FONDO 1° SOTANO	m <sup>2</sup>	19.36	26.04	23.72	28.78
VIGAS FONDO SEMISOTANO	m <sup>2</sup>	21.43	24.17	18.98	25.15
VIGAS FONDO 1° PISO	m <sup>2</sup>	16.39	17.09	19.12	21.86
VIGAS FONDO 2° PISO	m <sup>2</sup>	18.04	16.46	17.52	21.92
VIGAS FONDO 3° PISO	m <sup>2</sup>	18.04	16.46	17.52	21.92
VIGAS FONDO 4° PISO	m <sup>2</sup>	18.04	16.46	17.52	21.92
VIGAS FONDO 5° PISO	m <sup>2</sup>	16.46	20.66	17.62	21.21
VIGAS COSTADO 2° SOTANO	m <sup>2</sup>	18.18	17.83	23.01	23.10
VIGAS COSTADO 1° SOTANO	m <sup>2</sup>	33.02	33.06	42.48	82.59
VIGAS COSTADO SEMISOTANO	m <sup>2</sup>	40.90	34.21	27.46	44.89
VIGAS COSTADO 1° PISO	m <sup>2</sup>	41.22	25.36	36.12	39.79
VIGAS COSTADO 2° PISO	m <sup>2</sup>	43.97	25.21	33.45	39.90
VIGAS COSTADO 3° PISO	m <sup>2</sup>	43.97	25.21	33.45	39.90
VIGAS COSTADO 4° PISO	m <sup>2</sup>	43.97	25.21	33.45	39.90
VIGAS COSTADO 5° PISO	m <sup>2</sup>	41.34	28.88	33.55	38.76

Nota: Elaboración propia.

Para el desarrollo de la sectorización del concreto se analizara los elementos horizontales del sótano 1, sótano 2 y del semisótano al 5° piso los elementos horizontales tienen una sección típica. (Ver tabla 15)

Tabla 15: Sectorización de elementos horizontales de concreto

SECTORIZACION ELEMENTOS HORIZONTALES CONCRETO		SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4
SOT2	m <sup>3</sup>	29.73	25.21	30.38	25.06
SOT1	m <sup>3</sup>	37.37	40.80	43.27	66.75
SEMI-SOTANO	m <sup>3</sup>	22.61	30.80	30.91	35.10
1° PISO	m <sup>3</sup>	27.04	27.41	36.28	38.66
2° PISO	m <sup>3</sup>	29.60	27.21	29.24	31.74
3° PISO	m <sup>3</sup>	29.81	27.42	29.08	31.94
4° PISO	m <sup>3</sup>	29.60	23.79	28.38	37.58
5° piso	m <sup>3</sup>	27.48	23.50	28.83	34.95

Nota: Elaboración propia.

### 5.1.5 Sectorización de albañilería

La partida de albañilería comprende al asentado de muros de ladrillo kk, este asentado de ladrillos puede ser de sogá o de cabeza, según indiquen los planos arquitectónicos de cada planta, esta partida se desarrollara en los ocho niveles de la obra. La idea de sectorizar este proceso es obtener un nivel semanal con sus muros asentados. Para obtener estos trabajos tenemos los siguientes hitos, trazo y replanteo de muros, emplantillado de ladrillo y asentado de los ladrillos.

Ver anexo XIX.

Detallamos las cantidades de asentado de muro en la tabla 16

Tabla 16: Asentado de muros

Niveles	Tipo	Metrados por piso
Sótano 2	Soga	191.05
	Cabeza	15.17
Sótano 1	Soga	92.93
	Cabeza	2.38
Semisótano	Soga	853.4
	Cabeza	82.17
Piso 1	Soga	825.75
	Cabeza	45.54
Piso 2	Soga	708.81
	Cabeza	55.65
Piso 3	Soga	708.81
	Cabeza	55.65
Piso 4	Soga	675.66
	Cabeza	57.2
Piso 5	Soga	708.81
	Cabeza	55.65

Nota: Elaboración propia.

## **5.2 Sectorización durante la etapa de acabados.**

Para esta etapa de la obra la sectorización será por departamentos y área común, es por ello que se tendrá tres (03) sectores para los niveles que tienen departamentos y un (01) sector para los niveles de estacionamientos.

### **5.2.1 Sectorización de revoques y enlucidos**

Los revoques y enlucidos son los que se utilizan en primera instancia sobre la mampostería de ladrillos, bloques, hormigones, etc., a efectos de obtener una superficie plana, con bastante uniformidad en su acabado y que pueda servir de soporte a otro acabado más fino.

Para esta obra habrá Tarrajeo de cielo raso, de muros, de vigas, vaciado de contra pisos y vestidura de derrames.

De acuerdo a la sectorización se estima obtener un nivel concluido por semana, considerando que se sectoriza cada nivel de estacionamientos en un (01) sector y los niveles de departamentos en tres (03) sectores pues lo dividimos en dos por tener tres (03) departamentos por piso y un área común.

Describiremos los hitos de revoques y enlucidos según su secuencia lógica

#### Tarrajeo de cielo raso

En los ocho niveles de la obra se tarrajeara los paños inferiores de las losas, a este Tarrajeo se denomina como cielo raso, su composición es de cemento y arena fina (1:5). (Ver tabla 17)

Tabla 17: Tarrajeo de cielo raso

Niveles	Total por nivel m <sup>2</sup>
Sotano 2	607.49
Sotano 1	888.89
Semisotano	467.53
Piso 1	553.52
Piso 2	577.05
Piso 3	577.05
Piso 4	577.05
Piso 5	565.24

Nota: Elaboración propia.

Se adjunta la tabla donde se detalla la magnitud de cada sector, ver anexo XX.

#### Tarrajeo de vigas

En los ocho niveles de la obra se tarrajeara los lados peraltados de la viga, la composición de este Tarrajeo es de cemento y arena fina (1:5). (Ver tabla 18)

Tabla 18: Tarrajeo de vigas

Niveles	Total por nivel m <sup>2</sup>
Sotano 2	135.93
Sotano 1	295.16
Semisotano	233.33
Piso 1	213.64
Piso 2	211.73
Piso 3	211.73
Piso 4	211.73
Piso 5	211.73

Nota: Elaboración propia.

Se anexa la tabla donde se detalla la magnitud de cada sector, ver anexo XXI.

### Tarrajeo de muros

En los ocho niveles de la obra se tarrajeara los muros, la composición de este Tarrajeo es de cemento y arena fina (1:5). (Ver tabla 19)

Tabla 19: Tarrajeo de muros

Niveles	Total por nivel m <sup>2</sup>
Sotano 2	412.43
Sotano 1	184.68
Semisotano	1101.64
Piso 1	1626.32
Piso 2	1426.30
Piso 3	1426.30
Piso 4	1386.34
Piso 5	1426.30

Nota: Elaboración propia.

Se anexa la tabla donde se detalla la magnitud de cada sector, ver anexo XXII.

### Vaciado de contra pisos

En los seis niveles que cuentan con departamentos se realizara un vaciado de contra piso, la composición de este Tarrajeo es de cemento y arena gruesa (1:5). (Ver tabla 20)

Tabla 20: Vaciado de contra pisos

Niveles	Total por nivel m <sup>2</sup>
Sotano 2	80.86
Sotano 1	59.76
Semisotano	695.29
Piso 1	542.98
Piso 2	583.18
Piso 3	583.18
Piso 4	579.77
Piso 5	583.27

Nota: Elaboración propia

Se anexa la tabla donde se detalla la magnitud de cada sector, ver anexo XXIII.

### Vestidura de derrames

En los ocho niveles que cuentan con departamentos se hará la vestidura de derrames, la composición de este Tarrajeo es de cemento y arena fina (1:5). (Ver tabla 21)

Tabla 21: Vestiduras de derrames

Niveles	Total por nivel m <sup>2</sup>
Sotano 2	116.94
Sotano 1	59.44
Semisotano	233.54
Piso 1	300.92
Piso 2	340.34
Piso 3	340.34
Piso 4	338.48
Piso 5	340.34

Nota: Elaboración propia

Se anexa la tabla donde se detalla la magnitud de cada sector, ver anexo XXIV.

#### **5.2.2 Sectorización de enchape**

En los sótanos se tiene ambientes que deben de ser enchapados tales como: depósitos, camino de circulación para los peatones, baño del personal, pozas de lavado de carros, estar de personal, cuarto de basura, cuarto de limpieza.

En los departamentos se tiene ambientes que deben de ser enchapados tales como: cocinas, lavanderías, cuarto de servicio, baño de servicio, terrazas, baños familiares y baños principales. Para los trabajos de enchape usaran materiales como cerámicos, porcelanatos y mármol.

Su sectorización será por niveles y por ambientes. Este cuadro de sectorización de enchapes se adjunta con los demás anexos, ver anexo XXV.

### 5.2.3 Sectorización de colocación de pisos de madera

En los departamentos se instalara un piso de madera flotante, la madera puede ser pumaquiro o maxiliston y su formato podría ser machimbrado o maxiliston.

Los ambientes en los que se instalara el piso de madera flotante son: sala, comedor, baño de visita, estudio, estar familiar, pasadizos, walking closet, dormitorios familiares y dormitorio principal. Se anexa los detalles mapeo de los ambientes con piso de madera flotante.

Para la instalación del piso de madera se tiene los siguientes hitos: modulación de la madera, pegado de la madera, destroncado de la madera, aplicación de acabado e instalación de contrazócalo.

Se anexan cuadros de pisos de madera ver anexo XXVI.

### 5.2.4 Sectorización de colocación de tableros de piedra

En la obra se instalaran tableros de mármol, granito y cuarzo, estos tableros sirven de mesada ya sean en los baños y las cocinas. Para su sectorización se tomara de manera independiente los que son de cocina y los que son de baños. (Ver tabla 22 y 23)

Tabla 22: Tablero de baños

Dpto.	Baño principal ml.	Baño Fam. 1 ml.	Baño Fam. 2 ml.	Baño Fam. 3 ml.	Baño de visitas ml.
DS-01	2.90	1.75	1.41	1.55	1.80
S-02	1.82	2.27	2.12		1.90
F-101	2.07	1.00	1.00		1.20
F-201	2.05	1.80	0.85	1.60	1.20
F-202	2.13	1.70	1.00		1.20
F-301	3.28	0.85	1.60	1.20	2.05
F-302	2.27	0.87	1.03		1.20
F-401	1.90	0.85	1.60	1.60	1.88
F-402	3.16	1.72	1.03		1.20
F-501	2.05	0.85	1.60		1.80
F-502	2.20	1.71	1.03		1.20

Nota: Elaboración propia.

Tabla 23: Tablero de Cocinas

Dpto.	Tableros ml.	Salpicaderos ml.	Zocalo detrás de campana ml.
DS-01	10.97	11.07	3.60
S-02	8.36	4.08	3.60
F-101	7.92	6.75	3.60
F-201	9.56	7.77	3.60
F-202	7.92	6.75	3.60
F-301	9.77	6.74	3.60
F-302	7.67	5.77	3.60
F-401	8.14	6.18	3.60
F-402	7.94	6.83	3.60
F-501	9.56	7.77	3.60
F-502	8.36	6.75	3.60

Nota: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO VI: RESTRICCIONES**

La Teoría de las Restricciones (TOC) establece que un conjunto de procesos interrelacionados y dependientes entre sí generan una producción según la capacidad del proceso más lento. La forma de aumentar la velocidad del conjunto es incrementando la capacidad del proceso más lento. Esta teoría se centra en los factores limitantes a los cuales los denomina como restricciones o “cuellos de botella”. En toda empresa existe por lo menos una restricción, caso contrario esta generaría ganancias ilimitadas. Siendo las restricciones los factores que bloquean la obtención de dichas ganancias, se induce que toda gestión debe apuntar a encontrar y controlar las restricciones.

La teoría de restricciones se aplica para una línea de producción o un sistema compuesto por varios procesos. La construcción se divide en varios procesos pequeños que trabajan uno después de otro similar a una línea de producción de una fábrica con la única diferencia que en el caso de las fabricas el producto pasa por las estaciones de trabajo y en la construcción son las estaciones de trabajo las que recorren el producto, es así que estos conceptos son totalmente aplicables para el campo de la construcción y es de aquí de donde nace la optimización de flujos y procesos que describe la filosofía lean.

### **6.1 Sobre producción**

Producción de cantidades más grandes que las requeridas o más pronto de lo necesario; planos adicionales (no esenciales, poco prácticos o excesivamente detallados); uso de un equipamiento altamente sofisticado cuando uno mucho más simple sería suficiente; más calidad que la esperada.

### **6.2 Esperas**

Esperas, interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad debido a la falta de datos, información, especificaciones u órdenes, planos, materiales, equipos, esperar a que termine la actividad precedente, aprobaciones, resultados de laboratorio, financiación, personal, área de trabajo inaccesible, iteración entre varios especialistas, contradicciones en los documentos de diseño, retraso en el transporte o instalación de equipos, falta de coordinación entre las cuadrillas, escasez de equipos,

repetición del trabajo debido a cambios en el diseño y revisiones, accidentes por falta de seguridad.

### **6.3 Transporte**

Se refiere al transporte innecesario relacionado con el movimiento interno de los recursos (materiales, datos, etc.) en la obra. Por lo general, está relacionado con la mala distribución y la falta de planificación de los flujos de materiales e información. Sus principales consecuencias son: pérdida de horas de trabajo, pérdida de energía, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte.

### **6.4 Sobre procesamiento**

Procesos adicionales en la construcción o instalación de elementos que causan el uso excesivo de materia prima, equipos, energía, etc. Monitorización y control adicional (inspecciones excesivas o inspecciones duplicadas).

### **6.5 Inventarios**

Se refiere a los inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material (por deterioro, obsolescencias, pérdidas debidas a condiciones inadecuadas de stock en la obra, robo y vandalismo), personal adicional para gestionar ese exceso de material y costes financieros por la compra anticipada.

### **6.6 Movimiento**

Se refiere a los movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas laborales.

### **6.7 Defectos (Trabajos rehechos)**

Se refiere a los movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de

estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas laborales.

## **6.8 Análisis de restricciones**

El análisis de restricciones forma parte y podemos decir que es la herramienta que le da el sentido al Lookahead, ya que de no ser por este formato el Lookahead sería simplemente una programación intermedia incapaz de formar un escudo que aisle el proyecto de los efectos de la variabilidad del entorno y por lo tanto no aportaría a la confiabilidad de los procesos de planificación y programación. Como se mencionó en la parte anterior en la empresa se usan 2 formatos de análisis de restricciones, uno de los cuales está incluido en el Lookahead Planning y se conoce como Lookahead de obra, el otro es un formato simple de Excel en el cual se colocan las restricciones agrupadas por partidas y para cada restricción se tiene un responsable y la fecha de levantamiento de la restricción. Este último formato es el que se usará para analizar todas las restricciones en el sistema Last Planner. Este análisis se hace después de haber realizado el Lookahead los días sábados y se abarca principalmente la última semana del Lookahead por ser la que ingresa a la programación intermedia, además se realiza un seguimiento a las restricciones que ya fueron ingresadas semanas anteriores para que cuando se tenga que realizar la programación semanal se tenga un conjunto de actividades libre de restricciones y lista para pasar a la siguiente etapa de programación.

## **CAPÍTULO VII: PROGRAMACIÓN**

### **7.1 Planificación maestra**

Todo proyecto de construcción suele tener una planificación general, sobre la cual se plasman todos los objetivos generales que se plantearon en el programa inicial. A esta planificación inicial se denomina Cronograma Maestro.

Mediante este cronograma lo que se busca es trazar las metas generales del proyecto mediante fechas definidas, las fechas de cumplimiento de cada meta se puede definir como “hitos” para el proyecto. Consecuentemente podemos decir que el cronograma maestro sirve para identificar los hitos de control del proyecto.

La elaboración del cronograma maestro se utiliza programas de computación, como Ms Project, primavera, etc. Lo esencial en la elaboración de este cronograma en el software que fuese desarrollado, es poder identificar los hitos del proyecto.

La planificación maestra de la obra en estudio se desarrolla en el programa Microsoft Project, esta programación tiene una confiabilidad baja.

La planificación maestra de las partidas analizadas de la obra en estudio tiene una duración de 259 días laborables. Esta planificación está conformada por la etapa de estructuras y la etapa de acabados donde su duración es de 164 días y 213 días respectivamente, se debe recalcar que de acuerdo a programación tenemos partidas que se trabajan paralelamente y otras que se traslapan, por esto si sumamos la cantidad de días de estructuras y acabados no da como resultado la duración del proyecto en estudio.

La planificación maestra se aprecia en los anexos XXVII, XXVIII, XXIX, XXX y XXXI.

## **7.2 Planificación mensual (Lookahead)**

La Planificación Lookahead Planning, cuyo objetivo principal es controlar el flujo de trabajo, se puede entender de forma general y sencilla, como un intervalo de tiempo en el futuro, que permite tener una idea inicial de las actividades que serán ejecutadas, para lo cual se debe coordinar y levantar todos los obstáculos o restricciones que puedan existir para que dichas actividades puedan ser realizadas.

Como su nombre lo explica el Lookahead (mirar adelante) tiene la finalidad de dirigir los esfuerzos de la construcción no a controlar la programación para evitar errores, sino a prevenirlos gestionando lo necesario para las actividades que se esperan ejecutar en el futuro cercano, promoviendo tomar acciones en el presente para obtener buenos resultados a futuro.

Es una planificación anticipada de recursos con 3 a 6 semanas de anticipación y cada semana se actualiza y se genera el nuevo Lookahead Planning. Es mucho más dinámico porque se puede prever con adecuada anticipación los requerimientos de materiales, mano de obra y Equipos generando un escudo de la producción. Ver anexo XXXII, XXXIII, XXXIV, XXXV, XXXVI, XXXVII, XXXVIII, XXXIX y XL

## **7.3 Planificación semanal**

El Plan de Trabajo Semanal se caracteriza por tener un nivel de detalle previo a la ejecución de una tarea y que tiene como objetivo el control de las unidades de producción. Lo que se busca es lograr progresivamente asignaciones de mayor calidad en base al aprendizaje continuo y con acciones correctivas. El responsable de realizar esta etapa es el denominado último planificador (Last Planner), que puede ser un ingeniero de campo, un maestro de obra, supervisores, etc. Es decir pueden ser todas aquellas personas que están como responsables directamente en campo y están en contacto con las unidades de producción.

La programación semanal es un programa de corto plazo que se desprende del lookahead, en el cual se ha hecho un análisis de restricciones previo, para eliminar dichas restricciones y así asegurar que

los trabajos que se vayan a programar puedan contar con los recursos necesarios, es decir se toman las actividades que fueron libradas de restricciones.

La mayoría de las actividades, son tareas que tenemos bastante certeza que se podrán ejecutarse las semanas siguientes, las programaciones semanales sirven como marco de referencia para planificaciones diarias-horarios en esta se evalúa el PPC (Porcentaje del Plan Completado) con un listado de razones que generaron el No cumplimiento. La programación semanal es muy importante porque en base a ella se analiza en una reunión semanal los PPC y se establecen las correcciones pertinentes.

Para caso práctico se analizara las semana 6, semana 15 y semana 19, dichas semanas fueron tomadas ya que son las semanas más críticas del proyecto, en las que se juntan las partidas de mayor incidencia en el proyecto.

Semana 6: En esta etapa de la obra se tiene planificado la ejecución de muros pantalla en el eje A y en el eje 1 en el 3er anillo. También se dan inicio a los trabajos para el desarrollo de las cimentaciones y elementos verticales. Para poder desarrollar todas las actividades antes mencionadas se debe de analizar las restricciones. (Ver tabla 24 y 25)

Tabla 24: Análisis de restricciones de la semana 6

ACTIVIDAD	FECHA INICIO	DESCRIPCION DE RESTRICCION	RESPONSABLE	FECHA LIMITE DE LEVANTAMIENTO
Seguridad	Semana 5	Exámenes médicos de SC Acero, Encofrado y vaciado de concreto. Poliza SCTR Salud y Pension. Armado de la escalera de acceso para el personal	PDR	Semana 5
Concreto	Semana 5	Enviar la programación de concreto por las próximas 2 semanas	Ing. De campo	Semana 5
Encofrado	Semana 5	Solicitar a Unispan el encofrado para el sotano 02. programación la entrega de encofrado vertical	Ing. Residente	Semana 5
Acero	Semana 5	Solicitar a Aceros Arequipa los planos dimensionado del sotano 02 de columnas, placas y vigas. (para el día 25)	Ing. Residente	Semana 5
Viguetas y Bovedillas	Semana 5	Enviar la programación de viguetas y bovedillas	Ing. De campo	Semana 5
Poliestireno Expandido	Semana 5	Enviar la programación de entrega de poliestireno expandido	Ing. De campo	Semana 5
Herramientas y equipos	Semana 5	Se requiere dos vibradora de concreto, para poder tener una de respaldo si es que una de ellas sufre algun desperfecto	Ing. De campo	Semana 5

Nota: Elaboración propia

Tabla 25: Plan semanal de la semana 6

Descripcion de Actividades	Unidad	Metraje	SEMANA 06							Responsable
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	
			28.5	29.5	30.5	31.5	32.5	33		
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>										
<b>MURO PANTALLA - TERCER ANILLO</b>										
<b>EJE A-A (05 ANCLAJES)</b>										
Excavacion banquetas (manual)y lechada de cemento	und	5	3°-S2	3°-S3	3°-S4					FC - DM
Colocacion de acero	kg	828	3°-S1	3°-S2	3°-S3	3°-S4				FC - DM
Encofrado de muro	m2	40		3°-S1	3°-S2	3°-S3	3°-S4			FC - DM
Vaciado de muro	m3	212		3°-S1	3°-S2	3°-S3	3°-S4			FC - DM
Desencofrado	m2	40			3°-S1	3°-S2	3°-S3	3°-S4		FC - DM
<b>EJE 1-1 (03 ANCLAJES)</b>										
Excavacion banquetas (manual)y lechada de cemento	und	3	3°-S2	3°-S3						FC - DM
Colocacion de acero	kg	152	3°-S1	3°-S2	3°-S3					FC - DM
Encofrado de muro	m2	11		3°-S1	3°-S2	3°-S3				FC - DM
Vaciado de muro	m3	3		3°-S1	3°-S2	3°-S3				FC - DM
Desencofrado	m2	11			3°-S1	3°-S2	3°-S3			FC - DM
<b>CASCO</b>										
<b>CIMENTACION / ZAPATAS</b>										
Excavacion manual	m3	204	CZ-S1	CZ-S2	CZ-S3	CZ-S4	CZ-S5			FC - DM
Acero	kg	3,701		CZ-S1	CZ-S2	CZ-S3	CZ-S4			FC - DM
Encofrado	m2	139		CZ-S1	CZ-S2	CZ-S3	CZ-S4			FC - DM
Concreto	m3	90			CZ-S1	CZ-S2	CZ-S3			FC - DM
Desencofrado	m2	85				CZ-S1	CZ-S2	CZ-S3		FC - DM
<b>ESTRUCTURA</b>										
Acero Vertical	kg	1,946					SOT2-S1			FC - DM

Nota: Elaboración propia

Semana 15: En esta etapa de la obra se tiene trabajos de asentado de ladrillo en el semisótano, Tarrajeo de cielo raso en el primer piso, Tarrajeo de vigas y muros en el sótano 1 y contrapesos en el sótano 2. (Ver tabla 26 y 27)

Tabla 26: Análisis de restricciones de la semana 15

ACTIVIDAD	FECHA INICIO	DESCRIPCION DE RESTRICCION	RESPONSABLE	FECHA LIMITE DE LEVANTAMIENTO
Seguridad	semana 14	Exámenes medicos de SC Acero, Encofrado y vaciado de concreto. Poliza SCTR Salud y Pension. Armado de la escalera de acceso para el personal	PDR	Semana 14
agregados	semana 14	Solicitar areana fina y gruesa y habilitar zona de acopio de material	Ing. De campo	Semana 14
Herramientas y equipos	semana 14	Solicitar a logistica niveles de mano, reglas, escuadras y colas de pato para limpieza	Ing. De campo	Semana 14
Mortero	semana 14	Supervisar dosificacion de mezcla de mezcla para el mortero	Ing. De campo	Semana 14
Ladrillos	semana 14	Solicitar ladrillos king kong para el semisotano	Ing. De campo	Semana 14
Contratitas electrico y sanitario	semana 14	Aprobar puntos electricos y sanitarios previamente del tarrajeo	Ing. De campo	Semana 14
Limpieza de pisos	semana 14	Limpieza previa de lo superficie para el contrapiso	Ing. De campo	Semana 14

Nota: Elaboración propia

Tabla 27: Plan semanal de la semana 15

Descripcion de Actividades	Unidad	Metraje	SEMANA 16							Responsable
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	
			83.5	84.5	85.5	86.5	87.5	88		
<b>CASCO</b>										
<b>ALBAÑILERIA</b>										
ASENTADO DE MURO	m2	871	1P 174	1P 174	1P 174	1P 174	1P 174			FC - DM
<b>ACABADOS</b>										
<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>										
CIELO RASO CON MEZCLA	m2	577	2P 115	2P 115	2P 115	2P 115	2P 115			FC-DM
TARRAJEO DE VIGAS	m2	233	SS 47	SS 47	SS 47	SS 47	SS 47			FC-DM
TARRAJEO DE MUROS	m2	1,102	SS 220	SS 220	SS 220	SS 220	SS 220			FC-DM
CONTRAPISOS DE 48mm	m2	60	SOT1 12	SOT1 12	SOT1 12	SOT1 12	SOT1 12			FC-DM
VESTIDURA DE DERRAMES	ML	117	SOT2 23	SOT2 23	SOT2 23	SOT2 23	SOT2 23			FC-DM

Nota: Elaboración propia.

