

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION EN LA
PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y
CONTROL DEL PROYECTO CONDOMINIO OASIS BAHÍA
DE PARACAS”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

LUIS RICARDO YIKA PRIETO

ASESOR

Ing. WALTER RODRÍGUEZ CASTILLEJO

Lima- Perú

2018

	Pág.
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
PRÓLOGO	7
LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	14
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	16
1.1 PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	16
1.2 PROBLEMA	17
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	17
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	17
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4 HIPÓTESIS	18
1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	18
1.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	18
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	19
2.1 PROYECTO	19
2.1.1 DEFINICIÓN DE PROYECTO	19
2.2 NECESIDAD DE CAMBIO DE MODELO PRODUCTIVO EN LA CONSTRUCCIÓN	20
2.2.1 DESPERDICIOS EN TIEMPO, COSTO Y PRODUCTIVIDAD	21
2.2.2 MAYOR EXIGENCIA DE UNA CONSTRUCCIÓN DE CALIDAD POR PARTE DEL USUARIO FINAL.....	22
2.2.3 EL CAMBIO DEL MODELO DE PRODUCCIÓN EN PERÚ	22

2.3 MODELO DE CONVERSIÓN VS MODELO DE FLUJO.....	24
2.4 LA FILOSOFÍA LEAN	25
2.4.1 ORIGEN DE LA FILOSOFÍA LEAN.....	26
2.4.2 TOYOTA PRODUCTION SYSTEM.....	26
2.4.3 LEAN PRODUCTION	28
2.4.4 APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN A LA CONSTRUCCIÓN.....	28
2.5 LEAN CONSTRUCTION	29
2.5.1 DEFINICIÓN DE LEAN CONSTRUCTION.....	30
2.5.2 LEAN CONSTRUCTION, NUEVA FILOSOFÍA DE CONSTRUCCIÓN.....	30
2.6 CONCEPTOS GENERALES Y HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION	34
2.6.1 PRODUCCIÓN	34
2.6.2 PRODUCTIVIDAD	34
2.6.3 RENDIMIENTO.....	37
2.6.4 VARIABILIDAD	37
2.6.5 JUST IN TIME (JIT)	39
2.6.6 KAIZEN (MEJORA CONTINUA)	40
2.6.7 LOS 5 PORQUÉS (5 WHYS).....	41
2.6.8 TORMENTA DE IDEAS (BRAIN STORMING)	42
2.6.9 PRINCIPIO DE PARETO	42
2.6.10 DIAGRAMA DE CAUSA – EFECTO (ISHIKAWA).....	43
2.6.11 PDCA (CÍRCULO DINÁMICO DE CONTROL).....	44
2.6.12 CURVA DE APRENDIZAJE	46
2.6.13 DIVISIÓN Y SECTORIZACIÓN.....	48
2.6.14 TREN DE ACTIVIDADES	49
2.6.15 AMORTIGUADORES (BUFFERS).....	50
2.6.16 LA TEORÍA DE RESTRICCIONES (THEORY OF CONSTRAINTS)	51
2.7 LAST PLANNER SYSTEM.....	52

2.7.1 PROGRAMA MAESTRO	54
2.7.2 PROGRAMACIÓN INTERMEDIA O LOOKAHEAD PLANNING.....	55
2.7.3 ANÁLISIS DE RESTRICCIONES.....	56
2.7.4 INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE (ITE)	57
2.7.5 PROGRAMACIÓN SEMANAL	57
2.7.6 PROGRAMACIÓN DIARIA	58
2.7.7 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD.....	59
2.7.8 NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES Y CARTA BALANCE	61
2.8 CONTROL – VALOR GANADO	64
CAPÍTULO III: REALIDAD PROBLEMÁTICA	66
3.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA ESPECÍFICA.....	66
3.2 METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	67
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	68
4.1 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN	68
4.1.1 UBICACIÓN.....	68
4.1.2 LOCALIZACIÓN	69
4.2 EL PROYECTO: CONDOMINIO OASIS BAHÍA DE PARACAS (HU).....	70
4.3 ENTIDADES INVOLUCRADAS PRINCIPALES.....	72
4.3.1 LA EMPRESA PROMOTORA.....	72
4.3.2 EMPRESAS PROYECTISTAS.....	73
4.3.3 LA EMPRESA CONTRATISTA	74
4.3.4 LA EMPRESA SUPERVISORA	76
4.4 CONTRATO DE OBRA	76
4.4.1 PRESUPUESTO DE OBRA.....	77
4.4.2 PROGRAMACIÓN MAESTRA	78
4.4.3 ALCANCE CONTRACTUAL	81
CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION.....	83
5.1. CARTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO.....	83

5.1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO	83
5.1.2 PLAZO Y PRESUPUESTO.....	84
5.1.3 HITOS RELEVANTES	85
5.1.4 FACTORES DE ÉXITO.....	85
5.1.5 INVOLUCRADOS	86
5.2 PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO	86
5.2.1 PLANEAMIENTO OPERATIVO	87
5.2.2 METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN PRELIMINAR.....	93
5.3 SECTORIZACIÓN Y TRENES DE TRABAJO.....	105
5.4 PROGRAMACIÓN LAST PLANNER SYSTEM.....	118
5.5 PRODUCTIVIDAD	138
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS	147
6.1 NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD.....	147
6.2 OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS.....	153
6.3 ANÁLISIS DE COSTO – TIEMPO (VALOR GANADO).....	176
6.4 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD (%PPC)	178
6.5 MEJORA CONTINUA – LECCIONES APRENDIDAS.....	181
6.6 RESULTADO GERENCIALES	183
CONCLUSIONES.....	186
RECOMENDACIONES.....	190
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	192
ANEXOS	195

RESUMEN

La presente tesis parte de la necesidad común del ser humano del descanso y de como por medio de la ingeniería podemos beneficiar al usuario final a satisfacer dicha necesidad.