Semana 19: En esta etapa de la obra se tiene trabajos de asentado de ladrillo en el cuarto piso, Tarrajeo de cielo raso en el quinto piso, Tarrajeo de vigas y muros en el tercer piso y contra pisos en el segundo piso, enchapes de porcelanito y mármol en el departamentos S.01 e instalación de soporte metálico para tableros de baño. (ver tabla 28 y 29)

Tabla 28: Análisis de restricciones de la semana 19

ACTIVIDAD	FECHA INICIO	DESCRIPCION DE RESTRICCION	RESPONSABLE	FECHA LIMITE DE LEVANTAMIENTO
Seguridad	semana 18	Exámenes medicos de SC Acero, Encofrado y vaciado de concreto. Poliza SCTR Salud y Pension. Armado de la escalera de acceso para el personal	PDR	Semana 18
agregados	semana 18	Solicitar areana fina y gruesa y habilitar zoana de acopio de material	Ing. De campo	Semana 18
Herramientas y equipos	semana 15	Solicitar a logistica los enchapes del S01	Ing. De campo	Semana 15
Mortero	semana 18	Supervisar dosificacion de mezcla de mezcla para el mortero	Ing. De campo	Semana 18
Ladrillos	semana 18	Solicitar ladrillos king kong para el semisotano	Ing. De campo	Semana 18
Contratitas electrico y sanitario	semana 18	Aprobar puntos electricos y sanitarios previamente del tarrajeo	Ing. De campo	Semana 18
Limpieza de pisos	semana 18	Limpieza previa de lo superficie para el contrapiso	Ing. De campo	Semana 18

Nota: Elaboración propia.

Tabla 29: Plan semanal diario de la semana 19

Descripcion de Actividades	Unidad	Metraje	SEMANA 19							Contratista
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	
			100	101	102	103	104	104.5		
<b>CASCO</b>										
<b>ALBANILERIA</b>										
ASENTADO DE MURO	m2	733	4P	4P	4P	4P	4P			JM
<b>ACABADOS</b>										
<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>										
CIELO RASO CON MEZCLA	m2	565	5P	5P	5P	5P	5P			JM
TARRAJEO DE VIGAS	m2	212	3P	3P	3P	3P	3P			JM
TARRAJEO DE MUROS	m2	1,426	3P	3P	3P	3P	3P			JM
CONTRAPISOS DE 48mm	m2	583	2P	2P	2P	2P	2P			JM
VESTIDURA DE DERRAMES	ML	301	1P	1P	1P	1P	1P			JM
<b>ENCHAPE DE PORCELANATO</b>										
ENCHAPE DE PISO EN TERRAZA	m2	129.25	S.01	S.01	S.01	S.01	S.01			JM
ENCHAPE DE PISO EN COCINA	m2	47.00	S.01	S.01	S.01					JM
ENCHAPE DE PISO EN LAVANDERIA	m2	15.14				S.01				JM
ENCHAPE DE PISO EN DORM. SERV.	m2	16.21					S.01			JM
ENCHAPE DE PARED EN B.P.	m2	7.29	S.01							JM
ENCHAPE DE PARED EN B.F.1	m2	19.57	S.01	S.01						JM
ENCHAPE DE PISO EN B.F.1	m2	4.87			S.01					JM
ENCHAPE DE PARED EN B.F.2	m2	25.32			S.01	S.01				JM
ENCHAPE DE PISO EN B.F.2	m2	5.12					S.01			JM
ENCHAPE DE PARED EN B.F.3	m2	31.47	S.01	S.01						JM
ENCHAPE DE PISO EN B.F.3	m2	8.32			S.01					JM
ENCHAPE DE PARED EN BAÑO DE SERVICIO	m2	23.71			S.01	S.01				JM
ENCHAPE DE PISO EN BAÑO DE SERVICIO	m2	4.33					S.01			JM
ENCHAPE EN PATIO	m2	22.23					S.01			JM
ENCHAPE EN POZAS	m2	6.60					S.01			JM
<b>ENCHAPE DE MARMOL</b>										
ENCHAPE DE PARED EN B.P.	m2	23.83			S.01	S.01	S.01			GRAYMAR
<b>TABLERO DE PIEDRA</b>										
SOPORTE DE TABLERO EN BAÑO DE VISITA	UND	4.00	F.201	F.202		F.301	F.302			ERGISA
SOPORTE DE TABLERO EN BAÑO PRINCIPAL	UND	3.00	F.201		F.202	F.301				ERGISA
SOPORTE DE TABLERO EN BAÑO FAMILIAR 1	UND	3.00	F.201		F.202	F.301				ERGISA
SOPORTE DE TABLERO EN BAÑO FAMILIAR 2	UND	3.00		F.201	F.202		F.301			ERGISA
SOPORTE DE TABLERO EN BAÑO FAMILIAR 3	UND	2.00		F.201			F.301			ERGISA

Nota: Elaboración propia.

#### **7.4 Planificación diaria**

La programación diaria es el último escalón en la metodología de planificación y programación que propone el sistema Last Planner dentro de la filosofía lean construction, esta programación se desglosa de la programación semanal, la cual es una programación de corto plazo, con la finalidad de ser transmitida a campo para que todos los equipos tengan claro las actividades que tienen que realizar en la jornada de trabajo. Esta programación la elabora el último planificador partiendo de los resultados del día y siguiendo lo programado para la semana, por lo cual también se usa para controlar los avances diarios dentro de la obra para que a partir de estos se controlen los avances semanales y de estos realizar el PPC correspondiente.

Balancear la capacidad de producción real de la cuadrilla con la cantidad de trabajo que se asigne, generalmente la tarea se encarga el maestro o capataz.

Con la programación diaria se asignan mejor los recursos ya que están al criterio del Ingeniero para observar si se cumplen las metas de avance, con esta programación se puede reducir las pérdidas relacionadas al trabajo diario.

Como parte de esta investigación, se analizara el día 100, el cual comprende partidas de la etapa de estructura y acabados.

Las planificaciones diarias de una misma semana son muy similares, ya que el personal obrero va rotando de sector como se planifico en el tren de producción. El personal encargado a la producción tiene una magnitud de avance muy similar por día, ya que se sectorizo las partidas en estudio. (Ver tabla 30)

Tabla 30: Plan diario del día 100

DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	UND	AVANCE DIARIO	IP META	HORAS TRABAJADAS DIA	X # PERSONAS	UBICACIÓN	HORARIO	CAPATAZ RESPONSABLE	OBSERVACIONES
<b>ESTRUCTURAS</b>									
<b>CUADRILLA DE ASENTADO DE MURO</b>									
ASENTADO DE LADRILLO KINGKONG	M2	147	100%	8.5	12 PE 16 OP	PISO 4 - SECTOR 1	07.30 - 05.00		
<b>ACABADOS</b>									
<b>CUADRILLA DE REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>									
CIELO RASO CON MEZCLA	M2	113	100%	8.5	6 PE 9 OP	PISO 5 - SECTOR 1	07.30 - 05.00		
TARRAJEO DE VIGAS	M2	42	100%	8.5	2 PE 5 OP	PISO 3 - SECTOR 1	07.30 - 05.00		
TARRAJEO DE MUROS	M2	265	100%	8.5	6 PE 13 OP	PISO 3 - SECTOR 1	07.30 - 05.00		
CONTRAPISO DE 48mm	M2	117	100%	8.5	4 PE 8 OP	PISO 2 - SECTOR 1	07.30 - 05.00		
VESTIDURA DE DERRAMES	ML	60	100%	8.5	1 PE 3 OP	PISO 1 - SECTOR 1	07.30 - 05.00		
<b>CUADRILLA DE ENCHAPE</b>									
ENCHAPE DE PISO EN TERRAZA	M2	25.85	1	8.5	1	DPTO. S.01	07.30 - 05.00		
ENCHAPE DE PISO EN COCINA	M2	15.67	1	8.5	1	DPTO. S.01	07.30 - 05.00		
ENCHAPE DE PARED EN B.P.	M2	7.29	1	4.5	1	DPTO. S.01	07.30 - 12.00		
ENCHAPE DE PARED EN B.F.1	M2	7.57	1	4	1	DPTO. S.01	13.00 - 05.00		
ENCHAPE DE PARED EN B.F.3	M2	15.74	1	8.5	1	DPTO. S.01	07.30 - 05.00		
<b>CUADRILLA DE TABLERO DE PIEDRA</b>									
SOPORTE DE TABLERO EN BAÑO DE VISITA	UND	1	1	3	2	DPTO 201	07.30 - 10.30		
SOPORTE DE TABLERO EN BAÑO PRINCIPAL	UND	1	1	3	2	DPTO 201	10.30 - 12.00 1.00 - 2.30		
SOPORTE DE TABLERO EN BAÑO FAMILIAR 1	UND	1	1	2.5	2	DPTO 201	2.30 - 5.00		

Nota: Elaboración propia

## 7.5 Dimensionamiento de cuadrillas

La manera en la que se distribuye al personal para realizar una tarea asignada es denominada como el dimensionamiento de cuadrillas, por ejemplo si se tiene que ejecutar el encofrado de losas del 2 piso sector 1 y su metrado equivale 45 m2 se necesita analizar la cantidad de personal necesario para cumplir con la tarea asignada en el tiempo asignado.

Como parte de esta investigación se analizara el dimensionamiento de las cuadrillas de las partidas estudiadas.

## Concreto

Se analiza las partidas de concreto pre-mezclado de los muros reforzados, cimientos, elementos verticales (placas y columnas), elementos horizontales (losas y vigas) de todos los niveles de la obra, para desarrollar el análisis de cuadrilla se ha promediado las magnitudes de los sectores de cada nivel. (Ver tabla 31)

Tabla 31: Análisis de cuadrilla de las partidas de concreto

CONCRETO	UND.	SECTOR PROMEDIO	HH/m3			Cant. Personal / SECTOR		
			PEON	OFICIAL	OPERARIO	PEON	OFICIAL	OPERARIO
MURO ANCLADO 1° ANILLO	m <sup>3</sup>	<b>10.47</b>	1.45		1.05	2	0	1
MURO ANCLADO 2° ANILLO	m <sup>3</sup>	<b>10.45</b>	1.45		1.05	2	0	1
MURO ANCLADO 3° ANILLO	m <sup>3</sup>	<b>3.18</b>	1.45		1.05	1	0	0
CIMENTACIONES	m <sup>3</sup>	<b>33.08</b>	0.25		1.05	1	0	4
ELEMENTOS VERTICALES 2° SOTANO	m <sup>3</sup>	<b>13.23</b>	0.3		0.35	1	0	1
ELEMENTOS VERTICALES 1° SOTANO	m <sup>3</sup>	<b>14.18</b>	0.3		0.35	1	0	1
ELEMENTOS VERTICALES SEMI SOTANO A 5° PISO	m <sup>3</sup>	<b>12.49</b>	0.35		0.35	1	0	1
LOSAS + VIGAS 2° SOTANO	m <sup>3</sup>	<b>27.59</b>	0.72		0.401	2	0	1
LOSAS + VIGAS 1° SOTANO	m <sup>3</sup>	<b>40.48</b>	0.72		0.401	3	0	2
LOSAS + VIGAS SEMISOTANO	m <sup>3</sup>	<b>29.85</b>	0.72		0.401	3	0	1
LOSAS + VIGAS 1° PISO	m <sup>3</sup>	<b>32.34</b>	0.72		0.401	3	0	2
LOSAS + VIGAS 2° PISO	m <sup>3</sup>	<b>29.45</b>	0.72		0.401	2	0	1
LOSAS + VIGAS 3° PISO	m <sup>3</sup>	<b>29.56</b>	0.72		0.401	3	0	1
LOSAS + VIGAS 4° PISO	m <sup>3</sup>	<b>29.84</b>	0.72		0.401	3	0	1
LOSAS + VIGAS 5° PISO	m <sup>3</sup>	<b>28.69</b>	0.72		0.401	2	0	1

Fuente: Elaboración propia

## Acero

Se analiza las partidas de acero dimensionado de los muros reforzados, cimientos, elementos verticales (placas y columnas), elementos horizontales (losas y vigas) de todos los niveles de la obra, para desarrollar el análisis de cuadrilla se ha promediado las magnitudes de los sectores de cada nivel. (Ver tabla 32)

Tabla 32: Análisis de cuadrillas de las partidas de acero

ACERO	UND.	SECTOR PROMEDI	HH/kg			Cant. Personal / SECTOR		
			PEON	OFICIAL	OPERARIO	PEON	OFICIAL	OPERARIO
MURO ANCLADO 1° ANILLO	kg	834.64		0.03	0.03	0	3	3
MURO ANCLADO 2° ANILLO	kg	964.61		0.03	0.03	0	4	4
MURO ANCLADO 3° ANILLO	kg	257.74		0.03	0.03	0	1	1
CIMENTACIONES	kg	845.23		0.03	0.03	0	3	3
ELEMENTOS VERTICALES 2° SOTANO	kg	2375.44		0.03	0.03	0	10	10
ELEMENTOS VERTICALES 1° SOTANO	kg	1571.89		0.03	0.03	0	6	6
ELEMENTOS VERTICALES SEMI SOTANO	kg	1668.96		0.03	0.03	0	7	7
ELEMENTOS VERTICALES 1° PISO	kg	1577.00		0.03	0.03	0	6	6
ELEMENTOS VERTICALES 2° PISO	kg	1617.14		0.03	0.03	0	6	6
ELEMENTOS VERTICALES 3° PISO	kg	1435.53		0.03	0.03	0	6	6
ELEMENTOS VERTICALES 4° PISO	kg	1422.76		0.03	0.03	0	6	6
ELEMENTOS VERTICALES 5° PISO	kg	1146.54		0.03	0.03	0	5	5
LOSAS Y VIGAS 2 SOTANO	kg	2382.88		0.03	0.03	0	10	10
LOSAS Y VIGAS 1 SOTANO	kg	3959.29		0.03	0.03	0	16	16
LOSAS Y VIGA SEMISOTANO	kg	2610.97		0.03	0.03	0	10	10
LOSAS Y VIGAS 1 PISO	kg	2588.36		0.03	0.03	0	10	10
LOSAS Y VIGA 2 PISO	kg	2685.83		0.03	0.03	0	11	11
LOSAS Y VIGAS 3 PISO	kg	2688.99		0.03	0.03	0	11	11
LOSAS Y VIGAS 4 PISO	kg	2685.83		0.03	0.03	0	11	11
LOSAS Y VIGAS 5 PISO	kg	2288.56		0.03	0.03	0	9	9

Nota: Elaboración propia

## Encofrado

Se analiza las partidas de encofrado de los muros reforzados, cimientos, elementos verticales (placas y columnas), elementos horizontales (losas y vigas) de todos los niveles de la obra, para desarrollar el análisis de cuadrilla se ha promediado las magnitudes de los sectores de cada nivel. (Ver tabla 33)

Tabla 33: Análisis de cuadrilla de la partida de encofrado

ENCOFRADO	UND.	OR BROME	HH/m3			Cant. Personal / SECTOR		
			PEON	OFICIAL	OPERARIO	PEON	OFICIAL	OPERARIO
MURO ANCLADO <sup>1</sup> ANILLO	m <sup>2</sup>	43.25	0.00	0.34	0.37	0	2	2
MURO ANCLADO <sup>2</sup> ANILLO	m <sup>2</sup>	41.51	0.00	0.34	0.37	0	2	2
MURO ANCLADO <sup>3</sup> ANILLO	m <sup>2</sup>	12.57	0.00	0.34	0.37	0	1	1
CIMENTACIONES	m <sup>2</sup>	46.33	0.00	0.34	0.37	0	2	2
ELEMENTOS VERTICALES <sup>2</sup> SOTANO	m <sup>2</sup>	78.80	0.00	0.34	0.37	0	3	3
ELEMENTOS VERTICALES <sup>3</sup> SOTANO	m <sup>2</sup>	47.51	0.00	0.34	0.37	0	2	2
ELEMENTOS VERTICALES <sup>SEMI</sup> SOTANO A 5° PISO	m <sup>2</sup>	31.63	0.00	0.34	0.37	0	1	1
LOSAS <sup>2</sup> SOTANO	m <sup>2</sup>	141.09	0.00	0.41	0.45	0	7	7
LOSAS <sup>1</sup> SOTANO	m <sup>2</sup>	232.91	0.00	0.41	0.45	0	11	12
LOSAS <sup>SEMI</sup> SOTANO	m <sup>2</sup>	130.31	0.00	0.41	0.45	0	6	7
LOSAS <sup>1</sup> PISO	m <sup>2</sup>	131.00	0.00	0.41	0.45	0	6	7
LOSAS <sup>2</sup> PISO	m <sup>2</sup>	137.44	0.00	0.41	0.45	0	7	7
LOSAS <sup>3</sup> PISO	m <sup>2</sup>	138.08	0.00	0.41	0.45	0	7	7
LOSAS <sup>4</sup> PISO	m <sup>2</sup>	137.44	0.00	0.41	0.45	0	7	7
LOSAS <sup>5</sup> PISO	m <sup>2</sup>	140.95	0.00	0.41	0.45	0	7	7
VIGAS DE FONDO <sup>2</sup> SOTANO	m <sup>2</sup>	13.04	0.00	0.54	0.60	0	1	1
VIGAS FONDO <sup>1</sup> SOTANO	m <sup>2</sup>	24.47	0.00	0.54	0.60	0	2	2
VIGAS FONDO <sup>SEMI</sup> SOTANO	m <sup>2</sup>	22.43	0.00	0.54	0.60	0	1	2
VIGAS FONDO <sup>1</sup> PISO	m <sup>2</sup>	18.61	0.00	0.54	0.60	0	1	1
VIGAS FONDO <sup>2</sup> PISO	m <sup>2</sup>	18.49	0.00	0.54	0.60	0	1	1
VIGAS FONDO <sup>3</sup> PISO	m <sup>2</sup>	18.49	0.00	0.54	0.60	0	1	1
VIGAS FONDO <sup>4</sup> PISO	m <sup>2</sup>	18.49	0.00	0.54	0.60	0	1	1
VIGAS FONDO <sup>5</sup> PISO	m <sup>2</sup>	18.99	0.00	0.54	0.60	0	1	1
VIGAS COSTADO <sup>2</sup> SOTANO	m <sup>2</sup>	20.53	0.00	0.54	0.60	0	1	1
VIGAS COSTADO <sup>1</sup> SOTANO	m <sup>2</sup>	52.71	0.00	0.54	0.60	0	3	4
VIGAS COSTADO <sup>SEMI</sup> SOTANO	m <sup>2</sup>	34.19	0.00	0.54	0.60	0	2	2
VIGAS COSTADO <sup>1</sup> PISO	m <sup>2</sup>	39.04	0.00	0.54	0.60	0	2	3
VIGAS COSTADO <sup>2</sup> PISO	m <sup>2</sup>	39.11	0.00	0.54	0.60	0	2	3
VIGAS COSTADO <sup>3</sup> PISO	m <sup>2</sup>	39.11	0.00	0.54	0.60	0	2	3
VIGAS COSTADO <sup>4</sup> PISO	m <sup>2</sup>	39.11	0.00	0.54	0.60	0	2	3
VIGAS COSTADO <sup>5</sup> PISO	m <sup>2</sup>	37.88	0.00	0.54	0.60	0	2	3

Nota: Elaboración propia.

## Asentado de muros

Se analiza la partida de asentado de muros de todos los niveles de la obra, para desarrollar el análisis de cuadrilla se ha promediado las magnitudes de los sectores de cada nivel. (Ver tabla 34)

Tabla 34: Análisis de cuadrilla del asentado de muros

ENCOFRADO	UND.	SECTOR PROMEDIO	HH/m3			Cant. Personal / SECTOR		
			PEON	OFICIAL	OPERARIO	PEON	OFICIAL	OPERARIO
Asentado de ladrillo 2°sotano	m2	41.00	0.21	0.00	0.62	1	0	3
Asentado de ladrillo 1°sotano	m2	19.00	0.21	0.00	0.62	0	0	1
Asentado de ladrillo semi-sotano	m2	187.00	0.21	0.00	0.62	5	0	14
Asentado de ladrillo 1°piso	m2	174.00	0.21	0.00	0.62	4	0	13
Asentado de ladrillo 2°piso	m2	153.00	0.21	0.00	0.62	4	0	11
Asentado de ladrillo 3°Piso	m2	153.00	0.21	0.00	0.62	4	0	11
Asentado de ladrillo 4°piso	m2	147.00	0.21	0.00	0.62	4	0	11
Asentado de ladrillo 5°piso	m2	153.00	0.21	0.00	0.62	4	0	11

Nota: Elaboración propia.