En Perú, un gran porcentaje de personas opta por alquilar o comprar casas de playas pero lamentablemente hacer ello no se encuentra al alcance económico del ciudadano promedio, por tal motivo, la presente tesis cuenta con la hipótesis de que por medio de las herramientas Lean Construction podemos volver más eficientes a una empresa constructora (Suma Arquitectos) y así optimizar sus procesos para obtener menor desperdicios en costo y tiempo, e indirectamente beneficiar al usuario final con un producto de calidad a un menor precio.

Por lo tanto, en la presente tesis se apreciará la aplicación de herramientas Lean Construction a la planificación, programación, ejecución y control de un proyecto de habilitación urbana, el Condominio Oasis Bahía de Paracas, emplazada en Paracas, distrito de Pisco (Región Ica). Al contar con un clima desértico y estando a escasos metros del mar, realizar un proyecto de tal magnitud en un lugar así, demanda una muy buena organización tanto a nivel gerencial como operativo, ya que al margen de la variabilidad de un proyecto y de las condiciones poco beneficiosas del contexto (nivel freático a -1.2m en promedio, terreno arenoso, altas temperaturas y mucha brisa), una restricción inamovible por la junta de propietarios, representado por la empresa promotora, Compañía Inmobiliaria de Paracas, es el plazo de ejecución de 6 meses (julio 2017 – enero 2018).

Finalizando el presente estudio, se sustentará los resultados, los beneficios, las conclusiones y las recomendaciones producto de haber experimentado las herramientas Lean en el proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas en el contexto de Paracas.

ABSTRACT

This thesis is based on the common need of the human being for rest and how, through engineering, we can benefit the final user to satisfy this need.

In Peru, a large percentage of people choose to rent or buy beach houses but unfortunately this is not within the economic reach of the average citizen, for this reason, this thesis has the hypothesis that using Lean Construction tools we can make more efficient a construction company (Suma Arquitectos) and thus optimize their processes to obtain less waste in cost and time, and indirectly benefit the final user with a quality product at a lower price.

Therefore, in this thesis we will appreciate the application of Lean Construction tools to the planning, programming, execution and control of an urban habilitation project, the Bay of Paracas Oasis Condominium, located in Paracas, district of Pisco (Ica Region). Having a desert climate and being a few meters from the sea, carrying out a project of such magnitude in such a place, demands a very good organization both at managerial and operational level, since apart from the variability of a project and the unfavorable conditions of the context (phreatic level at -1.2m on average, sandy terrain, high temperatures and a lot of breeze), an immovable restriction by the board of owners, represented by the developer, Real Estate Company of Paracas, is the deadline of 6 months (July 2017 - January 2018).

At the end of the present study, the results, benefits, conclusions and recommendations will be sustained as a result of having experienced the Lean tools in the Oasis Bahía de Paracas Condominium project in the context of Paracas.

PRÓLOGO

La construcción en nuestro país está considerada como conservadora y resistente a los cambios, por lo que es deber de las nuevas generaciones de profesionales difundir las mejoras en la ingeniería civil al igual que aplicarlas, ya que muchas veces se conoce determinados métodos, mas no se aplican a los proyectos a pesar de existir evidencia (estudios nacionales e internacionales) de los beneficios involucrados.

En la tesis de mi alumno y ahora tesista, Luis Yika, nos comparte su experiencia en la participación que tuvo durante la ejecución de un proyecto, un condominio de gran extensión en Paracas (Pisco), en el cual aplica la filosofía Lean reflejada en herramientas y métodos como el sistema del último planificador, dándole importancia a la persona que conoce la capacidad de los trabajadores con respecto a determinadas tareas, el capataz, generando un flujo de trabajo constante y de mayor confiabilidad con respecto a los hitos; sectorización y tren de trabajo; conceptos de mejora continua, Kaizen y PDCA; mejora de productividad por medio de Ishikawa, cartas balance, nivel general de actividad, entre otros.

En conclusión, este trabajo de tesis es un gran aporte a las nuevas generaciones de ingenieros civiles enfocados a la gestión de proyectos usando Lean Construction, por lo que espero puedan utilizar este trabajo para aprovechar la experiencia del bachiller e intentar siempre ver la forma de mejorar lo que ya se considera bueno ya que ni la ingeniería ni los métodos son perfectos, sino perfectibles, pudiendo ser cada día mejor.