## Cielo raso

Se analiza la partida de cielo raso todos los niveles de la obra, para desarrollar el análisis de cuadrilla se ha promediado las magnitudes de los sectores de cada nivel. (Ver tabla 35)

Tabla 35: Análisis de cuadrilla de la partida de cielo raso

ENCOFRADO	UND.	SECTOR PROMEDIO	HH/m2			Cant. Personal / SECTOR		
			PEON	OFICIAL	OPERARIO	PEON	OFICIAL	OPERARIO
Asentado de ladrillo 2°sotano	m2	122.00	0.19	0.00	0.56	2.67	0	8
Asentado de ladrillo 1°sotano	m2	178.00	0.19	0.00	0.56	4	0	12
Asentado de ladrillo semi-sotano	m2	94.00	0.19	0.00	0.56	2	0	6
Asentado de ladrillo 1°piso	m2	111.00	0.19	0.00	0.56	2	0	7
Asentado de ladrillo 2°piso	m2	115.00	0.19	0.00	0.56	3	0	8
Asentado de ladrillo 3°Piso	m2	115.00	0.19	0.00	0.56	3	0	8
Asentado de ladrillo 4°piso	m2	115.00	0.19	0.00	0.56	3	0	8
Asentado de ladrillo 5°piso	m2	113.00	0.19	0.00	0.56	2	0	7

Nota: Elaboración propia

## 7.6 Porcentaje de plan cumplido

La forma de medir el desempeño del plan de trabajo semanal para poder estimar su calidad en cuanto a cumplimiento, se realiza a través del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC). Este paso es importante ya que nos sirve de retroalimentación para poder luego implementar mejoras y aprender de las fallas al momento de asignar una tarea.

El PPC compara lo que se planeó ejecutar versus lo que realmente fue ejecutado, tomando en cuenta que una tarea se considera terminada si es que se concluyó según se especificaba en el plan de trabajo semanal. Por ejemplo, si se tiene la tarea de “encofrado de placas” y se planeó encofrar 70m<sup>2</sup> de placas en esa semana, se considerará culminada la tarea solo si se ejecutaron los 70m<sup>2</sup>, si se ejecutó 65m<sup>2</sup>, consideraremos que no fue concluida ya que no logramos cumplir con lo que planificamos inicialmente, de esta manera podremos evaluar por ejemplo el equilibrio entre carga y capacidad para esa unidad de producción.

Si se realizó una planificación sin restricciones y sin ningún contratiempo obtendremos un PPC de 100%. (Ver tabla 36)

Tabla 36: Análisis de confiabilidad del plan semanal 13

Actividad	Und	Metrado Total	SEMANA 13							PPC		TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDAS CORRECTIVAS
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	SI	NO			
			67	68	69	70	71	71.5	28					
<b>CASCO</b>														
<b>ESTRUCTURA</b>														
Acero Vertical	kg	1,235	P5-S4								X			
Encofrado vertical	m2	152	P5-S3	P5-S4							X			
Concreto vertical	m3	24	P5-S3	P5-S4							X			
Desencofrado vertical	m2	177	P5-S2	P5-S3	P5-S4						X			
Encofrado fondo de vigas	m2	60	P5-S2	P5-S3	P5-S4						X			
Acero en vigas	kg	4,878	P5-S2	P5-S3	P5-S4						X			
Encofrado costado de vigas	m2	143	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4					X			
Encofrado losa y escaleras	m2	575	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4					X			
Colocacion de viguetas y bovedillas	UND	4	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4					X			
Acero losa y escaleras	kg	6,675	P4-S4	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4				X			
Concreto losa, escaleras y vigas	m3	149	P4-S3	P4-S4	P5-S1	P5-S2	P5-S3				X			
<b>ALBAÑILERIA</b>														
ASENTADO DE LADRILLO	m2	206	SOT2	SOT2	SOT2	SOT2	SOT2				X			
<b>ACABADOS</b>														
<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>														
CIELO RASO CON MEZCLA	m2	889	SOT1	SOT1	SOT1	SOT1	SOT1				X			
100%											PPC: INDICADOR DE PLAN CUMPLIDO			

Nota: Elaboración propia

Si se realizó una planificación y no se levantaron las sin restricciones y genero contratiempos con otras partidas obtendremos un PPC por debajo del de 85%. (Ver tabla 37)

Tabla 37: Análisis de confiabilidad del plan semanal 13

		GESTIÓN DE PRODUCCIÓN										GPR.001-F03			
		ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DEL PLAN SEMANAL										Ver:00	F: 13/06/14		
PROYECTO: EDIFICIO MAURTUA III SEMANA: 13												F1 _____ _____			
Actividad	Und	Metrado Total	SEMANA 13							PPC		TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDAS CORRECTIVAS	
			LUN 67	MAR 68	MIE 69	JUE 70	VIE 71	SAB 71.5	DOM 28	SI	NO				
<b>CASCO</b>															
<b>ESTRUCTURA</b>															
Acero Vertical	kg	1,235	P5-S4									X			
Encofrado vertical	m2	152	P5-S3	P5-S4								X			
Concreto vertical	m3	24	P5-S3	P5-S4								X			
Desencofrado vertical	m2	177	P5-S2	P5-S3	P5-S4							X			
Encofrado fondo de vigas	m2	60	P5-S2	P5-S3	P5-S4							X			
Acero en vigas	kg	4,878	P5-S2	P5-S3	P5-S4							X			
Encofrado costado de vigas	m2	143	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4						X			
Encofrado losa y escaleras	m2	575	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4						X	EEJEC	NO SE COLOCARON LOS DATOS DE RECUBRIMIENTO	
Colocación de viguetas y bovedillas	UND	4	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4						X	LOG-MAT	SUMINISTRO INCOMPLETO DE MATERIALES	
Acero losa y escaleras	kg	6,675	P4-S4	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4					X	PROG	RESTRICCION NO IDENTIFICADA DE MANERA OPRUNA	
Concreto losa, escaleras y vigas	m3	149	P4-S3	P4-S4	P5-S1	P5-S2	P5-S3					X	EQ	AVERIAS CON LA BOMBA PLUMA	
<b>ALBAÑILERIA</b>															
ASENTADO DE LADRILLO	m2	206	SOT2	SOT2	SOT2	SOT2	SOT2					X			
<b>ACABADOS</b>															
<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>															
CIELO RASO CON MEZCLA	m2	889	SOT1	SOT1	SOT1	SOT1	SOT1					X			
											69%		PPC: INDICADOR DE PLAN CUMPLIDO		

Nota: Elaboración propia

Para poder crear una base estadística de las principales causas de incumplimiento se empieza por crear un catálogo de causas de incumplimiento juntando las causas en grupos que representan, el área en que se originó, el problema y por consiguiente el Responsable de minimizarlas o de ser posible eliminarlas.

Los grupos en los que se distribuyen las causas de incumplimiento son **presentados en la figura N° 4:**

CATÁLOGO DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO				
CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	PROGRAMACION(PROG)	LOGISTICA (LOG)	CONTROL DE CALIDAD (QA/QC)	EXTERNOS (EXT)
DESCRIPCIÓN	Todas las causas que implican: *Errores o cambios en la programación. *Inadecuada utilización de las Herramientas de Programación. *Mala asignación de recursos. *Cualquier restricción que no fue identificada de manera oportuna.	Todas las causas que implican: *Falta de equipos (LOG EQ), herramientas o materiales en obra (LOG MAT) y personal (LOG PER), que han sido requeridos oportunamente por Producción.	Todas las causas que implican: *La entrega oportuna de información a producción (planos, procedimientos, etc) *Cambios o errores en la ingeniería durante el desarrollo de las actividades del Plan Semanal.	Todas las causas que implican: *Retrasos por razones climáticas extraordinarias. *Eventos extraordinarios como marchas sindicales sin previo aviso, huelgas, accidentes, etc.
CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	CLIENTE/SUPERVISIÓN (CLI)	ERRORES DE EJECUCIÓN (EJEC)	SUBCONTRATAS (SC)	
DESCRIPCIÓN	Todas las causas que implican Responsabilidad del Cliente (Falta de información, cambio de prioridades, cambios o errores en la ingeniería, falta de liberación de estructuras, etc).	Se consideran las causas que corresponden a atrasos debido a retrabajos en el proceso constructivo, es decir que por errores de ejecución no se pudieron cumplir otras actividades programadas.	En este punto se consideran todas las causas de incumplimiento relacionadas a la falla en la entrega de algún recurso subcontratado o al atraso debido al no cumplimiento de alguna labor encargada a una subcontrata.	
CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	EQUIPOS (EQ)	ADMINISTRATIVOS (ADM)		
DESCRIPCIÓN	Todas las causas que implican averías o fallas en los equipos que no permitieron el cumplimiento de las actividades del Plan Semanal. Están incluidos los mantenimientos no programados de equipos.	Todas las causas que implican: *No llegada del personal especializado (incluido subcontratos). *Falta de permisos y licencias.		

**Figura N° 4. Causas de Incumplimiento**

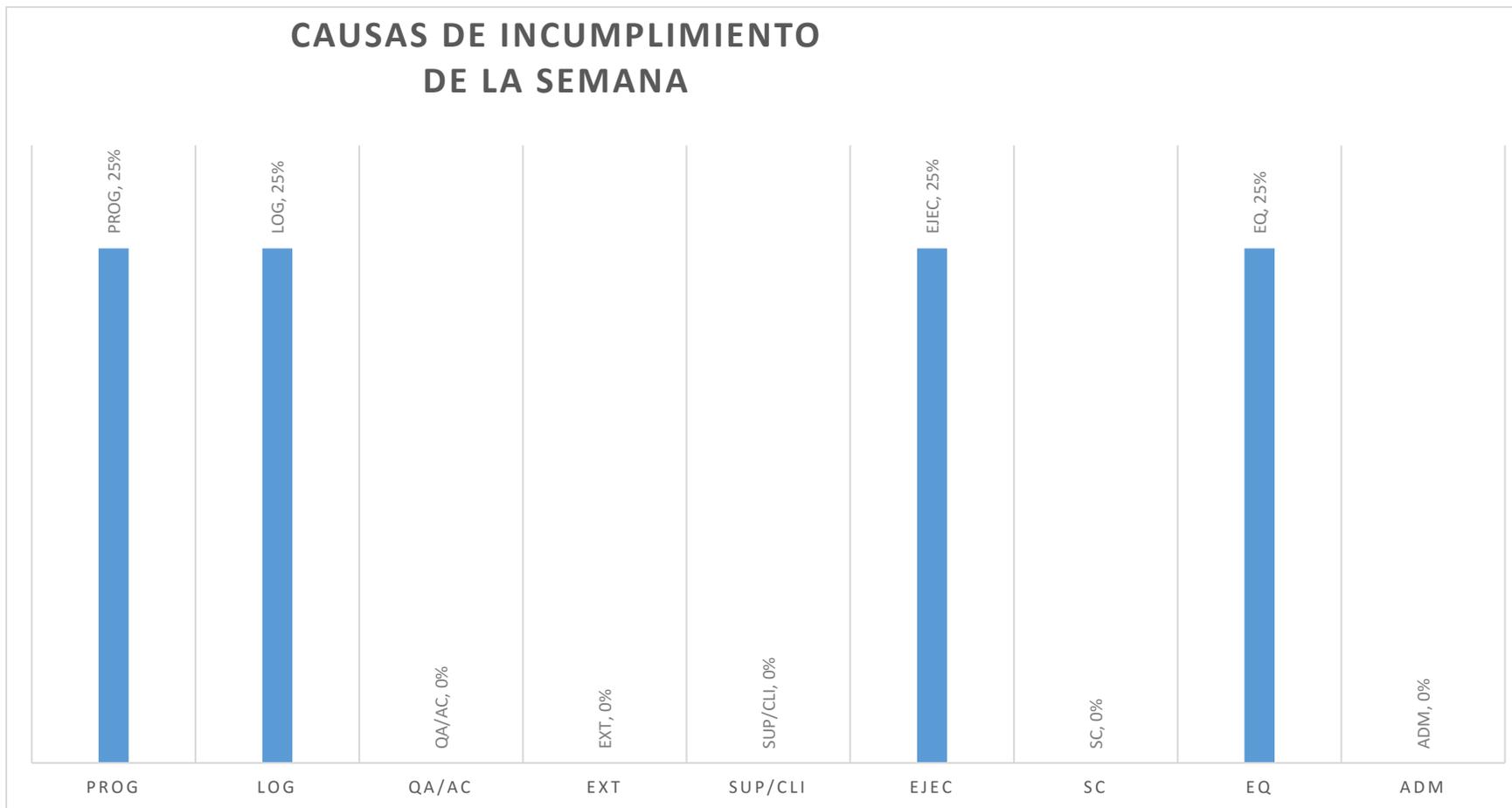
Fuente: Edifica

Una vez realizado el catálogo de causas de incumplimiento se procede a clasificar en los grupos establecidos cada uno de los problemas que impidieron que se completen las actividades, esto se realiza en el formato de PPC semanal mostrado anteriormente (Figura # 68 Formato para la elaboración del PPC y Análisis de cumplimientos)

Después de clasificar las causas de no cumplimiento para cada actividad en el formato del PPC, se obtiene automáticamente la cantidad de causas de incumplimiento correspondiente a cada grupo y a partir de estos datos un cuadro representativo de la semana 13 la cual se simuló que obtuvo un PPC de 69%. (Ver tabla 38)

Tabla 38: Porcentaje de incumplimiento – semana 13

PROG	PROGRAMACION	1	25%
LOG	LOGISTICA	1	25%
QA/AC	CONTROL DE CALIDAD	0	0%
EXT	EXTERNOS	0	0%
SUP/CLI	SUPERVISION / CLIENTES	0	0%
EJEC	ERRORES DE EJECUCION	1	25%
SC	SUBCONTRATOS	0	0%
EQ	EQUIPOS	1	25%
ADM	ADMINISTRATIVOS	0	0%
		4	100%



**Figura N° 5.** Porcentaje de Causas de Incumplimiento de la semana.

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la **figura N° 5** las causas de incumplimiento de la semana son producidas por temas de programación, logística, ejecución y equipos. Y al haber encontrado las causas de incumplimiento se deben de tomar medidas correctivas para poder reprogramar actividades y se puedan ejecutar sin problemas.

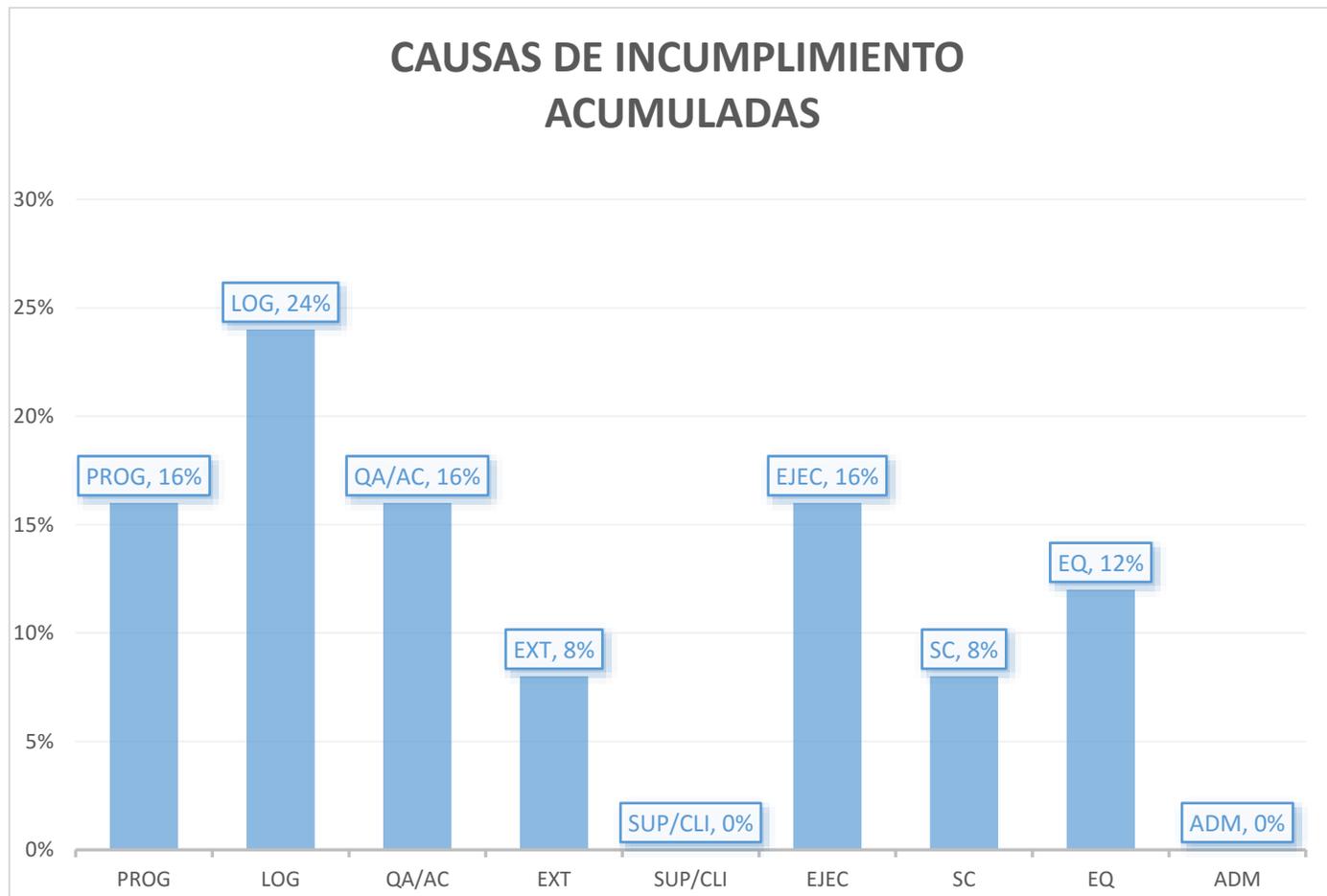
Cabe resaltar que el resultado semanal no necesariamente refleja lo que pasa en toda la obra, sino en una programación en particular como en este caso en que las causas de incumplimiento solo pertenecen a 3 de los 9 grupos existentes en el catálogo de causas de incumplimiento. Sin embargo, puede darse el caso que en otra semana las causas de incumplimiento sean totalmente distintas a las de esta semana. Es por eso que estos datos son solo referenciales y para sacar conclusiones se utiliza el acumulado. También es importante mencionar que la cantidad de veces que se repite una causa de incumplimiento no está ligada al impacto que se tenga en el proyecto, puede haber una causa de incumplimiento única que afecte de gran manera al proyecto ya sea en costo o Plazo.

Este procedimiento se realiza todas las semanas con cada programación semanal y se va formando un nuevo cuadro en el cual se van registrando los resultados semanales de las causas de incumplimiento para que al final de la obra tengamos una estadística más fiable de las principales causas de incumplimiento. Para obtener los resultados acumulados utilizamos un cuadro que abarca todas las semanas de la obra en el cual se colocan los resultados semanales de causas de incumplimiento con el fin de generar un gráfico total del proyecto. (Ver tabla 39)

Tabla 39: Causas de incumplimientos acumuladas

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO ACUMULADAS		TOTAL	SEM 01	SEM 02	SEM 03	SEM 04	SEM 05	SEM 06	SEM 07	SEM 08	SEM 09	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16	SEM 17	SEM 18	SEM 19	SEM 20
PROG	PROGRAMACION	16%	-	-	3.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LOG	LOGISTICA	24%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QA/QC	CONTROL DE CALIDAD	16%	-	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-
EXT	EXTERNOS	8%	-	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUP/CLI	SUPERVISION / CLIENTES	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EJEC	ERRORES DE EJECUCION	16%	-	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-
SC	SUBCONTRATOS	8%	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EQ	EQUIPOS	12%	-	-	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-
ADM	ADMINISTRATIVOS	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		25	1.00	2.00	6.00	4.00	3.00	1.00	2.00	-	2.00	-	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-

Nota: Elaboración propia.



**Figura N° 6.** Gráfico de barras de causas de incumplimiento acumuladas

Fuente: Elaboración propia.

Además se puede apreciar en la figura N° 6 un gran porcentaje de las causas de incumplimiento (48%) está relacionado con tan solo 3 grupos que son Programación, Subcontratos y Logística, esto quiere decir que la mayor parte de las fallas provienen de errores de programación, fallas de los subcontratistas y demoras en la llegada de los materiales, por lo que hay que ponerle un énfasis especial a la programación y a los pedidos del área de logística para poder reducir las actividades incumplidas y poder incrementar el nivel de confianza en la programación que se calcula con el PPC.

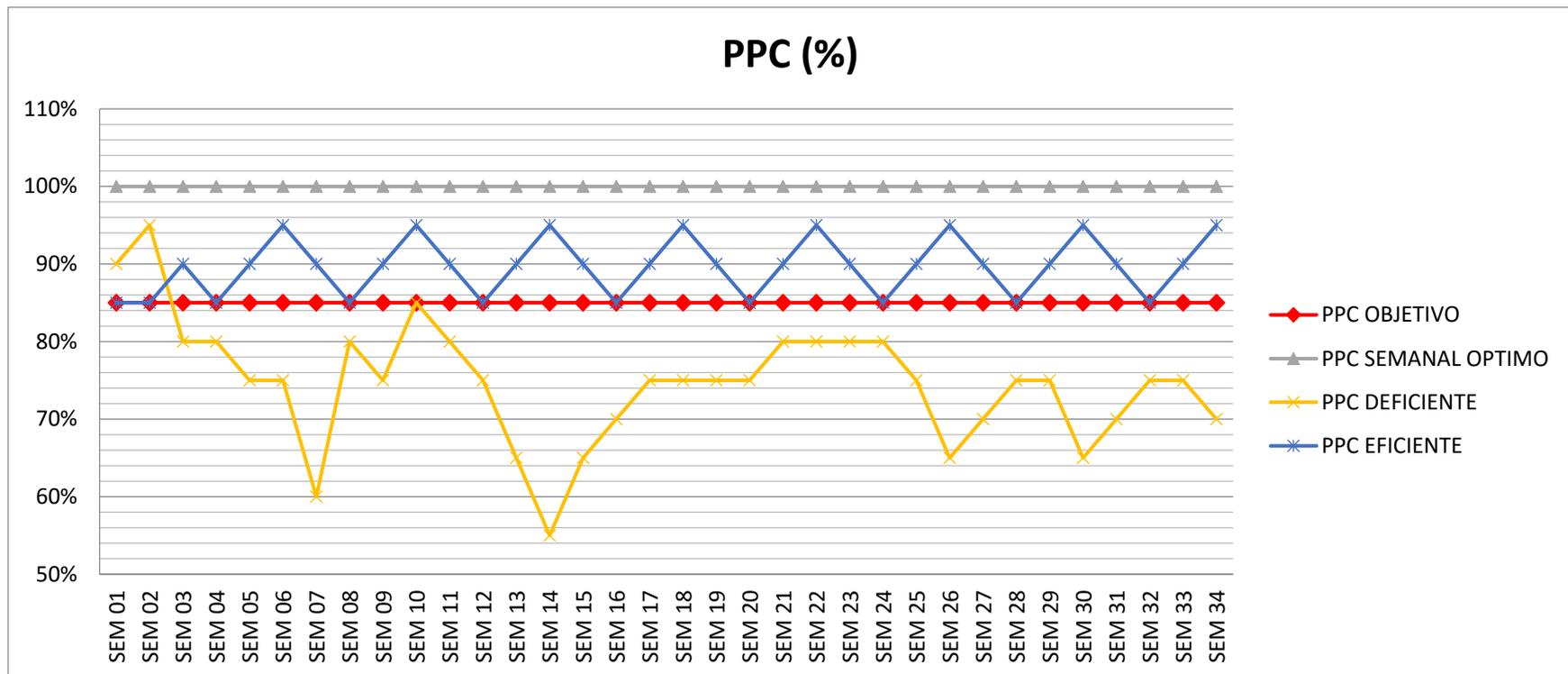


Figura N° 7. Grafico del Porcentaje del Plan Cumplido.

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que lo óptimo a ejecutarse es el 100% de lo planificado, por ende es necesario trazar un objetivo de producción a corto plazo para poder evaluar el nivel de producción real que se tiene durante el desarrollo de la obra en la mayoría de casos de construcción el cumplimiento del 85% de lo planificado es el objetivo, si se obtiene una porcentaje mayor a 85% y menor que 100% se considera como un cumplimiento eficiente y si nos encontramos por debajo del 85% quiere decir que la planificación es deficiente y se necesita una reprogramación de obra, todo esto se puede apreciar de manera más clara en la figura N° 7

## CAPÍTULO VIII: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 8.1 Análisis e interpretación de los resultados

- Para lograr obtener una programación homogénea, se utilizó herramientas del lean como la sectorización y mapeo. Con la sectorización de las distintas partidas analizadas en esta investigación se logra ejecutar un trabajo en paralelo de distintas partidas en un mismo día, además las actividades a desarrollarse son repetitivas, constantes y continuas. En la figura N° 8 se detalla la magnitud de producción de las partidas de acero, concreto y encofrado durante los días 45, 46, 47, 48 y 49. En donde demostramos que las magnitudes del día a día son similares.

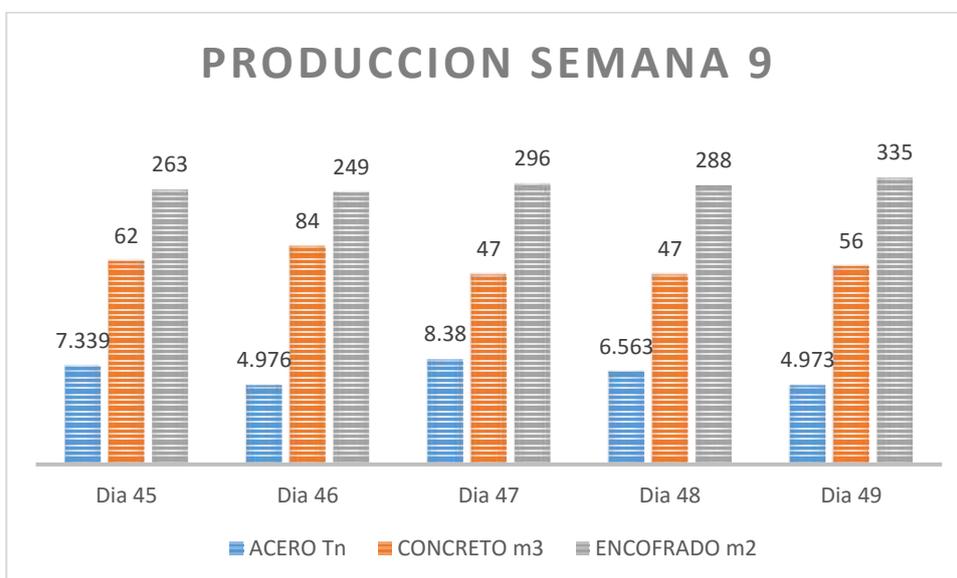


Figura N° 8. Gráfico de barras de producción de la semana 9.

Fuente: Elaboración propia.

- Teniendo como base la planificación lookahead, se analiza las partidas de la semana siguiente y así poder identificar las restricciones que deben de subsanarse para que no repercuta en el tren de actividades. De la semana 6 a la semana 14 se identificaron distintas restricciones. (Figura N°9)



Figura N° 9. Gráfico de las distintas restricciones de la semana 6 hasta la 14.

Fuente: Elaboración propia.

- La restricciones al ser subsanadas o no subsanas repercuten positivamente o negativamente en el nivel de producción respectivamente. (Figura N°10)

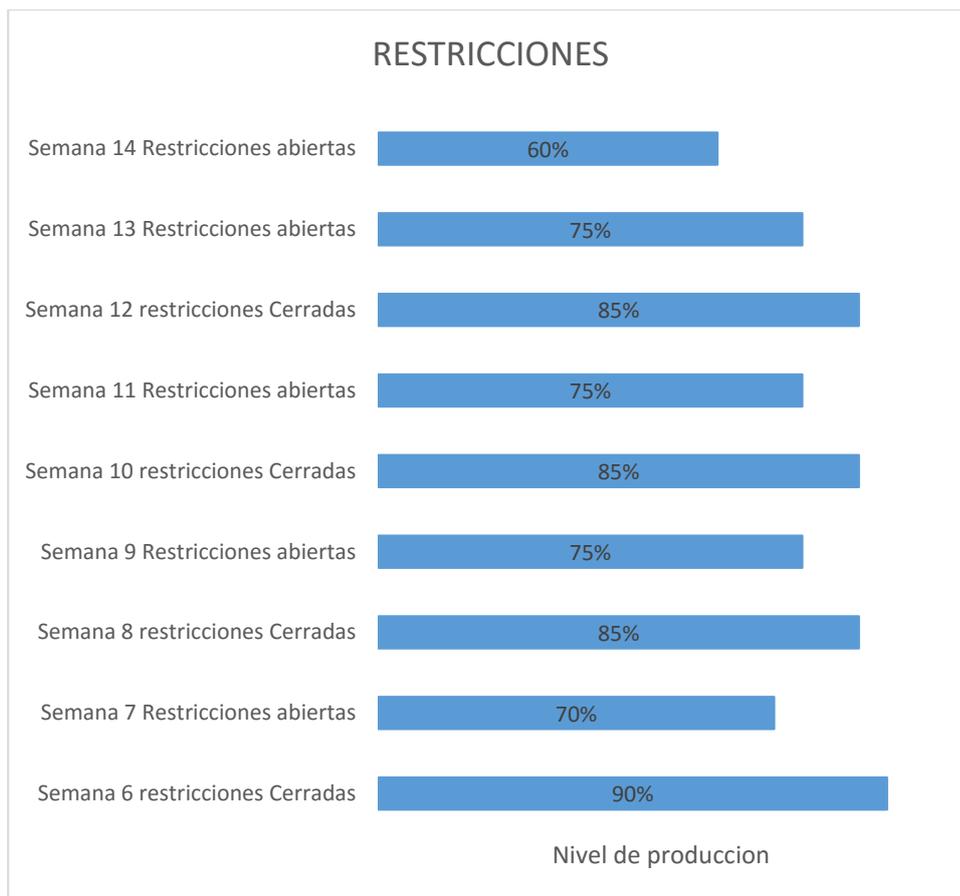


Figura N° 10. Porcentaje de nivel de producción

Fuente: Elaboración propia.

- Basándonos en la sectorización y mapeo de las partidas se realizó la planificaciones del lookahead al realizar esta planificación se consideró todas las partidas como criticas de tal manera se logró eliminar las holguras existentes ente todas las actividades por consecuente se logró optimizar el tiempo de ejecución. (ver anexos del XXXII al XL)
- Definidos los sectores de trabajo se logra cuantificar la magnitud de la producción diaria que se debe de ejecutar, en donde debido a la magnitud producción diaria se procede conformar cuadrillas con los rendimientos establecidos en la obra. (ver figuras del capítulo 7 )

## 8.2 Resultados de la investigación

Se ha reducido el plazo de entrega de la obra en 66 días laborales. Logrando reducir el tiempo de entrega en 26 %.

Se cuantifico las cuadrillas de encofrado en los elementos verticales, losas y vigas. Donde se logró optimizar la mano de obra en 24.68%, 63.71% y 43.13% respectivamente.

Al optimizar la mano de obra de las cuadrillas se logra reducir los costos de ejecución, para caso práctico se analizó la partida de encofrado que por optimizar la mano de obra ha generado un ahorro que suma S/. 71 613.97. (Ver tabla 40)

Tabla 40: Porcentaje de ahorro de la mano de obra de la partida de encofrado

Elementos	MO Real S/.	MO SC S/.	Ahorro MO S/.	% de ahorro MO
verticales	8308.59	33663.56	25354.97	24.68%
losas	37278.44	58516.35	21237.9147	63.71%
vigas	18977.42	43998.51	25021.0865	43.13%

Fuente: Elaboración propia.

En costos indirecto se ha ahorrado aproximadamente S/. 50 000 por mes, por haber culminado la obra en un tiempo menor a lo estipulado. Como el tiempo que se logra optimizar es de 66 días laborables que equivale aproximadamente a 3 meses, la optimización del costo directo suma aproximadamente S/. 150 000.

### 8.3 Contrastación de hipótesis

HIPOTESIS 1 (La filosofía Lean Construction optimiza los recursos en la ejecución de un proyecto multifamiliar y mejora el costo beneficio de la obra.)

Al analizar la filosofía lean construction genera plasmar sus principios en una programación a corto y mediano plazo. Teniendo un mayor control de los recursos, estos recursos tendrán otros tipos de control como la programación semanal y diaria. Esto permitirá encontrar razones porque no se está cumpliendo con las metas y reprogramarlos.

Reduciendo el tiempo de entrega en 66 días generando un ahorro en la mano de obra y en los costos indirectos.

HIPOTESIS 2 (Si se sectoriza el proyecto de uso multifamiliar se obtiene una producción homogénea)

Tal como hemos analizado en la sectorización. En las partidas de muros de contención, cimientos, elementos verticales, elementos horizontales, albañilería, revoques, enchapes, pisos de madera, y tableros de piedra se tiene una uniforme sectorización tal y como se refleja en los anexos del VI al XXVI, como resultado de la sectorización se obtiene frentes de trabajo en donde prima la producción continua donde día a día obtenemos una magnitud de avance homogénea.

HIPOTESIS 3 (Si minimizo las restricciones asociadas a los procesos de trabajo, optimizo el nivel de producción.)

Como se puede apreciar en el plan semanal de la semana 6 es cual se encuentra en el capítulo 7 / 7.3 e puede ver que se tiene distintas actividades a ejecutar las cuales tiene sus propias restricciones, es por ello que se realiza un seguimiento a las restricciones que ya fueron ingresadas semanas anteriores para que cuando se tenga que realizar la programación semanal se tenga un conjunto de actividades libre de restricciones y lista para pasar a la siguiente etapa de programación. Para lograr tener mi porcentaje de PPC por encima del 85%.

HIPOTESIS 4 (Ordenando el flujo de procesos se optimiza el tiempo)

De acuerdo a la programación maestra hemos logrado que la obra se realice con 66 días menos. Esto básicamente se concentra en el tren de actividades, sectorización y en volverlo crítico las partidas. El tren de producción del lean tiene la particularidad que todo es crítico. Entonces al tener esta particularidad en sus procesos son constantes, optimizando el tiempo. Esto se puede muy ver fácilmente en la programación maestra,

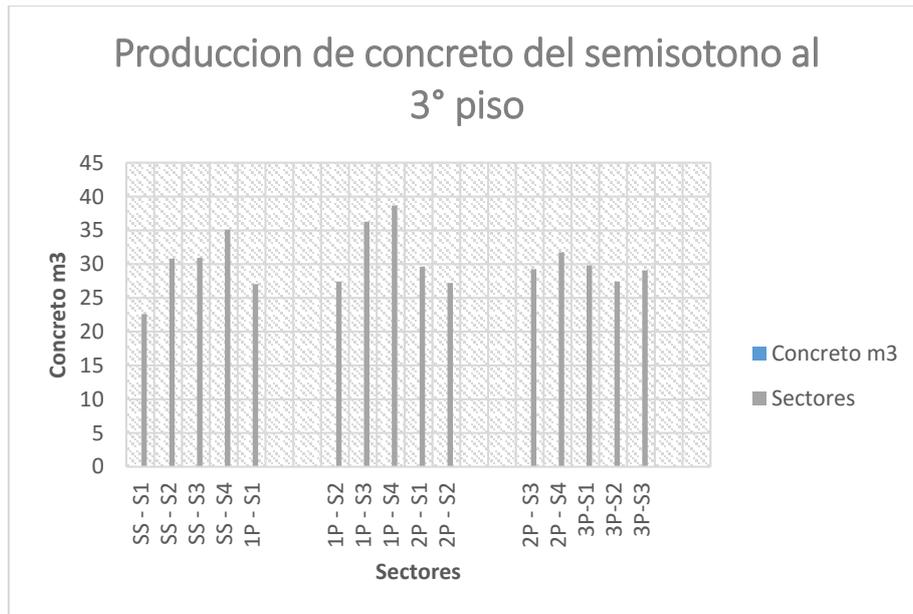
programación mensual, programación semanal y diaria se puede apreciar con los tiempos ganados.

HIPOTESIS 5 (La producción diaria se optimiza estableciendo un análisis de cuadrilla de trabajo)

Se puede apreciar que el análisis de cuadrillas de trabajo nace de la sectorización de los diferentes elementos. En el cual se sectorizar en una producción homogénea para cada sector. Obtenemos la producción diaria que es el reflejo lo que está establecido en el lean en las próximas días por sector. Por lo tanto en el establecimiento de la cuadrilla en función del avance que tengo programado en ese día.

Del presente estudio podemos afirmar que la homogenización de la producción por sectores repercute directamente a la producción diaria, al optimizar frente la continuidad de la ejecución es constante y por lo tanto se requiere la misma cantidad de personal estableciendo una producción diaria definida.

**En la figura N° 11**, expresa la producción continua del vaciado concreto la cual es posible obtener debido a nuestra sectorización y planificación de ejecución.



**Figura N° 11.** Gráfico de producción de concreto del semisótano al 3° piso

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1 Conclusiones

1. Podemos apreciar que al usar los diferentes principios del lean como el tren de actividades y sectorización reduce los tiempo de ejecución de las actividades. Esto hace que incremente la productividad y así mismo los márgenes del proyecto. Como se pudo constatar anteriormente se redujo el plazo de entrega en 66 días (26%) del proyecto. Este ahorro no solamente repercutió en la mano de obra sino también en el presupuesto de obra y en los costos indirectos.
2. De ejecutar la obra con mano de obra subcontratada la aplicación del lean construction se vería reflejada en la reducción del tiempo mas no en la reducción del costo de la mano de obra.
3. Hay una clara diferencia con la mano de obra subcontratada en S/. 71 613.97. De acuerdo a nuestro estudio el subcontratar no es una buena decisión.
4. El uso de last planner nos permite reducir considerablemente los efectos de la variabilidad sobre nuestro proyecto. El sistema de programación lean es dinámico está basado en la filosofía de la gerencia de proyectos considerando los costos y el tiempo. Pero para que este se cumpla de acuerdo a lo establecido se requiere de un equipo de obra este comprometido de cumplir con las metas diarias y la programación este bien revisado. Y una persona a cargo de llevar un control de los PPC y reprogramar la programación. La parte de logística tiene que funcionar a la perfección, uno de los grandes riesgos es tener la parte de logística muy controlada.
5. Estas herramientas no están siendo aplicadas generalmente por empresas medianas y pequeñas. Debido a que no se ha estudiado como repercutiría el uso del lean construction en sus obra, generalmente no lo usan por qué no asocian su reducción de tiempo con la mano de obra y a los costos indirectos. Actualmente muchas empresas lo aplican pero no a todo su esplendor, generalmente este control no se llega a usar en la parte de acabados.

6. Es importante mencionar que la filosofía lean considera a todas las partidas como críticas, sin embargo la planificación lookahead nos detalla un avance por sectores en donde se puede sobre dimensionarse la mano de obra, es decir que la cuadrilla de personal de trabajo designada está ejecutando un porcentaje menor a lo que realmente debería rendir y a la vez cumple con la planificación semanal pero la realidad de esta situación es que podría cumplir a mayor magnitud. En esta situación la aplicación de lean no es la correcta por no estar optimizando la mano de obra.

## **9.2 Recomendaciones**

1. Para el caso específico de la construcción del proyecto y en resumen para proyectos similares sería de mucha importancia la aplicación de 2 herramientas:
  - One Touch Handling: Elimina los desperdicios a causa de inventarios y movimientos innecesarios, transportando el producto directamente hasta su ubicación final. Esto está ligado en gran medida el uso de elementos prefabricados e innovación en procesos constructivos, lo cual aporta notablemente al crecimiento del sector.
  - Líneas de Balance: Planificación acorde a la filosofía lean que debería reemplazar la planificación tradicional con barras (Gant).
2. Usar herramientas más potentes para elaborar el cronograma macro de la obra. Lo que se propone es desarrollar un cronograma general basado en la teoría de líneas de balance
3. Se debería implementar un control de productividad total de la obra como es el caso de los controles IP o ISP que distribuye las horas hombre para todas las fases de la obra.
4. Implementar un control de costos para los proyectos como lo es el resultado operativo en el cual se puede analizar el costo total de la obra como también los ahorros obtenidos por temas de productividad.
5. 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.

6. Las mediciones de una empresa no solo debe ser comparable entre sus obras sino también con obras similares del medio, del país y de los países vecinos, ya que comparando nuestros resultados con los de empresas más grandes es que se obtienen conclusiones para mejorar (Benchmarking).
7. mejorar en gran medida si involucramos a los subcontratistas en la planificación y programación de obra responsabilizando a cada uno de los avances pactados para cada semana y verificando su cumplimiento semana a semana. De esta manera se podría no solo lograr un proyecto más eficiente y mejorar plazos sino que indirectamente se logra que cada contratista sea eficiente en sus actividades, lo cual les genera una rentabilidad mayor beneficiando indudablemente tanto a la empresa constructora como a sus subcontratistas. Decimos esto porque consideramos que es un tema importante que podría ser abordado en otro trabajo futuro.
8. Es importante entrelazar las herramientas de lean construction con un sistema de control presupuestario el cual permita proyectar monetariamente el avance de la obra con la planificación lean, implementando este sistema de control presupuestario se puede tener un control más exacto de las optimizaciones de los recursos y cuando se presente una reprogramación en el informe semanal de producción se aprecie fácilmente el margen de la obra.

## FUENTES DE INFORMACION

### Referencias bibliográficas

- BALLARD H. GLENN (2000). "*Phase Scheduling*". Lean Construction Institute White Paper-7, Abril 2000.
- BALLARD H. GLENN (2000). "*The Last Planner System of Production Control*". Thesis for School of Civil Engineering, University of Birmingham, Inglaterra.
- BALLARD H. GLENN (2009). "*P2SL REPORT: Current Benchmark in Phase Scheduling*". Draft for Comment. Universidad Berkeley de California, EE.UU.
- BARRÍA C. (2009). *Implementacion del Sistema Last Planner en la Construcción de viviendas*. Universidad austral de Chile, Valdivia-Chile.
- GUZMÁN A. (2014). *Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*. Pontificia universidad católica del Perú, Lima.
- HOWELL, G. (1999). "*What is Lean Construction – 1999*". Proc. 7 th Ann. Conf. International Group for Lean Construction, Berkeley, CA, USA, Julio 26-28, 1999.
- IZQUIERDO J., CERF M. y GOMEZ S. (2011). "*Lean Construction education: Basic Management Functions Workshop*". IGLC – 19. Lima – Perú. Julio 2011.
- KOSKELA, LAURI (1992). "*Application of the New Production Philosophy to Construction*". CIFE Technical Report # 72. Universidad de Standford, EE.UU.
- MORILLO T & LOZANO M.(2007). *Estudio de la productividad en una obra de edificación*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Peru
- ORIHUELA P & MIRANDA D. (2012). *Implementación del Sistema Last Planner en una habilitación urbana*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Peru.

- ORIHUELA P., ULLOA K. (2011). “*La Planificación de las Obras y el Sistema LastPlanner*”. Construcción Integral – Boletín Informativo de Aceros Arequipa Edición 12. Abril 2011.
- ORIHUELA P., VASQUEZ J., ORIHUELA J.(2008). “*El Lean Design y el enfoque hacia el cliente*”. IV Congreso Internacional de la Construcción – ICG Diciembre 2008.
- RODRIGUEZ CASTILLEJO, WALTER (2012). *Mejoramiento de la productividad en la construcción de obras con Lean Construcción, trenchless, CYCLONE, EZStrobe, BIM*
- VASQUEZ J. (2006). *El lean design y su aplicación a los proyectos de edificación*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima- Perú.
- WOMACK, J.P., JONES D.T., y ROSS, D. (1990). “*The Machine That Changed The World: The Story Of Lean Production*” New York.
- YOZA A., FLORES D. (2011). “*Impact of The Last Planner System Method on Sanitation Works*”. IGLC – 19. Lima – Perú. Julio 2011

## **Referencias electrónicas**

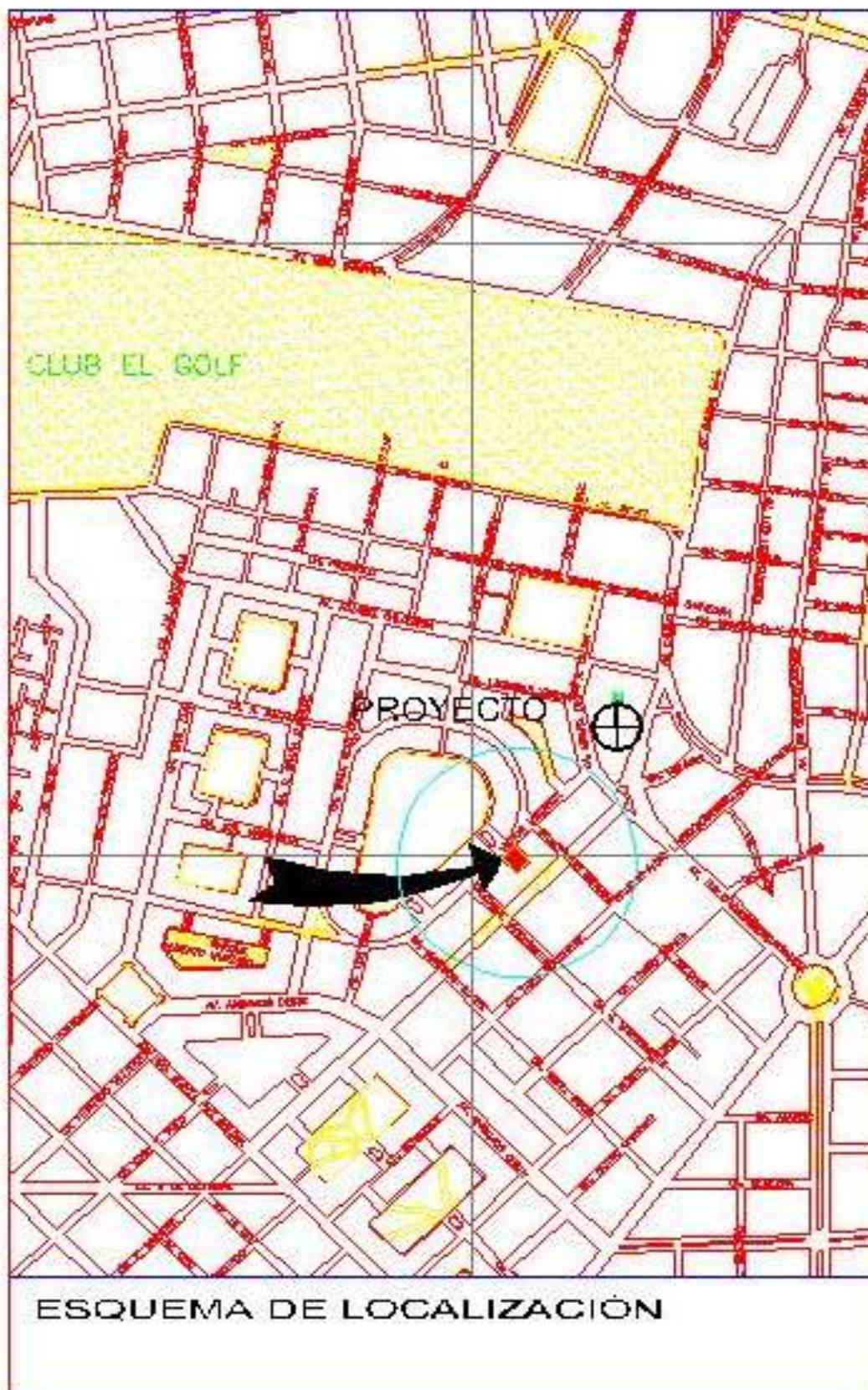
Congreso Nacional Lean Construction (22 de Abril del 2015). Planificación y control de producción. Recuperado de <http://cnlc.pe/>