Ing. Walter Hemógenes Rodríguez Castillejo
Docente en la Universidad Nacional de Ingeniería
Asesor

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1 Las 8 clasificaciones de los desperdicios.	32
Tabla N° 2 Tabla de porcentajes de confiabilidad de actividades predecesoras.	39
Tabla N° 3 Ejemplo sobre 5 whys.	41
Tabla N° 4 Conteo de defectos.	43
Tabla N° 5 Tiempo requerido para la fabricación de partes de avión.	46
Tabla N° 6 Formato para toma de datos – Carta balance.	62
Tabla N° 7 Tipos de lotes dentro del condominio.	71
Tabla N° 8 Sub proyectos de la Compañía Inmobiliaria de Paracas.	72
Tabla N° 9 Empresas proyectistas involucradas en el proyecto.	73
Tabla N° 10 Presupuesto resumen aprobado por CIP.	78
Tabla N° 11 Presupuesto resumen del proyecto COBP.	85
Tabla N° 12 Involucrados en el proyecto COBP.	86
Tabla N° 13 Hoja de planificación resumida.	97
Tabla N° 14 Hoja de planificación - sección estructura.	98
Tabla N° 15 Actividades de "Pistas y Veredas" organizadas en función a su HH descendentemente.	99
Tabla N° 16 Cuadro de restricciones iniciales.	102
Tabla N° 17 Hoja de planificación (1 de 2).	103
Tabla N° 18 Hoja de planificación (2 de 2).	104
Tabla N° 19 Distribución de áreas en el proyecto.	106
Tabla N° 20 Tren de trabajo en vías de afirmado, Módulo =900m ² /día.	114
Tabla N° 21 Tren de trabajo en veredas, Módulo = 360m ² /día.	117
Tabla N° 22 Tipos de Restricciones.	123
Tabla N° 23 Análisis de restricciones 21/ 10 / 17.	124
Tabla N° 24 Programación semanal y análisis de cumplimiento.	135
Tabla N° 25 Catálogo de causas de incumplimientos.	136
Tabla N° 26 Distribución de causas de incumplimiento semana 6.	137
Tabla N° 27 Control de productividad, partida de instalación de adoquines.	139
Tabla N° 28 Porción del formato de NGA.	143
Tabla N° 29 Cuadrilla de instalación de adoquines.	144
Tabla N° 30 Carta balance - instalación de adoquines.	145
Tabla N° 31 Actividades más relevantes en la ejecución del COBP.	154

Tabla N° 32 Identificación y clasificación de actividades.....	158
Tabla N° 33 Cuadrilla seleccionada - Relleno Compactado con afirmado.....	158
Tabla N° 34 Posibles causantes de problemas en relleno compactado con afirmado.	161
Tabla N° 35 Identificación de cuadrilla y clasificación de actividades.....	170
Tabla N° 36 Resultado de valor ganado en proyecto COBP.....	176
Tabla N° 37 Análisis de confiabilidad.	178

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1 Productividad de la construcción comparada con otras industrias de Estados Unidos.	22
Figura N° 2 Venta de viviendas en Lima Metropolitana. ²	23
Figura N° 3 Modelo de conversión de procesos.....	24
Figura N° 4 Modelo de flujo de procesos.	25
Figura N° 5 Círculo de la Improductividad de una empresa adaptado por Ohno (1988).	31
Figura N° 6 Comparación entre filosofías de producción.	33
Figura N° 7 Muestreo del trabajo en diferentes países de Sudamérica.	36
Figura N° 8 Esquema simplificado de Kaizen.	40
Figura N° 9 Diagrama de Pareto.	43
Figura N° 10 Diagrama Ishikawa para analizar la baja productividad.....	44
Figura N° 11 Círculo de Deming.	45
Figura N° 12 Curva Tiempo de ejecución Vs Numero de repeticiones.	47
Figura N° 13 Curva de rendimiento contra número de repeticiones.	47
Figura N° 14 Ejemplo de Tren de Actividades 2.....	49
Figura N° 15 Formación de tareas en el LPS.....	53
Figura N° 16 Formación de tareas en el Sistema Convencional.	53
Figura N° 17 Planificación tradicional vs planificación LPS.	54
Figura N° 18 Modelo general de planificación del proyecto usando LPS.	54
Figura N° 19 Programación intermedio de la actividad de fragmentación de agua.	56
Figura N° 20 Formato de lista de restricciones.	57
Figura N° 21 Formato de Programación Semanal.....	58
Figura N° 22 Programación diaria.	59
Figura N° 23 Resumen semanal de los PPC del proyecto.	60
Figura N° 24 Gráfico del análisis de confiabilidad.	60
Figura N° 25 Ejemplo de carta balance.....	63
Figura N° 26 Representación de curva S de valor ganado.....	65
Figura N° 27 Ubicación del proyecto.....	68
Figura N° 28 La Catedral, ubicado en la reserva de Paracas.....	69
Figura N° 29 Render del futuro condominio.	71
Figura N° 30 Organigrama inicial Suma Arquitectos, julio 2017.	75