Sapinsh Group for Lean construction (2011). Curso de taller del Sistema el último planificador. Recuperado de <http://www.leanconstruction.es/>

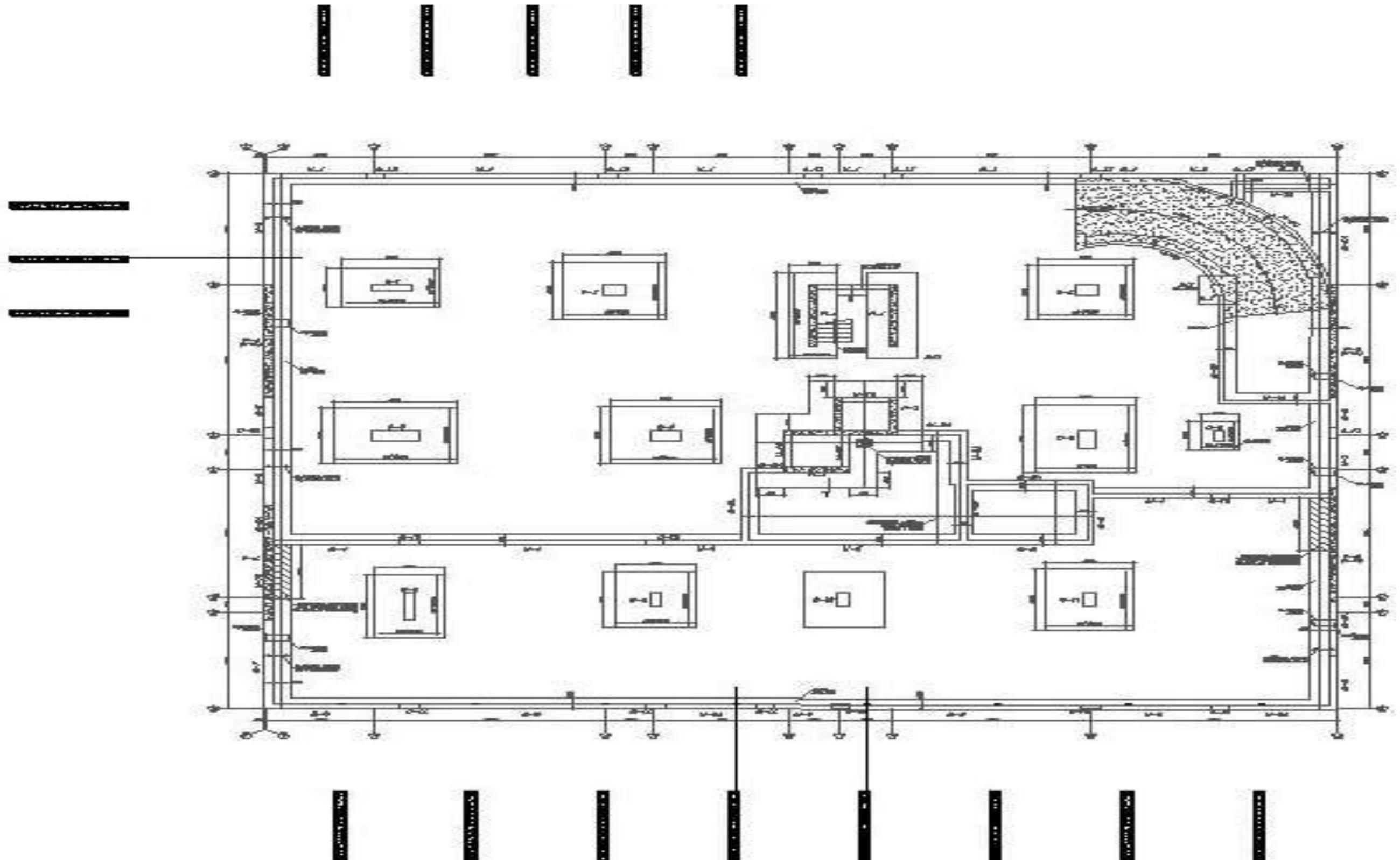
Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2014). Indicadores demográficos del departamento de Lima. Recuperado de <http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/np102013.pdf>

## ANEXOS

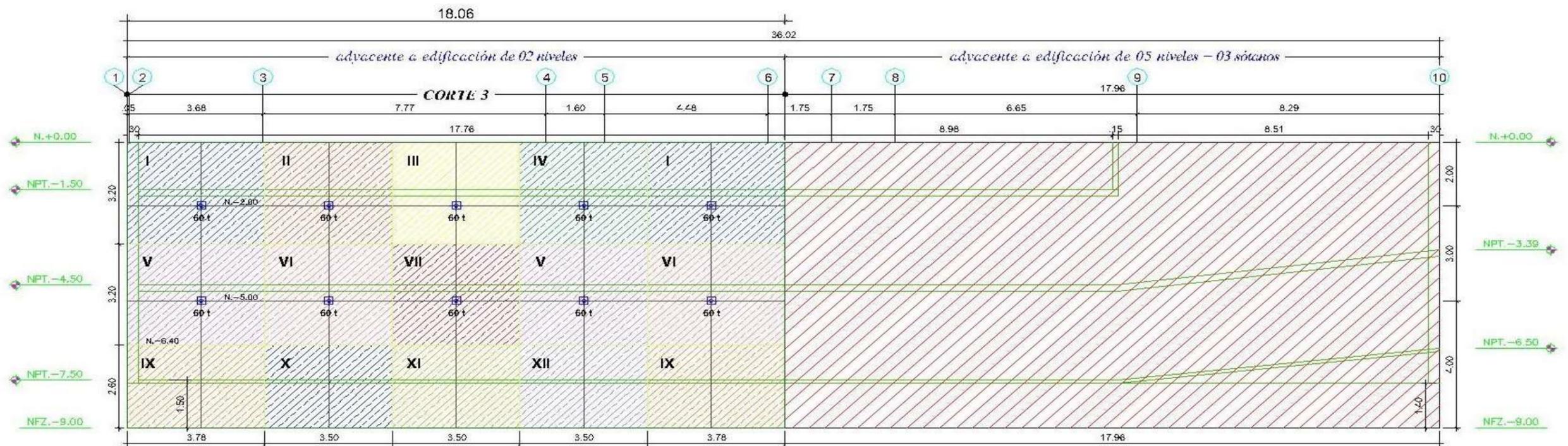
### Anexo I: Esquema de localización



Anexo II: Plano de cimentación



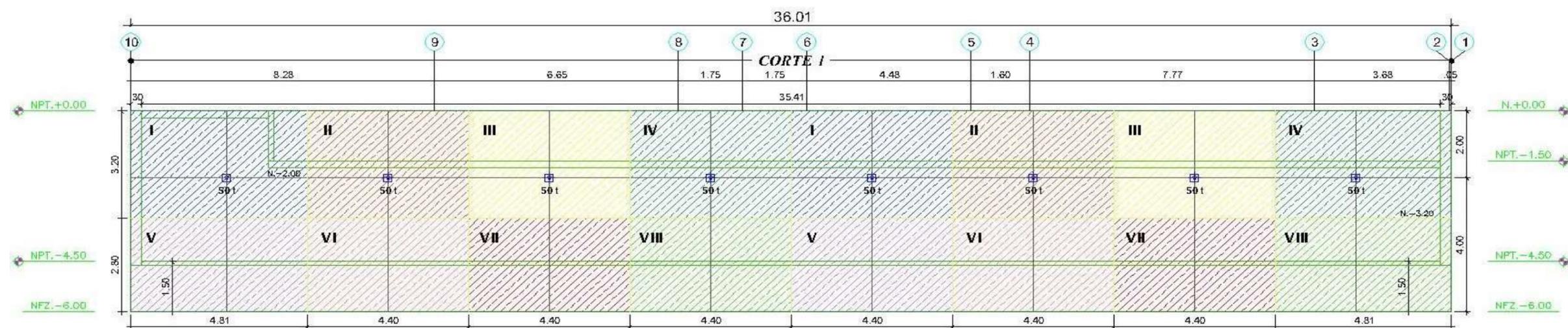
Anexo III: Esquema de sectorización en el eje A



**MURO EJE A-A**  
 Área a Estabilizar = 162.54 m<sup>2</sup>

<b>I</b>	PAÑO INICIAL
<b>II</b>	DESPUÉS DE TENSADO I
<b>III</b>	DESPUÉS DE TENSADO II
<b>IV</b>	DESPUÉS DE TENSADO III
<b>V</b>	DESPUÉS DE TENSADO IV
<b>VI</b>	DESPUÉS DE TENSADO V
<b>VII</b>	DESPUÉS DE TENSADO VI
<b>VIII</b>	DESPUÉS DE TENSADO VII
<b>IX</b>	DESPUÉS DE TENSADO VIII
<b>X</b>	DESPUÉS DE TENSADO IX
<b>XI</b>	DESPUÉS DE TENSADO X
<b>XII</b>	DESPUÉS DE TENSADO XI

Anexo IV: Esquema de sectorización en el eje G

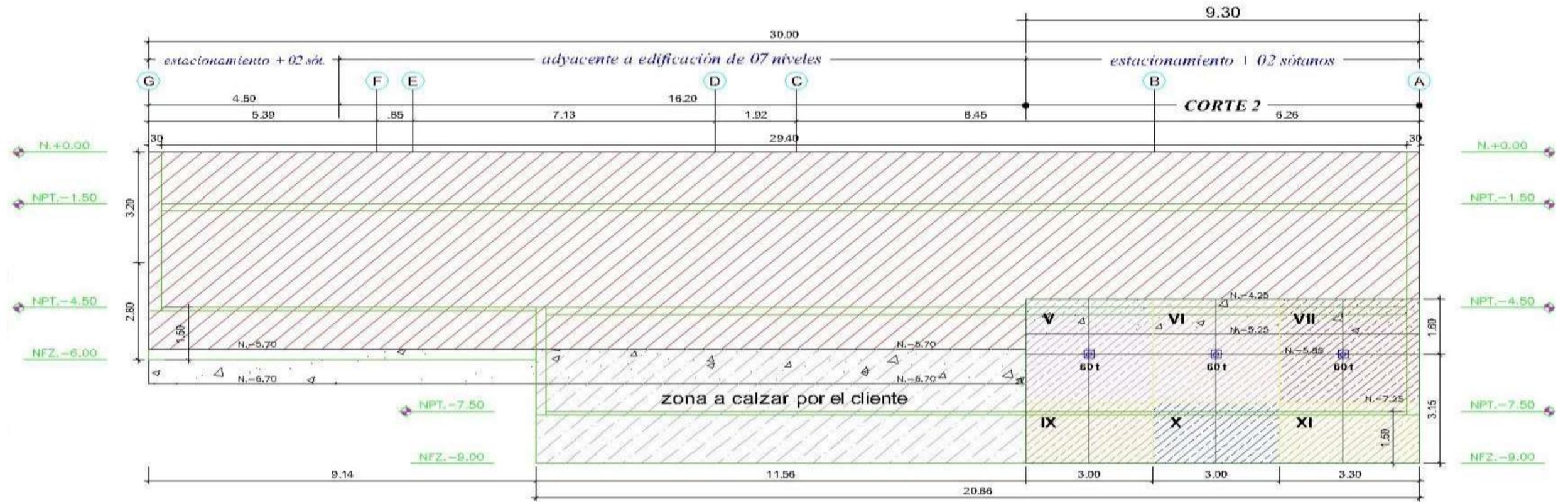


MURO EJE G-G (// Calle Victor Maúrtua)

Área a Estabilizar = 216.06 m<sup>2</sup>

<b>I</b>	<b>PAÑO INICIAL</b>
<b>II</b>	<b>DESPUÉS DE TENSADO I</b>
<b>III</b>	<b>DESPUÉS DE TENSADO II</b>
<b>IV</b>	<b>DESPUÉS DE TENSADO III</b>
<b>V</b>	<b>DESPUÉS DE TENSADO IV</b>
<b>VI</b>	<b>DESPUÉS DE TENSADO V</b>
<b>VII</b>	<b>DESPUÉS DE TENSADO VI</b>
<b>VIII</b>	<b>DESPUÉS DE TENSADO VII</b>

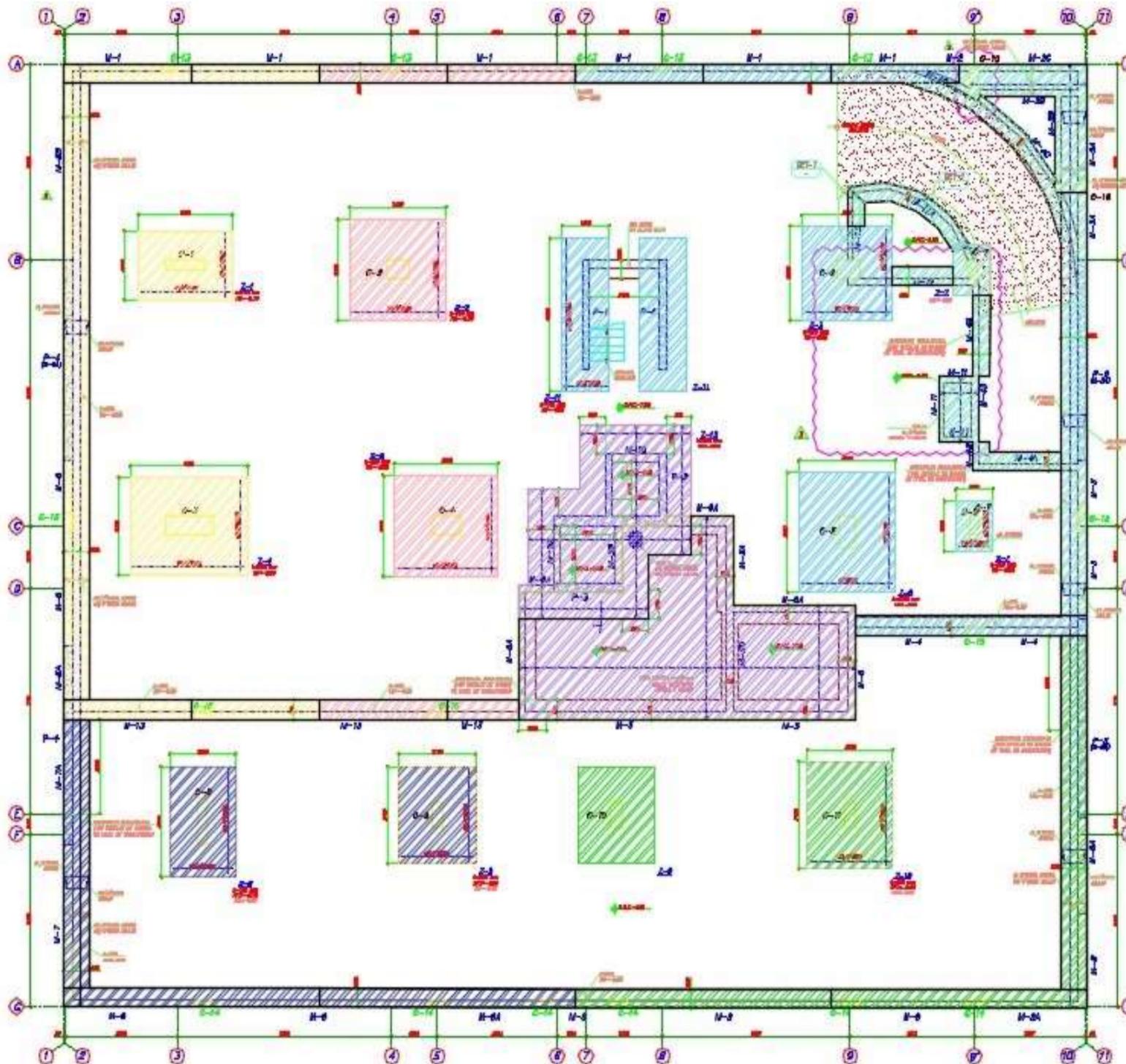
Anexo V: Esquema de sectorización en el eje G



**MURO EJE 1-1**  
Área a Estabilizar = 44.18 m<sup>2</sup>

<b>V</b>	DESPUÉS DE TENSADO IV
<b>VI</b>	DESPUÉS DE TENSADO V
<b>VII</b>	DESPUÉS DE TENSADO VI
<b>VIII</b>	DESPUÉS DE TENSADO VII
<b>IX</b>	DESPUÉS DE TENSADO VIII
<b>X</b>	DESPUÉS DE TENSADO IX
<b>XI</b>	DESPUÉS DE TENSADO X

Anexo VI: Esquema de mapeo de cimentaciones



SECTOR 1

SECTOR 2

SECTOR 3

SECTOR 4

SECTOR 5

SECTOR 6

SECTOR 7

Anexo VII: Tabla de distribución de cimentaciones según mapeo.

## Tabla de distribución de cimentaciones según mapeo

Sectorización de cimentaciones Edificio Mauritua III		Sector 1				Sector 2				Sector 3				Sector 4				Sector 5				Sector 6				Sector 7				
ELEMENTO	Nomenclatura	Exc.	Enc / des	Conc.	Acero	Exc.	Enc / des	Conc.	Acero	Exc.	Enc / des	Conc.	Acero	Exc.	Enc / des	Conc.	Acero	Exc.	Enc / des	Conc.	Acero	Exc.	Enc / des	Conc.	Acero	Exc.	Enc / des	Conc.	Acero	
		m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Kg	
ZAPATA 1	Z-1	4.11	7.70	5.08	164.19																									
ZAPATA 2	Z-2					0.00	11.88	9.79	327.02																					
ZAPATA 3	Z-3													9.60	9.92	7.68	279.56													
ZAPATA 4	Z-4	2.42	11.60	10.29	376.52																									
ZAPATA 5	Z-5					2.12	12.33	10.51	346.35																					
ZAPATA 6	Z-6												16.15	14.40	12.92	528.03														
ZAPATA 7	Z-7																	1.18	3.47	1.24	30.90									
ZAPATA 7	Z-7																	0.00	3.47	1.24	30.90									
ZAPATA 8	Z-8																					0.00	8.12	5.64	178.31					
ZAPATA 9	Z-9																					11.90	9.28	6.70	241.03					
ZAPATA 9	Z-9																								0.00	9.28	6.70	241.03		
ZAPATA 10	Z-10																								0.00	11.52	9.18	295.04		
ZAPATA 11	Z-11													0.00	9.10	5.60	180.35													
ZAPATA 11	Z-11													0.00	9.10	5.60	180.35													
ZAPATA 12	Z-12					0.00	19.59	23.17	672.89																					
FALSA ZAPATA FZ8	FZ-8																					5.21	12.76	8.86	0.00					
FALSA ZAPATA FZ9	FZ-9																					0.00	11.60	8.37	0.00					
FALSA ZAPATA FZ9	FZ-9																								0.00	11.60	8.37	0.00		
FALSA ZAPATA FZ10	FZ-10																								0.00	10.24	6.70	0.00		
CIMIENTO DE LOS MUROS M-1, M-6, M-6A, M-6B, M-13	CM - M1, CM - M6, CM - M6A CM - M6B, CM - M13	21.26	3.52	17.01	510.48																									
CIMIENTO DE LOS MUROS M-1, M-13	CM - M1, CM - M13					7.19	9.59	5.75	0.00																					
CIMIENTO DE LOS MUROS M-5, M-5A, M-5B, M-5C, M-10	CM-M5, CM-M5A, CM-M5B CM-M5C									0.00	8.87	8.87	315.22																	
CIMIENTO DE LOS MUROS M-1	CM - M1, CM - M4													9.88	11.32	7.90	0.00													
CIMIENTO DE LOS MUROS M-1, M-2, M-2A, M-2B, M-2C M-3, M-3A, M-4A, M-4B, M-4C M-4D, M-11, M-12, M-12A	CM-M2, CM-M2A CM-M2B, CM-M2C, CM-M3 CM-M3A, CM-M4A, CM-M4B CM-M4C, CM-M4D, CM-M11 CM-M12, CM-M12A																	38.20	84.06	30.56	501.81									
CIMIENTO DE LOS MUROS M-7, M-7A, M-9	CM-M7, CM-M7A, CM-M9																					9.80	9.99	7.84	235.04					
CIMIENTO DE LOS MUROS M-9, M-9A	CM-M9, CM-M9A																					4.05	5.40	3.24	0.00					
CIMIENTO DE LOS MUROS M-9	CM-M9																								4.05	5.40	3.24	0.00		
CIMIENTO DE LOS MUROS M-9, M-9A, M-8 M-8A, M-8B	CM-M9, CM-M9A, CM-M8 CM-M8A, CM-M8B																								11.59	18.98	9.27	181.44		
Metraje de cada sector		27.80	22.82	32.38	1051.19	9.31	33.80	26.06	673.37	0.00	28.46	32.04	988.11	35.63	53.84	39.71	1168.29	39.38	91.01	33.05	563.61	26.91	51.75	37.39	654.38	0.00	42.64	30.94	536.07	

Anexo VIII: Tabla de distribución de elementos verticales en sótano 2 según mapeo.

Tabla de distribución de elementos verticales en sótano 2 según mapeo													
ELEMENTOS VERTICALES SOTANO 2		SECTOR 1			SECTOR 2			SECTOR 3			SECTOR 4		
Elementos	Nomenclatura	CON.	ENC.	ACERO									
		m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	Kg									
COLUMNA 1	C-1	1	10	338									
COLUMNA 2	C-2				1	8	419						
COLUMNA 3	C-3	3	13	635									
COLUMNA 4	C-4				2	10	525						
COLUMNA 2	C-2										1	11	419
COLUMNA 5	C-5										2	9	610
COLUMNA 6	C-6										1	5	147
COLUMNA 7	C-7										1	7	148
PLACA 1	P-1							3	23	638			
PLACA 1	P-1							3	23	638			
PLACA 2	P-2							9	65	1399			
PLACA 3	P-3							3	20	435			
PLACA 4	P-4 (M-6A)	6	20	748									
PLACA 5	P-5 (M-3A)										6	20	748
PLACA 4	P-4 (M-6A)	2	8	224									
SUB-TOTALES		12	51	1946	3	18	944	17	132	3108	11	54	2072

Anexo IX: Tabla de distribución de elementos verticales en sótano 1 según mapeo.

Tabla de distribución de elementos verticales en sotano 1 según mapeo													
ELEMENTOS VERTICALES SOTANO 1		SECTOR 1			SECTOR 2			SECTOR 3			SECTOR 4		
Elementos	Nomenclatura	CON.	ENC.	ACERO									
		m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	Kg									
COLUMNA 1	C-1	1	8	466									
COLUMNA 2	C-2				1	7	310						
COLUMNA 3	C-3	2	11	472									
COLUMNA 4	C-4				2	10	386						
COLUMNA 2	C-2										1	7	310
COLUMNA 5	C-5										1	7	441
COLUMNA 6	C-6										0	4	90
COLUMNA 7	C-7										0	5	90
COLUMNA 8	C-8	1	11	416									
COLUMNA 9	C-9				1	7	347						
COLUMNA 10	C-10							1	7	348			
COLUMNA 11	C-11										1	7	436
PLACA 1	P-1							2	18	400			
PLACA 1	P-1							2	18	400			
PLACA 2	P-2							5	40	846			
PLACA 3	P-3							2	12	264			
PLACA 4	P-4 (M-6A)	5	20	545									
PLACA 5	P-5 (M-3A)										5	20	545
PLACA 5	P-5 (M-8B)										6	20	545
PLACA 4	P-4 (M-6A)	5	17	545									
SUB-TOTALES		15	67	2445	4	23	1043	12	96	2258	15	70	2456

Anexo X: Tabla de distribución de elementos verticales en semisótano según mapeo.

Tabla de distribución de elementos verticales en semisótano según mapeo													
ELEMENTOS VERTICALES DE SEMISOTANO		SECTOR 1			SECTOR 2			SECTOR 3			SECTOR 4		
Elementos	Nomenclatura	CON.	ENC.	ACERO									
		m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	Kg									
COLUMNA 1	C-1	1	8	338									
COLUMNA 2	C-2				1	7	310						
COLUMNA 3	C-3	2	13	472									
COLUMNA 4	C-4				2	10	386						
COLUMNA 2	C-2										1	7	310
COLUMNA 5	C-5										1	7	441
COLUMNA 8	C-8	1	9	301									
COLUMNA 9	C-9				1	8	263						
COLUMNA 10	C-10							1	6	247			
COLUMNA 11	C-11										1	9	336
PLACA 1	P-1							2	18	400			
PLACA 1	P-1							2	18	400			
PLACA 2	P-2							5	40	910			
PLACA 3	P-3							2	12	281			
PLACA 4	P-4 (M-6A)	4	17	569									
PLACA 5	P-5 (M-3A)										4	17	569
PLACA 5	P-5 (M-8B)										4	17	569
PLACA 4	P-4 (M-6A)	4	17	569									
SUB-TOTALES		13	65	2251	4	25	959	12	95	2239	12	57	2225

Anexo XI: Tabla de distribución de elementos verticales en 1° piso según mapeo.

Tabla de distribución de elementos verticales en 1° piso según mapeo													
ELEMENTOS VERTICALES DE 1° PISO		SECTOR 1			SECTOR 2			SECTOR 3			SECTOR 4		
Elementos	Nomenclatura	CON.	ENC.	ACERO									
		m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	Kg									
COLUMNA 1	C-1	1	8	338									
COLUMNA 2	C-2				1	7	310						
COLUMNA 3	C-3	2	13	218									
COLUMNA 4	C-4				2	10	386						
COLUMNA 2	C-2										1	7	310
COLUMNA 5	C-5										1	7	376
COLUMNA 8	C-8	1	9	301									
COLUMNA 9	C-9				1	8	335						
COLUMNA 10	C-10							1	6	248			
COLUMNA 11	C-11										1	9	378
PLACA 1	P-1							2	18	400			
PLACA 1	P-1							2	18	400			
PLACA 2	P-2							5	40	910			
PLACA 3	P-3							2	12	281			
PLACA 4	P-4 (M-6A)	4	17	569									
PLACA 5	P-5 (M-3A)										4	17	569
PLACA 5	P-5 (M-8B)										4	17	569
PLACA 4	P-4 (M-6A)	4	17	569									
SUB-TOTALES		13	65	1996	4	25	1031	12	95	2240	12	57	2203

Anexo XII: Tabla de distribución de elementos verticales en 2° piso según mapeo.

Tabla de distribución de elementos verticales en 2° piso según mapeo													
ELEMENTOS VERTICALES DE 2° PISO		SECTOR 1			SECTOR 2			SECTOR 3			SECTOR 4		
Elementos	Nomenclatura	CON.	ENC.	ACERO									
		m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	Kg									
COLUMNA 1	C-1	1	8	232									
COLUMNA 2	C-2				1	7	310						
COLUMNA 3	C-3	2	13	218									
COLUMNA 4	C-4				2	10	386						
COLUMNA 2	C-2										1	7	310
COLUMNA 5	C-5										1	7	376
COLUMNA 8	C-8	1	9	344									
COLUMNA 9	C-9				1	8	335						
COLUMNA 10	C-10							1	6	335			
COLUMNA 11	C-11										1	9	378
PLACA 1	P-1							2	18	449			
PLACA 1	P-1							2	18	449			
PLACA 2	P-2							5	40	910			
PLACA 3	P-3							2	12	281			
PLACA 4	P-4 (M-6A)	4	17	569									
PLACA 5	P-5 (M-3A)										4	17	569
PLACA 5	P-5 (M-8B)										4	17	569
PLACA 4	P-4 (M-6A)	4	17	569									
SUB-TOTALES		13	65	1932	4	25	1031	12	95	2424	12	57	2203

Anexo XIII: Tabla de distribución de elementos verticales en 3° piso según mapeo.

Tabla de distribución de elementos verticales en 3° piso según mapeo													
ELEMENTOS VERTICALES DE 3° PISO		SECTOR 1			SECTOR 2			SECTOR 3			SECTOR 4		
Elementos	Nomenclatura	CON.	ENC.	ACERO									
		m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	Kg									
COLUMNA 1	C-1	1	8	284									
COLUMNA 2	C-2				1	7	310						
COLUMNA 3	C-3	2	13	218									
COLUMNA 4	C-4				2	10	386						
COLUMNA 2	C-2										1	7	310
COLUMNA 5	C-5										1	7	305
COLUMNA 8	C-8	1	9	344									
COLUMNA 9	C-9				1	8	335						
COLUMNA 10	C-10							1	6	335			
COLUMNA 11	C-11										1	9	335
PLACA 1	P-1							2	18	447			
PLACA 1	P-1							2	18	447			
PLACA 2	P-2							5	40	663			
PLACA 3	P-3							2	12	229			
PLACA 4	P-4 (M-6A)	4	17	308									
PLACA 5	P-5 (M-3A)										4	17	308
PLACA 5	P-5 (M-8B)										4	17	308
PLACA 4	P-4 (M-6A)	4	17	308									
SUB-TOTALES		13	65	1461	4	25	1031	12	95	2122	12	57	1565

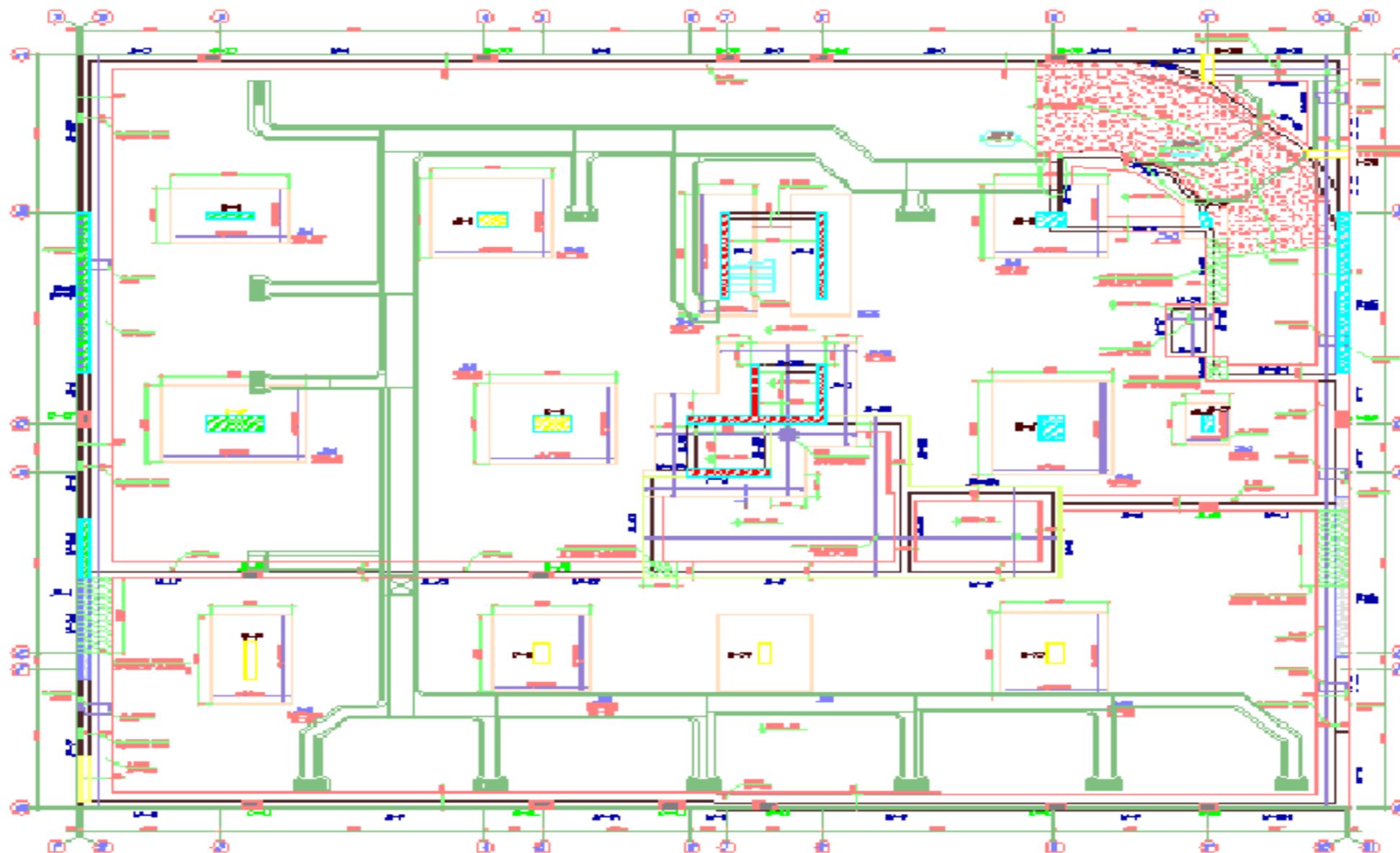
Anexo XIV: Tabla de distribución de elementos verticales en 4° piso según mapeo.

Tabla de distribución de elementos verticales en 4° piso según mapeo													
ELEMENTOS VERTICALES DE 4° PISO		SECTOR 1			SECTOR 2			SECTOR 3			SECTOR 4		
Elementos	Nomenclatura	CON.	ENC.	ACERO									
		m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	Kg									
COLUMNA 1	C-1	1	8	284									
COLUMNA 2	C-2				1	7	310						
COLUMNA 3	C-3	2	13	218									
COLUMNA 4	C-4				2	10	386						
COLUMNA 2	C-2										1	7	310
COLUMNA 5	C-5										1	7	305
COLUMNA 8	C-8	1	9	344									
COLUMNA 9	C-9				1	8	335						
COLUMNA 10	C-10							1	6	335			
COLUMNA 11	C-11										1	9	335
PLACA 1	P-1							2	18	447			
PLACA 1	P-1							2	18	447			
PLACA 2	P-2							5	40	663			
PLACA 3	P-3							2	12	191			
PLACA 4	P-4 (M-6A)	4	17	308									
PLACA 5	P-5 (M-3A)										4	17	308
PLACA 5	P-5 (M-8B)										4	17	308
PLACA 4	P-4 (M-6A)	4	17	308									
SUB-TOTALES		13	65	1461	4	25	1031	12	95	2083	12	57	1565

Anexo XV: Tabla de distribución de elementos verticales en 5° piso según mapeo.

Tabla de distribución de elementos verticales en 5° piso según mapeo													
ELEMENTOS VERTICALES DE 5° PISO		SECTOR 1			SECTOR 2			SECTOR 3			SECTOR 4		
Elementos	Nomenclatura	CON.	ENC.	ACERO									
		m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	Kg									
COLUMNA 1	C-1	1	8	284									
COLUMNA 2	C-2				1	7	250						
COLUMNA 3	C-3	2	13	173									
COLUMNA 4	C-4				2	10	309						
COLUMNA 2	C-2										1	7	250
COLUMNA 5	C-5										1	7	246
COLUMNA 8	C-8	1	9	278									
COLUMNA 9	C-9				1	8	269						
COLUMNA 10	C-10							1	6	269			
COLUMNA 11	C-11										1	9	269
PLACA 1	P-1							2	18	321			
PLACA 1	P-1							2	18	321			
PLACA 2	P-2							5	40	540			
PLACA 3	P-3							2	12	191			
PLACA 4	P-4 (M-6A)	4	17	235									
PLACA 5	P-5 (M-3A)										4	17	235
PLACA 5	P-5 (M-8B)										4	17	235
PLACA 4	P-4 (M-6A)	4	17	235									
SUB-TOTALES		13	65	1204	4	25	829	12	95	1642	12	57	1235

Anexo XVI: Esquema de mapeo de elementos verticales en el sótano 2



**Sectorizacion de elementos verticales sotano 2**

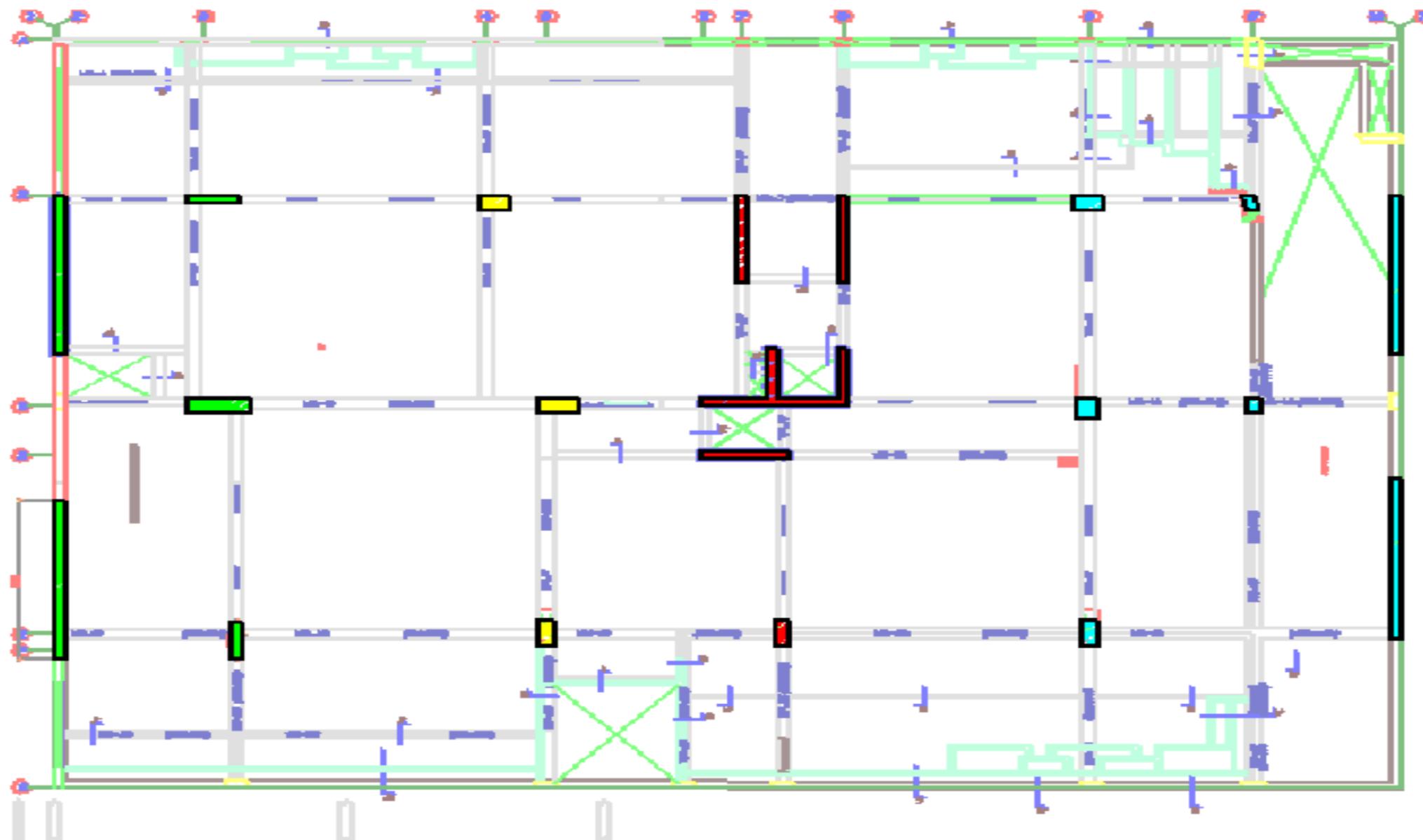
Sector 1

Sector 2

Sector 3

Sector 4

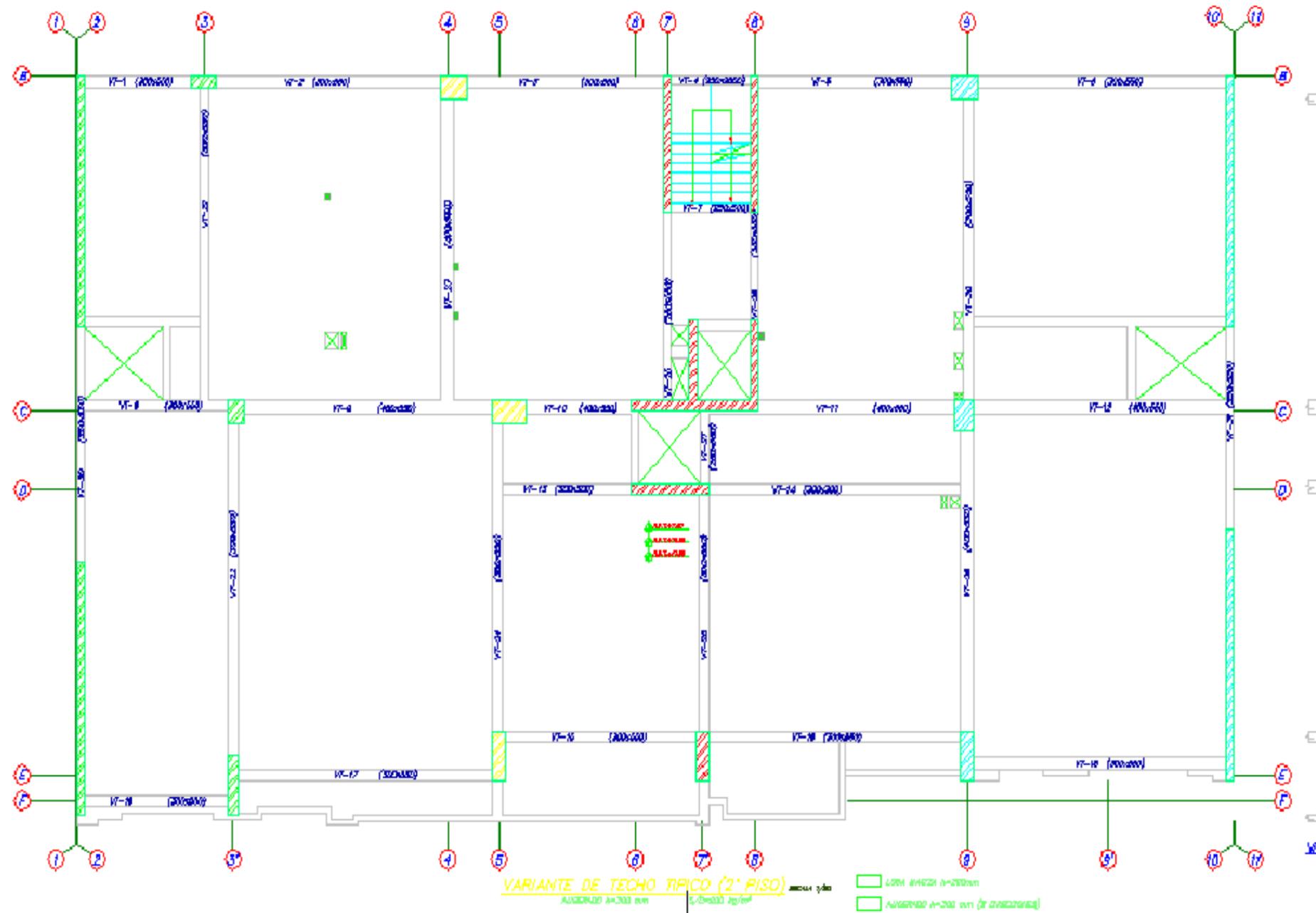
Anexo XVII: Esquema de mapeo de elementos verticales en el sótano 1



Sectorizacion de elementos verticales sotano 1



Anexo XVIII: Esquema de mapeo de elementos verticales de semisótano al 5° piso.



Sectorización de elementos verticales de semisótano a 5°to piso



Anexo XIX: Tabla de distribución por niveles y departamentos de asentado de muros

Asentado de muros													
Niveles	Tipo	Área común m <sup>2</sup>	DS-01 m <sup>2</sup>	S-02 m <sup>2</sup>	F-101 m <sup>2</sup>	F-201 m <sup>2</sup>	F-202 m <sup>2</sup>	F-301 m <sup>2</sup>	F-302 m <sup>2</sup>	F-401 m <sup>2</sup>	F-402 m <sup>2</sup>	F-501 m <sup>2</sup>	F-502 m <sup>2</sup>
Sótano 2	Soga	191.05											
	Cabeza	15.17											
Sótano 1	Soga	92.93											
	Cabeza	2.38											
Semisótano	Soga	2.2	404.02	447.18									
	Cabeza	8.09	10.72	63.36									
Piso 1	Soga	10.73	389.06		425.96								
	Cabeza	9.93	0		35.61								
Piso 2	Soga	2.2				402.96	303.65						
	Cabeza	9.93				30.79	14.93						
Piso 3	Soga	2.2						402.96	303.65				
	Cabeza	9.93						30.79	14.93				
Piso 4	Soga	2.2								369.81	303.65		
	Cabeza	9.93								32.34	14.93		
Piso 5	Soga	2.2										402.96	303.65
	Cabeza	9.93										30.79	14.93

Anexo XX: Tabla de distribución por niveles y departamentos de cielo raso.

tarrajeo de cielo raso según mapeo												
Niveles	Area comun m <sup>2</sup>	DS-01 m <sup>2</sup>	S-02 m <sup>2</sup>	F-101 m <sup>2</sup>	F-201 m <sup>2</sup>	F-202 m <sup>2</sup>	F-301 m <sup>2</sup>	F-302 m <sup>2</sup>	F-401 m <sup>2</sup>	F-402 m <sup>2</sup>	F-501 m <sup>2</sup>	F-502 m <sup>2</sup>
Sotano 2	607.49											
Sotano 1	888.89											
Semisotano	75.87	225.53	166.13									
Piso 1	76.48	306.21		170.83								
Piso 2	23.62				306.21	247.22						
Piso 3	23.62						306.21	247.22				
Piso 4	23.62								306.21	247.22		
Piso 5	23.62										299.68	241.94

Anexo XXI: Tabla de distribución por niveles y departamentos de tarrajeo de vigas.