Figura N° 31 Sección Estructuras de la Programación Maestra (1 de 2).....	80
Figura N° 32 Sección Estructuras de la Programación Maestra (2 de 2).....	80
Figura N° 33 Esquema de etapas del proyecto COBP (inicio).	83
Figura N° 34 Plazo contractual del proyecto COBP.	84
Figura N° 35 Esquema de etapas del proyecto COBP (Planificación operativa y programación).	87
Figura N° 36 Niveles de planeamiento.....	88
Figura N° 37 EDT preliminar del proyecto Oasis Bahía de Paracas (antes de la sectorización definitiva).....	92
Figura N° 38 Diagrama de Pareto para identificación de tareas restrictivas.....	99
Figura N° 39 División de áreas en la HU.....	106
Figura N° 40 Área remanente de la HU.	107
Figura N° 41 Bosquejo de creación de urbanización basado en el manto de Paracas.	108
Figura N° 42 Master plan del proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas..	109
Figura N° 43 Sectores de la HU.....	110
Figura N° 44 Parte del plano de instalación de agua potable del COBP - Sector A.....	111
Figura N° 45 Parte del plano de instalación eléctrica del COBP - Sector A.....	111
Figura N° 46 Plano de instalación de desagüe del COBP - Sector A.	111
Figura N° 47 Vías en el proyecto COBP.	112
Figura N° 48 Sectorización lineal en vías.....	113
Figura N° 49 Diagrama de procesos restrictivos en vías.....	114
Figura N° 50 Sección ramificadas de veredas - Sector A.....	115
Figura N° 51 Diagrama de procesos restrictivos en veredas.....	116
Figura N° 52 Ubicación de estructuras independientes.....	118
Figura N° 53 Programación del proyecto COBP en hitos.	120
Figura N° 54 Look Ahead Plannig - Semana 6 COBP.....	122
Figura N° 55 Programación semanal - Semana 6.....	126
Figura N° 56 Programación diaria 07/ 08/ 17.	128
Figura N° 57 Esquema de etapas del proyecto COBP (Ejecución).	129
Figura N° 58 Ejecución de la actividad: Excavación manual de zanja.....	130
Figura N° 59 Ejecución de la actividad: Instalación de adoquines en veredas.	130
Figura N° 60 Esquema de etapas del proyecto COBP (Control).	131
Figura N° 61 Corte del proyecto a la semana 14.	132
Figura N° 62 Diagrama circular de causas de incumplimiento semana 6.....	137

Figura N° 63 Curva de productividad - Instalación de adoquines.....	140
Figura N° 64 Curva de rendimiento - instalación de adoquines.....	141
Figura N° 65 Curva de IP - Instalación de adoquines.....	142
Figura N° 66 Curva IR - Instalación de adoquines.	142
Figura N° 67 Esquema de etapas del proyecto COBP (Cierre).....	147
Figura N° 68 NGA promedio en el proyecto COBP.	149
Figura N° 69 NGA por Virgilio Ghio.....	150
Figura N° 70 NGA por Morales y Galeas.	150
Figura N° 71 NGA por C. Ramírez.....	151
Figura N° 72 NGA por A. Guzmán.	151
Figura N° 73 NGA por D. Merino.	151
Figura N° 74 NGA por A. Serpell.	152
Figura N° 75 NGA por L. Botero.	153
Figura N° 76 Nivelación del afirmado.....	157
Figura N° 77 Prueba de compactación según normas técnicas.	157
Figura N° 78 Distribución de tiempo - Relleno compactado con afirmado.....	159
Figura N° 79 Distribución individual de tiempos.	159
Figura N° 80 Distribución general de tiempo según cada actividad.....	160
Figura N° 81 Diagrama causa efecto (Ishikawa) - relleno compactado con afirmado.	161
Figura N° 82 Diagrama de Pareto - relleno compactado con afirmado.....	162
Figura N° 83 Layout plant - descarga de material granular en espera.....	163
Figura N° 84 Layout plant - descarga de afirmado en función a la liberación de restricciones.	164
Figura N° 85 Resultados de carta balance - relleno compactado con afirmado.	165
Figura N° 86 Curva de rendimiento - relleno compactado con afirmado.	167
Figura N° 87 Curva IR- relleno compactado con afirmado.	168
Figura N° 88 Encofrado de sardineles en veredas.....	169
Figura N° 89 Distribución de tiempos - encofrado de sardineles (1 de 2).....	170
Figura N° 90 Distribución de tiempos - encofrado de sardinel (2 de 2).....	171
Figura N° 91 Foto de motocarga.....	172
Figura N° 92 Distribución de tiempo - encofrado de sardinel.	172
Figura N° 93 distribución individual de tiempo - encofrado de sardinel.	173
Figura N° 94 Curva de rendimiento - encofrado de sardinel.....	174
Figura N° 95 Curva IR - encofrado de sardinel.	175

Figura N° 96 valor ganado del proyecto COBP.....	177
Figura N° 97 Gráfico de índice de confiabilidad en proyecto COBP.....	179
Figura N° 98 Panel de Análisis de Causas de Incumplimientos.....	181
Figura N° 99 Lecciones aprendidas a calidad y procesos constructivos.....	182

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

- AC:** Actual cost o costo real de trabajo realizado (CRTR).
- BAC:** Budget at Completion o presupuesto al finalizar.
- CD:** Costo directo.
- Ce:** Costo de equipo.
- Ch:** Costo de herramientas.
- CI:** Costo Indirecto.
- CIP:** Compañía Inmobiliaria de Paracas.
- Cm:** Costo de materiales.
- Co:** Costo de mano de obra.
- COBP:** Condominio Oasis Bahía de Paracas.
- CPI:** Index Performance Cost o índice de desempeño del costo.
- CPM:** Critical Path Method.
- CTA:** Control técnico administrativo.
- CV:** Cost Variance o variación del costo (VC)
- dc:** Días calendario.
- du:** Días útiles.
- EAC:** Estimate at Conclusion o estimación al concluir.
- EDT:** Estructura de descomposición de trabajo.
- ETC:** Estimate to complete o estimación para la terminación.
- EV:** Earned Value o costo presupuestado del trabajo realizado (CPTR).
- EVM:** Earned Value Management.
- GG:** Gastos generales.
- HH:** horas máquina.
- HU:** Habilitación urbana.
- IP:** Índice de productividad.
- IPo:** Índice de productividad meta o presupuestado.
- IR:** Índice de rendimiento.
- IRo:** Índice de rendimiento meta o presupuestado.
- ITE:** Inventario de trabajo ejecutable.
- Kg:** Kilogramo.
- LCI:** Lean Construction Institute.
- LP:** Last Planner.
- LPDS:** Lean Project Delivery System.

m2: metro cuadrado.

m3: metro cúbico.

NGA: Nivel General de Actividad.

OCA: Orden de cambio.

OIT: Organización Internacional del Trabajo.

PAC: Porcentaje de actividades completadas.

PMI: Project Management Institute.

PPC: Porcentaje de plan completado.

PV: Planned Value o costo presupuestado del trabajo programado (CPTP).

SPI: Index Schedule Performance o índice de desempeño de ejecución.

SV: Schedule variance o variación del programa (VP).

TOC: Theory of Constraints (Teoría de Restricciones).

Tp: Tiempo de programación.

Tpr: Tiempo de programación restrictivo.

TPS: Toyota Production System.

Tu: Tiempo unitario.

Ulp: Unidades lógicas de producción.

VAC: Variation at Completion o variación al finalizar.

WBS: Work breakdown structure (EDT).

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Todas las personas cuentan, periódicamente, con la necesidad del descanso el cual es esencial para la salud y para llevar una mínima calidad de vida. Un muestreo realizado en Perú, por el Portal Inmobiliario Urbania (2018), indica que el 76% de personas prefieren invertir dinero para el descanso alquilando casas de playa las cuales varían entre 400 y 5000 dólares mensuales, estos precios exorbitantes limitan a que solo un sector de la sociedad peruana tenga acceso a dichos inmuebles y esto, al margen de la oferta y demanda, se debe al gran costo de inversión que las constructoras solicitan para construir casas de playa.

En el Perú, generalmente las constructoras que realizan casas de playas, son de mediana a poca capacidad de contratación, las cuales, por su limitada experiencia, no cuentan con procesos estandarizados ni optimizados que sumados a la filosofía de desintegración entre involucrados (stakeholders) y la gestión tradicional de empuje o push generan desperdicios en tiempo y costo que refleja como resultado final un presupuesto afectado por buffers económicos a fin de contrarrestar la variabilidad del proyecto y asegurar las utilidades positivas de la empresa, dejando egoístamente de lado, la importancia de beneficiar al usuario final.

En Paracas – Ica, se realizará un proyecto privado de Habilitación Urbana, el Condominio Oasis Bahía de Paracas, teniendo como promotor a la Compañía Inmobiliaria de Paracas S.A. y como constructor a Suma Arquitectos S.A.C., esta es una pequeña constructora que ha estado realizando proyectos bajo el sistema push, y por lo tanto, ha estado generando una serie de desperdicios sin ser consciente de ellos o quizá simplemente conviviendo con ellos.

Por lo tanto, la presente tesis plantea aplicar Lean Construction en los procedimientos técnicos del proyecto con el fin de hacerlos más eficientes para poder obtener el mismo producto a un menor costo siendo más financiables para los usuarios finales.

1.2 PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son las herramientas y/o métodos que se puede utilizar en el desarrollo del proyecto, Condominio Oasis Bahía de Paracas, para beneficiar a los usuarios finales en cuanto a tiempo, costo y calidad?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué herramienta y/o método podría causar un efecto positivo en la programación (tiempo) del proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas?
- ¿Qué herramientas y/o métodos podrían contrarrestar los bajos niveles de productividad (costos) en la ejecución del proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas?
- ¿Qué métodos y/o herramientas podrían mejorar aspectos de calidad y procesos en el proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las herramientas y/o métodos que se puedan aplicar al desarrollo del proyecto, Condominio Oasis Bahía de Paracas, para beneficiar a los usuarios finales en tiempo, costo y calidad.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de aplicar Last Planner System en la programación del proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas.

- Determinar cómo influye los métodos y herramientas Lean Construction ante los bajos niveles de productividad en la ejecución del proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas.
- Determinar el efecto de aplicar los principios de mejora continua al ámbito de procesos y calidad en el proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

Las herramientas y métodos Lean Construction pueden utilizarse en el desarrollo del proyecto, Condominio Oasis Bahía de Paracas, para obtener beneficios en tiempo, costo y calidad para los usuarios finales.

1.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La aplicación del Last Planner System puede causar efectos positivos en la programación del proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas, beneficiando al usuario final con un producto en el tiempo acordado o incluso en menor tiempo.
- Las metodologías Kaizen complementado con herramienta Lean Construction (Carta Balance, Ishikawa, Principio de Pareto, JIT, entre otros) pueden aumentar los niveles de productividad en las actividades a ejecutar en el proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas.
- Es posible obtener mejoras en aspecto de procesos y calidad, durante la ejecución del proyecto, aplicando conceptos de mejora continua y herramientas como lecciones aprendidas, beneficiando al usuario final con un producto de excelente calidad.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 PROYECTO

2.1.1 DEFINICIÓN DE PROYECTO

Existe una indeterminada cantidad de definiciones de lo que sería un proyecto, por lo que citaremos la definición de dos entidades mundialmente reconocidas.