Tarrajeo de vigas según mapeo												
Niveles	Area comun m <sup>2</sup>	DS-01 m <sup>2</sup>	S-02 m <sup>2</sup>	F-101 m <sup>2</sup>	F-201 m <sup>2</sup>	F-202 m <sup>2</sup>	F-301 m <sup>2</sup>	F-302 m <sup>2</sup>	F-401 m <sup>2</sup>	F-402 m <sup>2</sup>	F-501 m <sup>2</sup>	F-502 m <sup>2</sup>
Sotano 2	135.93											
Sotano 1	295.16											
Semisotano	32.200	111.285	89.845									
Piso 1	35.460	114.38		63.81								
Piso 2	13.082				109.83	88.82						
Piso 3	13.082						109.83	88.82				
Piso 4	13.082								109.83	88.82		
Piso 5	13.131										110.02	88.58

Anexo XXII: Tabla de distribución por niveles y departamentos de Tarrajeo de muros interiores.

Tarrajeo de muros interiores												
Niveles	Area comun m <sup>2</sup>	DS-01 m <sup>2</sup>	S-02 m <sup>2</sup>	F-101 m <sup>2</sup>	F-201 m <sup>2</sup>	F-202 m <sup>2</sup>	F-301 m <sup>2</sup>	F-302 m <sup>2</sup>	F-401 m <sup>2</sup>	F-402 m <sup>2</sup>	F-501 m <sup>2</sup>	F-502 m <sup>2</sup>
Sotano 2	412.43											
Sotano 1	184.68											
Semisotano	20.580	440.250	640.810									
Piso 1	41.320	724.10		860.90								
Piso 2	24.270				780.12	621.91						
Piso 3	24.270						780.12	621.91				
Piso 4	24.270								740.16	621.91		
Piso 5	24.270										780.12	621.91

Anexo XXIII: Tabla de distribución por niveles y departamentos de contra pisos.

Vaciado de contrapiso según mapeo												
Niveles	Area comun m <sup>2</sup>	DS-01 m <sup>2</sup>	S-02 m <sup>2</sup>	F-101 m <sup>2</sup>	F-201 m <sup>2</sup>	F-202 m <sup>2</sup>	F-301 m <sup>2</sup>	F-302 m <sup>2</sup>	F-401 m <sup>2</sup>	F-402 m <sup>2</sup>	F-501 m <sup>2</sup>	F-502 m <sup>2</sup>
Sotano 2	80.86											
Sotano 1	59.76											
Semisotano	14.39	402.17	278.73									
Piso 1	95.09	204.50		243.39								
Piso 2	14.42				318.75	250.01						
Piso 3	14.42						318.75	250.01				
Piso 4	14.39								315.49	249.89		
Piso 5	14.42										318.75	250.10

Anexo XXIV: Tabla de distribución por niveles y departamentos de derrames de muros.

Tabla de derrame de muros												
Niveles	Area comun m <sup>2</sup>	DS-01 m <sup>2</sup>	S-02 m <sup>2</sup>	F-101 m <sup>2</sup>	F-201 m <sup>2</sup>	F-202 m <sup>2</sup>	F-301 m <sup>2</sup>	F-302 m <sup>2</sup>	F-401 m <sup>2</sup>	F-402 m <sup>2</sup>	F-501 m <sup>2</sup>	F-502 m <sup>2</sup>
Sotano 2	116.94											
Sotano 1	59.44											
Semisotano		108.40	125.14									
Piso 1		132.34		168.58								
Piso 2					179.40	160.94						
Piso 3							179.40	160.94				
Piso 4									177.54	160.94		
Piso 5											179.40	160.94

Anexo XXV: Tabla de distribución de enchapes

Enchapes en departamentos

Dpto.	Terraza	Cocina	Lavanderia	Dorm. Serv	Baño Prin.			Baño Fam. 1		Baño Fam. 2		Baño Fam. 3		Baño de serv.		Baño de visitas	patio	poza
	Piso + contrazocalo	Piso + Contrazocalo	Piso + Contrazocalo	Piso + Contrazocalo	Piso	Pared	Pared	Piso	Pared	Piso	Pared	Piso	Pared	Piso	Pared	pared		
DS-01	129.25	46.96	15.14	16.21	11.50	23.80	7.29	4.87	19.54	5.12	25.32	8.32	31.47	4.33	23.71		22.23	6.60
S-02	76.89	42.14	24.54		6.93	16.25	24.36	5.55	15.28	4.59	15.39			3.18	10.58			5.98
F-101	18.39	27.02	11.72	6.48	8.72	30.91		4.54	20.09	4.40	20.99			3.11	19.05			6.66
F-201	19.29	29.92	12.42	5.65	9.17	30.25		4.08	18.76	4.20	18.75	4.38	20.77	3.12	19.08			6.42
F-202	13.17	26.83	11.72	6.48	7.91	25.02		6.09	21.00	4.65	20.86			3.11	19.05			6.66
F-301	19.05	31.18	12.53	6.66	9.25	23.86		4.08	17.89	4.56	18.77	4.38	20.16	3.12	19.01			6.39
F-302	14.29	28.73	11.63	7.58	9.16		27.25	4.56	18.47	5.45	17.98			3.11	18.98			7.02
F-401	18.50	30.92	11.79	6.37	7.64	30.08		4.08	17.47	4.02	17.23	4.36	19.03	2.94	18.21			6.30
F-402	14.03	25.94	11.72	7.58	9.54		24.27	5.83	23.32	4.65	19.91			3.12	18.98	15.50		6.64
F-501	20.05	29.91	12.77	5.66	9.16	30.95		4.09	18.66	4.20	17.87	4.38	20.78	3.12	19.08			6.38
F-502	13.78	25.94	11.72	7.22	9.26		26.01	5.25	21.27	4.65	21.14			3.11	18.98			6.66

Anexo XXVI: Distribución de pisos y contra zócalos de madera

Piso Madera (Flotante) Acabado Barniz BONA Formato 140 mm x 1.80 a 3.00 m E=19 mm			Contrazócalo de Madera		
DS01	Hall de ingreso, Sala comedor, Baño de visitas, Estudio, Dorm. Prin., Dorm. Fam. 1, Dorm. Fam. 2, Dorm. Fam. 3, Estar	Madera <b>Pumaquiro</b> Machihembrado 140mm x 1.80 a 3.00mt (espesor 19mm)	335.58	Pumaquiro	227.13
F502	Vestibulo - Sala - Comedor, Baño de visitas, Dorm. Principal Dorm. Fam. 01, Dorm. Fam. 02, Estar, Pasadizos	Madera <b>Shihuahuaco</b> Machihembrado 140mm x 1.80 a 3.00mt (espesor 19mm)	174.67	Shihuahuaco	92.17
F101	Recibo, Sala-Comedor, Pasillos, Sala de Estar y Dormitorios	Madera Pumaquiro Machihembrado 140mm x 1.80 a 3.00mt (espesor 19mm)	156.43	Pumaquiro	112.55
F201	Recibo, Sala-Comedor, Pasillos, Sala de Estar y Dormitorios	Madera Pumaquiro Machihembrado 140mm x 1.80 a 3.00mt (espesor 19mm)	225.30	Pumaquiro	174.01
F202	Recibo, Sala-Comedor, Pasillos, Sala de Estar y Dormitorios	Madera Pumaquiro Machihembrado 140mm x 1.80 a 3.00mt (espesor 19mm)	169.07	Pumaquiro	121.68
F301	Vestibulo - Sala - comedor, Baño de visitas, Dorm. Principal, Dorm. Fam. 01, Dorm. Fam. 02, Dorm. Fam. 03, Estar, Pasadizos	Madera <b>Pumaquiro</b> Machihembrado 140mm x 1.80 a 3.00mt (espesor 19mm)	224.46	Pumaquiro Trapezoidal sin rodón H: 0.12m	167.43
F302	Vestibulo - Sala - comedor, Baño de visitas, dorm. Principal, Dorm. Fam. 01, Dorm. Fam. 02, Estar, Pasadizos	Madera <b>Pumaquiro</b> Machihembrado 140mm x 1.80 a 3.00mt (espesor 19mm)	171.73	Pumaquiro	120.72
F401	Vestibulo - Sala - comedor, Baño de visitas, Dorm. Principal, Dorm. Fam. 01, Dorm. Fam. 02, Dorm. Fam. 03, Estar, Pasadizos	Madera <b>Shihuahuaco</b> Machihembrado 140mm x 1.80 a 3.00mt (espesor 19mm)	225.64	Shihuahuaco	154.06
F402	Vestibulo - Sala - comedor, Baño de visitas, Dorm. Principal, Dorm. Fam. 01, Dorm. Fam. 02, Estar, Pasadizos	Madera <b>Pumaquiro</b> Machihembrado 140mm x 1.80 a 3.00mt (espesor 19mm)	172.16	Pumaquiro	120.72
F501	Recibo, Sala-Comedor, Pasillos, Sala de Estar y Dormitorios	Madera Pumaquiro Machihembrado 140mm x 1.80 a 3.00mt (espesor 19mm)	224.57	Pumaquiro	173.19
F502	Vestibulo - Sala - comedor, Baño de visitas, Dorm. Principal, Dorm. Fam. 01, Dorm. Fam. 02, Estar, Pasadizos	Madera <b>Pumaquiro</b> Machihembrado 140mm x 1.80 a 3.00mt (espesor 19mm)	172.50	Pumaquiro	134.46











Anexo XXXII: Lozanead – 1° mes

		GESTIÓN DE PRODUCCIÓN																																
		LOOK AHEAD DE PRODUCCIÓN																																
PROYECTO:		MAURTUA III																																
Mes:		1																																
Descripción de Actividades	Unidad	Metraje	Fecha de inicio	Fecha Fin	Responsable	Contratista	SEMANA 01							SEMANA 02							SEMANA 03							SEMANA 04						
							LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	DOM	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM
							1	2	3	4	5	5.5		6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11		12	13	14	15	16	16.5		17.5	18.5	19.5	20.5	21.5	22	
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>																																		
<b>MURO PANTALLA - PRIMER ANILLO</b>																																		
Excavacion Masiva Primer Anillo	m3	2,000			FC - DM	Democasa	400	400	400	400	400																							
Perforacion de anclajes	und	22			FC - DM	Geotecnica							4	4	4	4	4	1		1														
Inyeccion de concreto	und	22			FC - DM	Geotecnica							4	4	4	4	4	1		1														
<b>EJE G-G (08 ANCLAJES)</b>																																		
Excavacion banquetas (manual) y lechada de cemento	und	8			FC - DM	Casa							1A-S1	1A-S2	1A-S3	1A-S4																		
Colocacion de acero	kg	2,235			FC - DM	VE							1A-S1	1A-S2	1A-S3	1A-S4																		
Encofrado de muro	m2	115			FC - DM	RP							1A-S1	1A-S2	1A-S3		1A-S4																	
Vaciado de muro	m3	29			FC - DM	JM							1A-S1	1A-S2	1A-S3		1A-S4																	
Desencofrado	m2	86			FC - DM	RP							1A-S1	1A-S2		1A-S3	1A-S4																	
Tensado de muro	und	8			FC - DM	Geotecnica							1A-S1		1A-S2	1A-S3	1A-S4																	
<b>EJE A-A (05 ANCLAJES)</b>																																		
Excavacion banquetas (manual) y lechada de cemento	und	5			FC - DM	Casa							1A-S1	1A-S2	1A-S3	1A-S4																		
Colocacion de acero	kg	987			FC - DM	VE							1A-S1	1A-S2	1A-S3	1A-S4																		
Encofrado de muro	m2	58			FC - DM	RP							1A-S1	1A-S2	1A-S3		1A-S4																	
Vaciado de muro	m3	13			FC - DM	JM							1A-S1	1A-S2	1A-S3		1A-S4																	
Desencofrado	m2	47			FC - DM	RP							1A-S1	1A-S2		1A-S3	1A-S4																	
Tensado de muro	und	5			FC - DM	Geotecnica							1A-S1		1A-S2	1A-S3	1A-S4																	
<b>MURO PANTALLA - SEGUNDO ANILLO</b>																																		
Excavacion Masiva Segundo Anillo	m3	2,900			FC - DM	Democasa																	450	450	200	450	450	450	450					
<b>EJE G-G (0 ANCLAJES)</b>																																		
Excavacion banquetas (manual) y lechada de cemento	und	8			FC - DM	Casa																						2°-S1						
<b>EJE A-A (05 ANCLAJES)</b>																																		
Excavacion banquetas (manual) y lechada de cemento	und	5			FC - DM	Casa																						2°-S1						
<b>EJE 1-1 (03 ANCLAJES)</b>																																		
Excavacion banquetas (manual) y lechada de cemento	und	3			FC - DM	Casa																						2°-S1						

Anexo XXXIII: LookAhead – 2° mes

		GESTIÓN DE PRODUCCIÓN																																		
		LOOK AHEAD DE PRODUCCIÓN																																		
PROYECTO: MAURTUA III																																				
Mes: 2																																				
Descripcion de Actividades	Unidad	Metraje	Fecha de inicio	Fecha Fin	Responsable	Contratista	SEMANA 05							SEMANA 06							SEMANA 07							SEMANA 08								
							LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM		
							23	24	25	26	27	27.5		28.5	29.5	30.5	31.5	32.5	33		34	35	36	37	38	38.5		39.5	40.5	41.5	42.5	43.5	44			
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>																																				
<b>EJE G-G (0 ANCLAJES)</b>																																				
Excavacion banquetas (manual) y lechada de cemento	und	8			FC - DM	Casa	2°-S2	2°-S3	2°-S4																											
Colocacion de acero	kg	1,312			FC - DM	VE	2°-S1	2°-S2	2°-S3	2°-S4																										
Encofrado de muro	m2	65			FC - DM	RP	2°-S1	2°-S2	2°-S3	2°-S4																										
Vaciado de muro	m3	23			FC - DM	JM	2°-S1	2°-S2	2°-S3	2°-S4																										
Desencofrado	m2	65			FC - DM	RP		2°-S1	2°-S2	2°-S3	2°-S4																									
<b>EJE A-A (05 ANCLAJES)</b>																																				
Excavacion banquetas (manual) y lechada de cemento	und	5			FC - DM	Casa	2°-S2	2°-S3																												
Colocacion de acero	kg	1,219			FC - DM	VE	2°-S1	2°-S2	2°-S3																											
Encofrado de muro	m2	58			FC - DM	RP		2°-S1	2°-S2	2°-S3																										
Vaciado de muro	m3	14			FC - DM	JM		2°-S1	2°-S2	2°-S3																										
Desencofrado	m2	58			FC - DM	RP		2°-S1	2°-S2	2°-S3	2°-S4																									
Tensado de muro	und	5			FC - DM	Geotecnica		2°-S1	2°-S2	2°-S3																										
<b>EJE 1-1 (03 ANCLAJES)</b>																																				
Excavacion banquetas (manual) y lechada de cemento	und	3			FC - DM	Casa	2°-S2	2°-S3																												
Colocacion de acero	kg	398			FC - DM	VE	2°-S1	2°-S2	2°-S3																											
Encofrado de muro	m2	18			FC - DM	RP		2°-S1	2°-S2	2°-S3																										
Vaciado de muro	m3	5			FC - DM	JM		2°-S1	2°-S2	2°-S3																										
Desencofrado	m2	18			FC - DM	RP		2°-S1	2°-S2	2°-S3																										
Tensado de muro	und	3			FC - DM	Geotecnica		2°-S1	2°-S2	2°-S3																										
<b>MURO PANTALLA - TERCER ANILLO</b>																																				
<b>EJE A-A (05 ANCLAJES)</b>																																				
Excavacion banquetas (manual) y lechada de cemento	und	5			FC - DM	Casa							3°-S1	3°-S2	3°-S3	3°-S4																				
Colocacion de acero	kg	828			FC - DM	VE							3°-S1	3°-S2	3°-S3	3°-S4																				
Encofrado de muro	m2	40			FC - DM	RP							3°-S1	3°-S2	3°-S3	3°-S4																				
Vaciado de muro	m3	212			FC - DM	JM							3°-S1	3°-S2	3°-S3	3°-S4																				
Desencofrado	m2	40			FC - DM	RP								3°-S1	3°-S2	3°-S3	3°-S4																			
<b>EJE 1-1 (03 ANCLAJES)</b>																																				
Excavacion banquetas (manual) y lechada de cemento	und	3			FC - DM	Casa							3°-S1	3°-S2	3°-S3																					
Colocacion de acero	kg	152			FC - DM	VE							3°-S1	3°-S2	3°-S3																					
Encofrado de muro	m2	11			FC - DM	RP							3°-S1	3°-S2	3°-S3																					
Vaciado de muro	m3	3			FC - DM	JM							3°-S1	3°-S2	3°-S3																					
Desencofrado	m2	11			FC - DM	RP								3°-S1	3°-S2	3°-S3																				
<b>CASCO</b>																																				
<b>CIMENTACION / ZAPATAS</b>																																				
Excavacion manual	m3	289			FC - DM	Casa							CZ-S1	CZ-S2	CZ-S3	CZ-S4	CZ-S5																			
Acero	kg	6,060			FC - DM	VE								CZ-S1	CZ-S2	CZ-S3	CZ-S4																			
Encofrado	m2	324			FC - DM	RP								CZ-S1	CZ-S2	CZ-S3	CZ-S4																			
Concreto	m3	232			FC - DM	JM									CZ-S1	CZ-S2	CZ-S3																			
Desencofrado	m2	324			FC - DM	RP										CZ-S1	CZ-S2	CZ-S3	CZ-S4																	
<b>ESTRUCTURA</b>																																				
Acero muros pantalla	kg	17,169			FC - DM	VE																														
Encofrado de muro pantalla	m2	855			FC - DM	RP																														
Vaciado de muro pantalla	m3	193			FC - DM	JM																														
Desencofrado de muro pantalla	m2	855			FC - DM	RP																														
Acero Vertical	kg	56,235			FC - DM	VE																														
Encofrado vertical	m2	1,978			FC - DM	RP																														
Concreto vertical	m3	335			FC - DM	JM																														
Desencofrado vertical	m2	1,963			FC - DM	RP																														
Encofrado fondo de vigas	m2	611			FC - DM	RP																														
Acero en vigas	kg	61,389			FC - DM	VE																														
Encofrado costado de vigas	m2	1,131			FC - DM	RP																														
Encofrado losa y escaleras	m2	4,908			FC - DM	RP																														
Colocacion de viguetas y bovedillas	m2	-			FC - DM	Casa																														
Acero losa y escaleras	kg	46,412			FC - DM	VE																														
Concreto losa, escaleras y vigas	m3	1,036			FC - DM	JM																														

		GESTIÓN DE PRODUCCIÓN																																
		LOOK AHEAD DE PRODUCCIÓN																																
PROYECTO:		MAURTUA III																																
Mes:		3																																
Descripción de Actividades	Unidad	Metraje	Fecha de inicio	Fecha Fin	Responsable	Contratista	SEMANA 09							SEMANA 10							SEMANA 11							SEMANA 12						
							LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM
							45	46	47	48	49	49.5		50.5	51.5	52.5	53.5	54.5	55		56	57	58	59	60	60.5		61.5	62.5	63.5	64.5	65.5	66	
<b>CASCO</b>																																		
<b>ESTRUCTURA</b>																																		
Aceros muros pantalla	kg	17,169			FC - DM	VE	SS-S2	SS-S3	SS-S4	1P-S1																								
Encofrado de muro pantalla	m2	855			FC - DM	RP	SS-S1	SS-S2	SS-S3	SS-S4	1P-S1																							
Vaciado de muro pantalla	m3	193			FC - DM	JM	SS-S1	SS-S2	SS-S3	SS-S4	1P-S1																							
Desencofrado de muro pantalla	m2	855			FC - DM	RP	SOT1-S4	SS-S1	SS-S2	SS-S3	SS-S4	1P-S1																						
Aceros Verticales	kg	56,235			FC - DM	VE	SS-S4	P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P5-S1	P5-S2	P5-S3								
Encofrado vertical	m2	1,978			FC - DM	RP	SS-S3	SS-S4	P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P5-S1	P5-S2								
Concreto vertical	m3	335			FC - DM	JM	SS-S3	SS-S4	P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P5-S1	P5-S2								
Desencofrado vertical	m2	1,963			FC - DM	RP	SS-S2	SS-S3	SS-S4	P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P5-S1								
Encofrado fondo de vigas	m2	611			FC - DM	RP	SS-S2	SS-S3	SS-S4	P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P5-S1								
Aceros en vigas	kg	61,389			FC - DM	VE	SS-S2	SS-S3	SS-S4	P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P5-S1								
Encofrado costado de vigas	m2	1,131			FC - DM	RP	SS-S1	SS-S2	SS-S3	SS-S4	P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4								
Encofrado losa y escaleras	m2	4,908			FC - DM	RP	SS-S1	SS-S2	SS-S3	SS-S4	P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4								
Colocación de viguetas y bovedillas	m2	-			FC - DM	Casa	SS-S1	SS-S2	SS-S3	SS-S4	P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4								
Aceros losa y escaleras	kg	46,412			FC - DM	VE	SOT1-S4	SS-S1	SS-S2	SS-S3	SS-S4	P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4	P4-S1	P4-S2	P4-S3								
Concreto losa, escaleras y vigas	m3	1,036			FC - DM	JM	SOT1-S3	SOT1-S4	SS-S1	SS-S2	SS-S3	SS-S4	P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4	P4-S1	P4-S2								
<b>ACABADOS</b>																																		
<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>																																		
CIELO RASO CON MEZCLA	m2	4,814			FC - DM	JM																												

Anexo XXXV: LookAhead – 4° mes

					GESTIÓN DE PRODUCCIÓN																													
LOOK AHEAD DE PRODUCCIÓN																																		
PROYECTO:		MAURTUA III																																
Mes:		4																																
Descripción de Actividades	Unidad	Metraje	Fecha de inicio	Fecha Fin	Responsable	Contratista	SEMANA 13							SEMANA 14							SEMANA 15							SEMANA 16						
							LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM
							67	68	69	70	71	71.5		72.5	73.5	74.5	75.5	76.5	77		78	79	80	81	82	82.5		83.5	84.5	85.5	86.5	87.5	88	
<b>CASCO</b>																																		
<b>ESTRUCTURA</b>																																		
Acero Vertical	kg	56,235			FC - DM	VE	P5-S4																											
Encofrado vertical	m2	1,978			FC - DM	RP	P5-S3	P5-S4																										
Concreto vertical	m3	335			FC - DM	JM	P5-S3	P5-S4																										
Desencofrado vertical	m2	1,963			FC - DM	RP	P5-S2	P5-S3	P5-S4																									
Encofrado fondo de vigas	m2	611			FC - DM	RP	P5-S2	P5-S3	P5-S4																									
Acero en vigas	kg	61,389			FC - DM	VE	P5-S2	P5-S3	P5-S4																									
Encofrado costado de vigas	m2	1,131			FC - DM	RP	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4																								
Encofrado losa y escaleras	m2	4,908			FC - DM	RP	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4																								
Colocacion de viguetas y bovedillas	m2	-			FC - DM	Casa	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4																								
Acero losa y escaleras	kg	46,412			FC - DM	VE	P4-S4	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4																							
Concreto losa, escaleras y vigas	m3	1,036			FC - DM	JM	P4-S3	P4-S4	P5-S1	P5-S2	P5-S3		P5-S4																					
<b>ALBANILERIA</b>																																		
ASENTADO DE MURO	m2	5,135			FC - DM	JM	SOT2	SOT2	SOT2	SOT2	SOT2			SOT1	SOT1	SOT1	SOT1	SOT1			SS	SS	SS	SS	SS			1P	1P	1P	1P	1P		
<b>ACABADOS</b>																																		
<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>																																		
CIELO RASO CON MEZCLA	m2	4,814			FC-DM	JM	SOT1	SOT1	SOT1	SOT1	SOT1			SS	SS	SS	SS	SS			1P	1P	1P	1P	1P			2P	2P	2P	2P	2P		
TARRAJEO DE VIGAS	m2	1,725			FC-DM	JM								SOT2	SOT2	SOT2	SOT2	SOT2			SOT1	SOT1	SOT1	SOT1	SOT1			SS	SS	SS	SS	SS		
TARRAJEO DE MUROS	m2	8,990			FC-DM	JM								SOT2	SOT2	SOT2	SOT2	SOT2			SOT1	SOT1	SOT1	SOT1	SOT1			SS	SS	SS	SS	SS		
CONTRAPISOS DE 48mm	m2	3,708			FC-DM	JM															SOT2	SOT2	SOT2	SOT2	SOT2			SOT1	SOT1	SOT1	SOT1	SOT1		
VESTIDURA DE DERRAMES	ML	2,070			FC-DM	JM																						SOT2	SOT2	SOT2	SOT2	SOT2		



Anexo XXXVII: LookAhead – 6° mes

		GESTIÓN DE PRODUCCIÓN																																
		LOOK AHEAD DE PRODUCCIÓN																																
PROYECTO:	MAURTUA III																																	
Mes:	6																																	
Descripción de Actividades	Unidad	Metrage	Fecha de inicio	Fecha Fin	Responsable	Contratista	SEMANA 21							SEMANA 22							SEMANA 23							SEMANA 24						
							LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM
							111	112	113	114	115	115.5		116.5	117.5	118.5	119.5	120.5	121		122	123	124	125	126	126.5		127.5	128.5	129.5	130.5	131.5	132	
<b>ACABADOS</b>																																		
<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>																																		
TARRAJEO DE VIGAS	m2	1,725			FC-DM	JM	5P	5P	5P	5P	5P																							
TARRAJEO DE MUROS	m2	8,990			FC-DM	JM	5P	5P	5P	5P	5P																							
CONTRAPISOS DE 48mm	m2	3,708			FC-DM	JM	4P	4P	4P	4P	4P		5P	5P	5P	5P	5P																	
VESTIDURA DE DERRAMES	ML	2,070			FC-DM	JM	3P	3P	3P	3P	3P		4P	4P	4P	4P	4P			5P	5P	5P	5P	5P										
<b>ENCHAPE DE PORCELANATO</b>																																		
ENCHAPE DE PISO EN TERRAZA	m2	356.60			FC-DM	JM	F.101	F.201		F.202			F.301			F.302			F.401			F.402				F.501	F.501							
ENCHAPE DE PISO EN COCINA	m2	345.53			FC-DM	JM		F.201	F.201	F.202	F.202		F.301	F.301	F.302	F.302			F.401	F.401		F.402			F.402	F.501	F.501							
ENCHAPE DE PISO EN LAVANDERIA	m2	147.70			FC-DM	JM			F.201	F.202	F.202				F.301	F.302			F.401	F.401		F.402			F.402	F.501	F.501							
ENCHAPE DE PISO EN DORM. SERV.	m2	75.91			FC-DM	JM		F.201			F.202		F.301			F.302			F.401						F.402	F.402	F.501							
ENCHAPE DE PARED EN B.P.	m2	109.18			FC-DM	JM										F.302			F.401					F.402	F.402									
ENCHAPE DE PISO EN B.P.	m2	35.60			FC-DM	JM													F.401						F.402	F.402								
ENCHAPE DE PARED EN B.F.1	m2	211.78			FC-DM	JM	F.101	F.201	F.201		F.202		F.202	F.301	F.301		F.302		F.302	F.401	F.401			F.402	F.402	F.501	F.501							
ENCHAPE DE PISO EN B.F.1	m2	53.02			FC-DM	JM	F.101		F.201				F.202		F.301			F.302			F.401				F.402	F.402	F.501	F.501						
ENCHAPE DE PARED EN B.F.2	m2	214.31			FC-DM	JM	F.101	F.201	F.201		F.202		F.202	F.301	F.301			F.302	F.302		F.401	F.401			F.402	F.402	F.501	F.501						
ENCHAPE DE PISO EN B.F.2	m2	50.49			FC-DM	JM	F.101		F.201				F.202		F.301				F.302			F.401	F.401			F.402	F.402	F.501	F.501					
ENCHAPE DE PARED EN B.F.3	m2	112.21			FC-DM	JM			F.201	F.201				F.301	F.301						F.401	F.401					F.501	F.501						
ENCHAPE DE PISO EN B.F.3	m2	25.82			FC-DM	JM			F.201						F.301																			
ENCHAPE DE PARED EN BAÑO DE SERVICIO	m2	204.71			FC-DM	JM	F.101		F.201	F.201			F.202	F.202	F.301	F.301			F.302	F.302		F.401	F.401			F.402	F.402	F.501	F.501					
ENCHAPE DE PISO EN BAÑO DE SERVICIO	m2	32.26			FC-DM	JM	F.101			F.201				F.202		F.301				F.302			F.401	F.401			F.402	F.402	F.501					
ENCHAPE EN BAÑO DE VISITA	m2	15.50			FC-DM	JM																				F.402	F.402							
ENCHAPE EN PATIO	m2	22.23			FC-DM	JM																												
ENCHAPE EN POZAS	m2	64.69			FC-DM	JM	F.101			F.201				F.202		F.301						F.401				F.402	F.402	F.501	F.501					
<b>ENCHAPE DE MARMOL</b>																																		
ENCHAPE DE PARED EN B.P.	m2	211.15			FC-DM	GRAYMAR		F.101	F.101	F.101	F.101			F.201	F.201	F.201	F.201			F.201	F.201		F.202		F.202	F.202	F.301	F.301						
ENCHAPE DE PISO EN B.P.	m2	61.25			FC-DM	GRAYMAR	S.02						F.101							F.201	F.201		F.202			F.202	F.202	F.301	F.301					
<b>TABLERO DE PIEDRA</b>																																		
SOPORTE DE TABLERO EN BAÑO DE VISITA	UND	16.66			FC-DM	ERGISA			F.502																									
SOPORTE DE TABLERO EN BAÑO PRINCIPAL	UND	16.66			FC-DM	ERGISA			F.502																									
SOPORTE DE TABLERO EN BAÑO FAMILIAR 1	UND	16.66			FC-DM	ERGISA	F.501	F.502																										
SOPORTE DE TABLERO EN BAÑO FAMILIAR 2	UND	16.66			FC-DM	ERGISA	F.501	F.502																										
SOPORTE DE TABLERO EN BAÑO FAMILIAR 3	UND	5.00			FC-DM	ERGISA	F.501																											
TABLERO EN BAÑO DE VISITA	UND	12.00			FC-DM	GRAYMAR		S.02					F.101	F.101								F.201					F.202							
TABLERO EN BAÑO PRINCIPAL	UND	11.00			FC-DM	GRAYMAR		S.02						F.101								F.201						F.202						
TABLERO EN BAÑO FAMILIAR 1	UND	11.00			FC-DM	GRAYMAR			S.02					F.101								F.201						F.202						
TABLERO EN BAÑO FAMILIAR 2	UND	10.00			FC-DM	GRAYMAR			S.02													F.201						F.202						
TABLERO EN BAÑO FAMILIAR 3	UND	5.00			FC-DM	GRAYMAR																F.201						F.202						
<b>TABLERO DE COCINA</b>																																		
INTALACION DE TABLEROS	UND	11.00			FC-DM	GRAYMAR							S.01		S.02	F.101				F.201			F.202		F.301	F.302	F.401	F.401						
INSTLACION DE SALPICADEROS	UND	11.00			FC-DM	GRAYMAR								S.01		S.02				F.101	F.201	F.201	F.202		F.301	F.302	F.302	F.302						
INSTLACION DE ZOCALO DETRÁS DE CAMPANA	UND	11.00			FC-DM	GRAYMAR								S.01		S.02				F.101	F.201	F.201	F.202		F.301	F.302	F.302	F.302						
APLICACIÓN DE SELLADOR	UND	11.00			FC-DM	GRAYMAR								S.01		S.02				F.101	F.201	F.201	F.202		F.301	F.302	F.302	F.302						
<b>PISOS DE MADERA</b>																																		
MODULACION DE TABLONES DE MADERA	M2	892			FC-DM	FMSA	S.01	S.01	S.01	S.01	S.01			S.02	S.02	S.02	S.02	S.02		F.101	F.101	F.101	F.101	F.101		F.201	F.201	F.201	F.201	F.201				
INSTLACION DE PISOS DE MADERA	M2	667			FC-DM	FMSA								S.01	S.01	S.01	S.01	S.01		S.02	S.02	S.02	S.02	S.02		F.101	F.101	F.101	F.101	F.101				
DESTRONCADO DE PISOS DE MADERA	M2	510			FC-DM	FMSA														S.01	S.01	S.01	S.01	S.01		S.02	S.02	S.02	S.02	S.02				

Anexo XXXVIII: LookAhead – 7° mes

		GESTIÓN DE PRODUCCIÓN																																
		LOOK AHEAD DE PRODUCCIÓN																																
PROYECTO:		MAURTUA III																																
Mes:		7																																
Descripción de Actividades	Unidad	Metraje	Fecha de inicio	Fecha Fin	Responsable	Contratista	SEMANA 25							SEMANA 26							SEMANA 27							SEMANA 28						
							LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM
							133	134	135	136	137	137.5		138.5	139.5	140.5	141.5	142.5	143		144	145	146	147	148	148.5		149.5	150.5	151.5	152.5	153.5	154	
<b>ACABADOS</b>																																		
<b>ENCHAPE DE PORCELANATO</b>																																		
ENCHAPE DE PISO EN TERRAZA	m2	356.60			FC-DM	JM	F.502																											
ENCHAPE DE PISO EN COCINA	m2	345.53			FC-DM	JM	F.502	F.502																										
ENCHAPE DE PISO EN LAVANDERIA	m2	147.70			FC-DM	JM		F.502																										
ENCHAPE DE PISO EN DORM. SERV.	m2	75.91			FC-DM	JM	F.502																											
ENCHAPE DE PARED EN B.P.	m2	109.18			FC-DM	JM		F.502	F.502																									
ENCHAPE DE PISO EN B.P.	m2	35.60			FC-DM	JM			F.502																									
ENCHAPE DE PARED EN B.F.1	m2	211.78			FC-DM	JM		F.502	F.502																									
ENCHAPE DE PISO EN B.F.1	m2	53.02			FC-DM	JM			F.502																									
ENCHAPE DE PARED EN B.F.2	m2	214.31			FC-DM	JM	F.501	F.502	F.502																									
ENCHAPE DE PISO EN B.F.2	m2	50.49			FC-DM	JM	F.501		F.502																									
ENCHAPE DE PARED EN B.F.3	m2	112.21			FC-DM	JM	F.501																											
ENCHAPE DE PISO EN B.F.3	m2	25.82			FC-DM	JM	F.501																											
ENCHAPE DE PARED EN BAÑO DE SERVICIO	m2	204.71			FC-DM	JM	F.501		F.502	F.502																								
ENCHAPE DE PISO EN BAÑO DE SERVICIO	m2	32.26			FC-DM	JM	F.501																											
ENCHAPE EN BAÑO DE VISITA	m2	15.50			FC-DM	JM																												
ENCHAPE EN PATIO	m2	22.23			FC-DM	JM																												
ENCHAPE EN POZAS	m2	64.69			FC-DM	JM			F.502																									
<b>ENCHAPE DE MARMOL</b>																																		
ENCHAPE DE PARED EN B.P.	m2	211.15			FC-DM	GRAYMAR	F.301	F.401	F.401	F.401		F.401	F.501	F.501	F.501	F.501		F.501	F.501															
ENCHAPE DE PISO EN B.P.	m2	61.25			FC-DM	GRAYMAR		F.301												F.501	F.501													
<b>TABLERO DE PIEDRA</b>																																		
TABLERO EN BAÑO DE VISITA	UND	12.00			FC-DM	GRAYMAR		F.301		F.302		F.401	F.402		F.501				F.502															
TABLERO EN BAÑO PRINCIPAL	UND	11.00			FC-DM	GRAYMAR		F.301		F.302		F.401		F.402	F.501				F.502															
TABLERO EN BAÑO FAMILIAR 1	UND	11.00			FC-DM	GRAYMAR		F.301		F.302		F.401		F.402	F.501				F.502															
TABLERO EN BAÑO FAMILIAR 2	UND	10.00			FC-DM	GRAYMAR			F.301	F.302			F.401	F.402					F.501	F.502														
TABLERO EN BAÑO FAMILIAR 3	UND	5.00			FC-DM	GRAYMAR			F.301				F.401						F.501															
<b>TABLERO DE COCINA</b>																																		
INTALACION DE TABLEROS	UND	11.00			FC-DM	GRAYMAR		F.402		F.501		F.502																						
INSTLACION DE SALPICADEROS	UND	11.00			FC-DM	GRAYMAR	F.401		F.402		F.501		F.502																					
INSTLACION DE ZOCCALO DETRÁS DE CAMPANA	UND	11.00			FC-DM	GRAYMAR	F.401		F.402		F.501		F.502																					
APLICACIÓN DE SELLADOR	UND	11.00			FC-DM	GRAYMAR	F.401		F.402		F.501		F.502																					
<b>PISOS DE MADERA</b>																																		
MODULACION DE TABLONES DE MADERA	M2	791			FC-DM	FIMSA	F.202	F.202	F.202	F.202	F.202		F.301	F.301	F.301	F.301	F.301		F.302	F.302	F.302	F.302	F.302		F.401	F.401	F.401	F.401	F.401					
INSTALACION DE PISOS DE MADERA	M2	791			FC-DM	FIMSA	F.201	F.201	F.201	F.201	F.201		F.202	F.202	F.202	F.202	F.202		F.301	F.301	F.301	F.301	F.301		F.302	F.302	F.302	F.302	F.302					
DESTRONCADO DE PISOS DE MADERA	M2	775			FC-DM	FIMSA	F.101	F.101	F.101	F.101	F.101		F.201	F.201	F.201	F.201	F.201		F.202	F.202	F.202	F.202	F.202		F.301	F.301	F.301	F.301	F.301					

Anexo XXXIX: LookAhead – 8° mes

	<b>GESTIÓN DE PRODUCCIÓN</b>
	LOOK AHEAD DE PRODUCCIÓN

PROYECTO: MAURTUA III

Mes: 8

Descripción de Actividades	Unidad	Metraje	Fecha de inicio	Fecha Fin	Responsable	Contratista	SEMANA 29							SEMANA 30							SEMANA 31							SEMANA 32												
							LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM						
							155	156	157	158	159	159.5		160.5	161.5	162.5	163.5	164.5	165		166	167	168	169	170	170.5		171.5	172.5	173.5	174.5	175.5	176	.....						
<b>ACABADOS</b>																																								
<b>PISOS DE MADERA</b>																																								
MODULACION DE TABLONES DE MADERA	M2	569			FC-DM	FIMSA	F.402	F.402	F.402	F.402	F.402				F.501	F.501	F.501	F.501	F.501							F.502	F.502	F.502	F.502	F.502										
INSTALACION DE PISOS DE MADERA	M2	794			FC-DM	FIMSA	F.401	F.401	F.401	F.401	F.401				F.402	F.402	F.402	F.402	F.402						F.501	F.501	F.501	F.501	F.501			F.502	F.502	F.502	F.502	F.502				
DESTRONCADO DE PISOS DE MADERA	M2	691			FC-DM	FIMSA									F.401	F.401	F.401	F.401	F.401					F.402	F.402	F.402	F.402	F.402	F.501		F.501	F.501	F.501	F.501	F.502	F.502				
APLICACIÓN DE 1ª MANO DE BONA	M2	1,457			FC-DM	FIMSA																S.01		S.02	F.101	F.201	F.202	F.301	F.302											
APLICACIÓN DE 2ª MANO DE BONA	M2	1,286			FC-DM	FIMSA																		S.01	S.02	F.101	F.201	F.202	F.301											
INSTALACION DE CONTRAZOCALOS	ML	376			FC-DM	FIMSA																									S.01	S.01	S.02	S.02	F.101					

Anexo XL: LookAhead – 9° mes

		GESTIÓN DE PRODUCCIÓN																									
		LOOK AHEAD DE PRODUCCIÓN																									
PROYECTO:		MAURTUA III																									
Mes:		1																									
Descripción de Actividades	Unidad	Metraje	Fecha de inicio	Fecha Fin	Responsable	Contratista	SEMANA 33							SEMANA 34							SEMANA 35						
							LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM
							177	178	179	180	181	181.5		182.5	183.5	184.5	185.5	186.5	187		188	189	190	191	192	192.5	
<b>ACABADOS</b>																											
<b>PISOS DE MADERA</b>																											
DESTRONCADO DE PISOS DE MADERA	M2	104				FIMSA	F.502	F.502	F.502																		
APLICACIÓN DE 1ª MANO DE BONA	M2	794				FIMSA	F.401	F.402	F.501	F.502																	
APLICACIÓN DE 2ª MANO DE BONA	M2	966				FIMSA	F.302	F.401	F.402	F.501	F.502																
INSTALACION DE CONTRAZOCALOS	ML	1,223				FIMSA	F.101	F.201	F.201	F.202	F.202	F.301		F.301	F.302	F.302	F.401	F.401	F.402		F.402	F.501	F.501	F.502	F.502		
APLICACIÓN DE 3ª MANO DE BONA	M2	2,252				FIMSA								S.01	S.02	F.101	F.201	F.202	F.301		F.302	F.401	F.402	F.501	F.502		
APLICACIÓN DE 4ª MANO DE BONA	M2	2,252				FIMSA									S.01	S.02	F.101	F.201	F.202		F.301	F.302	F.401	F.402	F.501	F.502	

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA: APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA UNA PROYECTO DE VIVIENDA. CASO PRACTICO "EDIFICIO MAURTUA III"

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	TIPO DE DISEÑO
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Se piensa que la <b>filosofía Lean construction</b> influye en la <b>optimización de los recursos</b>?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Aplicar la <b>filosofía lean construction</b> para la <b>optimización de recursos</b> en la ejecución de un proyecto de uso multifamiliar el cual nos generaría un beneficio de costo de la obra.</p>	<p>La <b>filosofía Lean Construction optimiza los recursos</b> en la ejecución de un proyecto multifamiliar y mejora el costo beneficio de la obra.</p>	<p>VI <b>Filosofía Lean construction</b></p> <p>VD <b>Optimización de recursos</b></p>	<p>Recopilación de información. Estudiar las propiedades del proyecto. Obtener la planificación considerando todas las partidas como criticas. Establecer porcentajes mínimos de cumplimiento de producción. Preparar planes de producción diarios para poder llegar a una 100% de cumplimiento</p>	<p>La investigación es de enfoque cuantitativo, de diseño transversal El tipo de investigación de alcance exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo</p>
<p><b>PROBLEMA SECUNDARIO 1</b></p> <p>¿Cuál es la <b>sectorización</b> adecuada para obtener una <b>producción homogénea</b> del proyecto?</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECIFICO 1</b></p> <p>Determinar una <b>sectorización</b> del proyecto de un edificio multifamiliar con la finalidad de tener una <b>producción homogénea</b>.</p>	<p>Si se <b>sectoriza</b> el proyecto de uso multifamiliar se obtiene una <b>producción homogénea</b></p>	<p>VI <b>Sectorización</b></p> <p>VD <b>Producción homogénea</b></p>		
<p><b>PROBLEMA SECUNDARIO 2</b></p> <p>¿Cuál es la correlación entre las <b>restricciones</b> y el <b>nivel de producción</b> del proyecto?</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECIFICO 2</b></p> <p>Minimizar las <b>restricciones</b> asociadas a los procesos de trabajo, para optimizar <b>el nivel de producción</b> del proyecto.</p>	<p>Si minimizo las <b>restricciones</b> asociadas a los procesos de trabajo, optimizo el <b>nivel de producción</b>.</p>	<p>VI <b>Restricciones</b></p> <p>VD <b>Nivel de producción</b></p>		
<p><b>PROBLEMA SECUNDARIO 3</b></p> <p>¿Se cree que los <b>flujos de procesos</b> influyen en la <b>optimización del tiempo</b>?</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECIFICO 3</b></p> <p>Ordenar el <b>flujo de procesos</b> para la <b>optimización del tiempo</b></p>	<p>Ordenando el <b>flujo de procesos</b> se <b>optimiza el tiempo</b></p>	<p>VI <b>Flujo de procesos</b></p> <p>VD <b>optimización de tiempos</b></p>		
<p><b>PROBLEMA SECUNDARIO 4</b></p> <p>Se piensa que la <b>producción diaria</b> en obra se debe a la <b>cuadrilla</b> de trabajo</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECIFICO 4</b></p> <p>Determinar la <b>producción diaria</b> a cumplir para determinar la conformación de <b>cuadrillas de trabajo</b></p>	<p>La <b>producción diaria</b> se optimiza estableciendo un <b>análisis de cuadrilla de trabajo</b></p>	<p>VI <b>Producción diaria</b></p> <p>VD <b>Análisis de cuadrilla</b></p>		

Anexo XLII: Operacionalización de variables e indicadores

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES				
HIPOTESIS	VARIABLE		INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Si se sectoriza el proyecto de uso multifamiliar se obtiene una producción homogénea	VI	Sectorización	Division las actividades de la obra en areas o sectores	Muy adecuado Adecuado Regular Deficiente Muy deficiente
	VD	Producción homogénea	Cada sector debe de comprender un metrado aproximadamente igual (volumnes iguales de trabajo)	Si No
			La cantidad de tarea por sector debera ser realizada en 1 día.	Siempre Algunas veces Ninguna
Si minimizo las restricciones asociadas a los procesos de trabajo, optimizo el nivel de producción.	VI	Restricciones	No genera valor economico a la obra.(valorizaciones)	0% - 100%
	VD	Nivel de producción	Genera valor economico a la obra (valorizaciones)	0% - 100%
Ordenando el flujo de procesos se optimiza el tiempo.	VI	Flujo de procesos	Consiste en hacer que todas las partidas se vuelvan criticas	Si No
	VD	Optimización del tiempo	Exige un compromiso del equipo de obra	0% - 100%
La producción diaria se optimiza estableciendo un análisis de cuadrilla de trabajo.	VI	Producción diaria	Listado de tareas y/o actividades a realizarse durante la jornada del trabajo del dia.	01 - 10 11 - 14 15 - 17 18 - 20
	VD	Análisis de cuadrilla	Consiste en conformar las cuadrillas para poder cumplir con la planificacion diaria	01 - 10 11 - 14 15 - 17 18 - 20