Proyecto Según Project Management Institute (PMI)

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto, cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. Asimismo, se puede poner fin a un proyecto si el cliente (cliente, patrocinador o líder) desea terminar el proyecto. (PMI, 2013)

Proyecto Según Lean Construction Institute (LCI)

Un proyecto es un sistema temporal de producción, los cuales son estructurados de tal manera que se obtenga un máximo valor al producto o servicio final, minimizando los desperdicios durante el proceso de producción.

Estas dos definiciones anteriores, son bastante generales por lo que nos lleva a definir lo que es un proyecto de inversión, el cual es como se le considera a los proyectos de construcción. (Lean Construction Institute , 2016)

Proyecto de Inversión

Se puede definir a un proyecto de inversión como el conjunto de actividades y tareas que tienen un objetivo específico, realizado bajo ciertas especificaciones y tiene lugar en un medio físico determinado. Un proyecto de inversión está provisto de un tiempo definido, un presupuesto, determinados recursos y es

liderado por un conjunto multidisciplinario de profesionales. (Rodríguez Castillejo & Valdez Cáceres, 2012)

El autor de la presente tesis, se siente más identificado con la postura de Lean Construction, motivo por el cual desarrolla la presente investigación enfocado en la filosofía Lean. Partiendo de este punto consideraremos a los proyectos de construcción, al igual que LCI, como un sistema de producción.

Este sistema de producción ha venido evolucionando a lo largo del tiempo, adaptándose a los contextos socioculturales y económicos en cada parte del mundo donde se utilice, por lo que hoy en día, existe una gran diferencia entre empresas que estén actualizadas en los modelos productivos más eficientes y las que no, creando una diferencia abismal en competitividad y estatus de reconocimiento.

A modo de introducción al tema de estudio, se mostrará cuáles fueron las necesidades principales que obligaron a la industria de construcción a cambiar su modelo tradicional de gestión de proyectos.

2.2 NECESIDAD DE CAMBIO DE MODELO PRODUCTIVO EN LA CONSTRUCCIÓN

Los problemas típicos del modelo tradicional de la gestión integral de proyectos, desde su fase inicial de diseño hasta su ejecución, uso y mantenimiento, incluyen:

- Escasa formación y experiencia en los nuevos sistemas de gestión y planificación de obras.
- Control de calidad ineficaz basado en métodos estadísticos que están lejos de garantizar el cien por cien de la calidad.
- Escaso rigor en el cumplimiento de las medidas de seguridad.
- Errores y omisiones en proyectos.
- Falta de interés en la formación y capacitación de los trabajadores.
- Falta de coordinación entre los actores intervinientes en las diferentes etapas del proyecto.

- Falta de transparencia y comunicación entre las partes interesadas y
- Baja productividad comparada con otras industrias.

Las principales consecuencias de todo ello son bien conocidas: ejecución de obras fuera de plazo, sobrecostos, reclamaciones derivadas de la escasa calidad, excesivo número de accidentes laborales y, en general, incertidumbre y variabilidad con respecto a las condiciones iniciales del contrato. (Pons Achell, 2014)

Las razones históricas de esta disfuncionalidad son muchas, entre ellas, la multiplicidad de participantes con intereses en conflicto, una cultura organizacional incompatible entre los miembros del equipo de proyecto y el acceso limitado a la información oportuna, en el momento preciso. Así pues, el objetivo de todos los actores en la industria de la construcción debería ser una mejor, más rápida y más eficaz gestión integral del proyecto (desde el diseño hasta el uso del edificio o infraestructura) creada por la formación de equipos totalmente integrados y colaborativos.

La industria que engloba la arquitectura, ingeniería y construcción, que apenas ha sufrido cambios esenciales durante más de un siglo, está apuntando hacia un futuro significativamente diferente al actual. Nuevas herramientas, metodologías y roles están influyendo y dando forma a cambios fundamentales en la cultura empresarial de la construcción. Estamos en las primeras etapas de una transformación acelerada, generalizada y positiva, y es muy importante que comprendamos por qué necesitamos un cambio de sistema productivo en la construcción. Entre las fuerzas más importantes que están influyendo en la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción hoy en día se incluyen las tres siguientes:

2.2.1 DESPERDICIOS EN TIEMPO, COSTO Y PRODUCTIVIDAD

Un estudio comparativo realizado por la Oficina de Estadísticas del Trabajo del Departamento Americano de Comercio sobre la productividad laboral para la industria de la construcción de EE.UU. y todas las demás industrias no agrícolas, revela que durante el período de tiempo comprendido entre 1964 y 2003 el índice de productividad de la construcción descendió casi un 25%, mientras que

la productividad en el resto de la industria no agrícola se incrementó en casi un 200%. Se observa el detalle en la figura N° 1 siguiente:

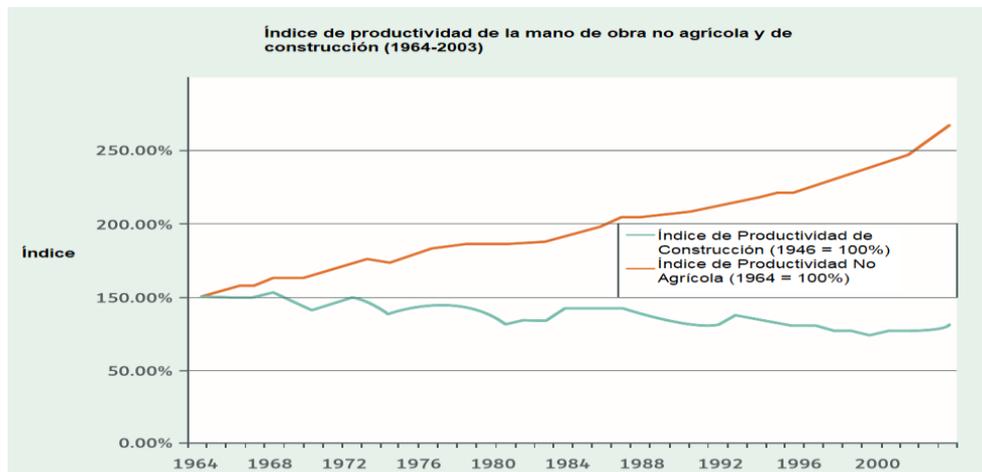


Figura N° 1 Productividad de la construcción comparada con otras industrias de Estados Unidos.¹

Otro estudio de 2004 del Construction Industry Institute y el Lean Construction Institute indica que hasta el 57% del tiempo, el esfuerzo y el material de la inversión en proyectos de construcción no añade valor al producto final, mientras que en comparación en la industria de la fabricación la cifra es solo del 26%. (Pons Achell, 2014)

2.2.2 MAYOR EXIGENCIA DE UNA CONSTRUCCIÓN DE CALIDAD POR PARTE DEL USUARIO FINAL

En el mundo globalizado en que vivimos la información abunda y se encuentra a la mano de cualquier persona, por lo tanto, los usuarios finales conocen cada vez más temas de productividad y desperdicios, en consecuencia exigen más calidad en la construcción, mayor eficiencia, menores costos, un plazo definido e inamovible. Bajo este contexto una gran cantidad de usuarios rechaza el modelo tradicional de diseñar, licitar y construir ya que generalmente, cada etapa lo ejecuta diferentes entidades que al culminar sus alcances se niegan a cooperar con los demás contratistas involucrados.

2.2.3 EL CAMBIO DEL MODELO DE PRODUCCIÓN EN PERÚ

¹ Fuentes: Departamento de Comercio de los Estados Unidos, Oficina de Estadísticas Laborales.

Con todos los ítems mencionados anteriormente, podemos deducir que es necesario realizar un cambio del modelo de producción, ya que el modelo tradicional no cumple las expectativas del usuario final, considerándose entonces, un modelo errado. El Perú tiene como antecedente de dicha necesidad, el boom inmobiliario.

Boom Inmobiliario

El Boom Inmobiliario fue un fenómeno económico que se dio en diversos países del mundo y afectó a cada uno en distintas fechas, en el caso de Perú, fue impactado por el Boom Inmobiliario en el periodo de 2002 a 2012. En este periodo surgió una serie de financiamientos para construcción (principalmente por bancos), los cuales eran fáciles de calificar y considerados como “baratos” de costear para el contexto económico de dichos años. Este financiamiento positivo trajo como consecuencia un contexto ideal para ocultar la improductividad y mala gestión de muchas empresas constructoras debido a que si la improductividad aumentaba o los problemas surgían (vicios ocultos no previstos), el sobre coste del proyecto se podía absorber fácilmente con más financiamiento y/o subida de precios. (Zubiate, 2015)

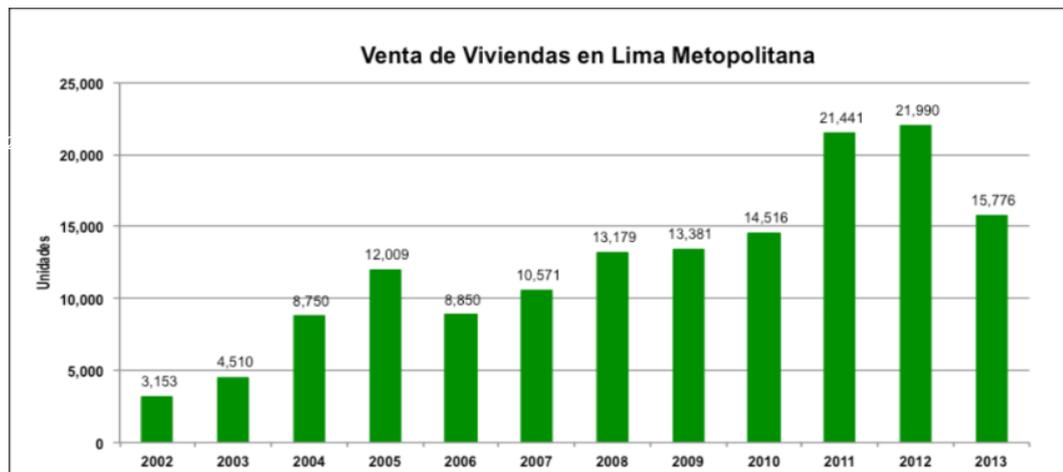


Figura N° 2 Venta de viviendas en Lima Metropolitana.²

Durante el Boom Inmobiliario, se camufló una serie de desperdicios e incapacidades de parte de las constructoras, pero al finalizar el año 2012 hasta la fecha (2018)

² Figura N° 2 obtenida de un estudio de CAPECO.

se ingresó a una etapa de cambio nada positiva para el sector construcción surgiendo la necesidad de ser muy competitivos e intentar cumplir con todas las exigencias de calidad del sector privado.

2.3 MODELO DE CONVERSIÓN VS MODELO DE FLUJO

El modelo de conversión de procesos es el modelo clásico en el cual por medio de insumos, materia prima o recursos en general, adicionado a un conjunto de actividades individuales o subprocesos que conforman un proceso de producción, se obtiene un producto final. Este modelo es el que se ha estado utilizando en la construcción por décadas, muy empleado en formatos de Método de Ruta Crítica (CPM), Estructura de Descomposición de Trabajo (WBS), entre otros. Cabe resaltar que el modelo de producción deja muchos vacíos al analizar la productividad ya que tan solo logra descomponer jerárquicamente el proceso de producción en subprocesos dejando de lado los flujos físicos como (esperas, traslados e inspecciones). (Chávez Rimarachín, 2015)

En la figura N° 3 se aprecia el modelo de conversión de procesos.

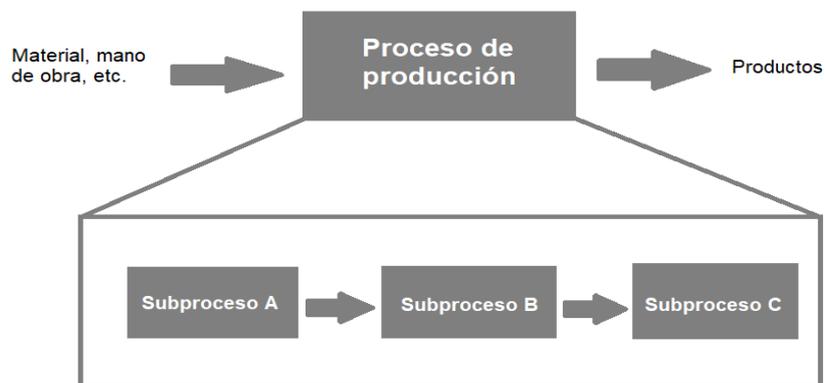


Figura N° 3 Modelo de conversión de procesos.³

El modelo de flujo de procesos (figura N°4) enfoca la producción incluyendo los flujos físicos antes mencionados, generando un modelo mucho más similar a la realidad. El objetivo principal del flujo de procesos es eliminar las pérdidas en los subprocesos así como en los flujos físicos que a diferencia del modelo de

³ Obtenido de "Aplicación de una Nueva Filosofía de Producción para la Construcción". (Koskela, 1992)

producción se mantenían camuflados. Partiendo de este modelo se genera la división del trabajo que produce tiempos productivos, contributorios y no contributorios.

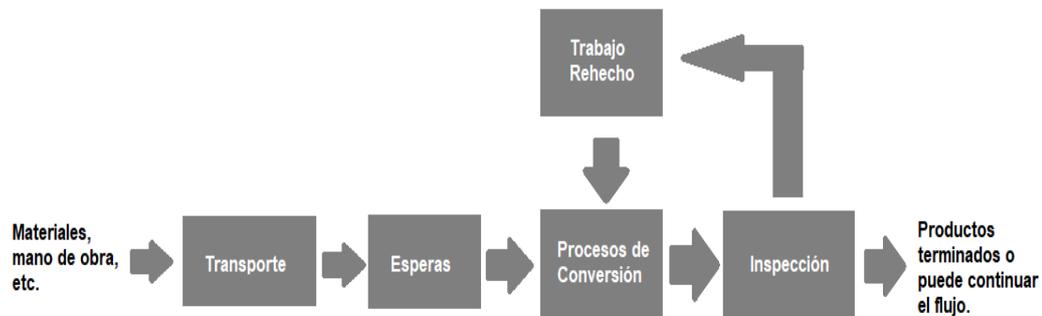


Figura N° 4 Modelo de flujo de procesos. ⁴

2.4 LA FILOSOFÍA LEAN

Definición

Cultura de respeto y mejora continua dirigida a crear más valor para el cliente a la vez que identifica y elimina el desperdicio. (Lean Construction Institute, 2016)

La Filosofía Lean fomenta:

- Trabajo en equipo.
- Mejor comunicación.
- Facilita la visión en conjunto de todos los procesos.
- Ayuda a la identificación temprana de errores.
- Eficaz y rápida solución de errores identificados.
- Mayor autogestión.

El término Lean implica en pocas palabras, la utilización de menos recursos en todos los aspectos relacionados con la producción (espacio, inversión, horas-

⁴ Obtenido de "Aplicación de una Nueva Filosofía de Producción para la Construcción". (Koskela, 1992)

hombre, tiempo, entre otros) en comparación con el antiguo modelo de producción en masa. Todo ello contribuye a disminuir los imperfectos y promueve la variedad de nuevos productos. (Womack, Jones, & Roos, 1992)

2.4.1 ORIGEN DE LA FILOSOFÍA LEAN

El origen de la Filosofía Lean se remonta a los años 1973 en los cuales iniciaba la mundialmente conocida Crisis del Petróleo, protagonizado por países árabes los cuales decidieron no exportar más petróleo a países externos que hubiesen apoyado a sus enemigos. Esta medida incluía a muchas potencias mundiales como Estados Unidos y países europeos. (Pons Achell, 2014)

El aumento de precio, unido a la gran dependencia que tenía el mundo industrializado de aquella época al petróleo, generó una fuerte recesión que afectó al mundo entero. (Eckstein, 1979)

Bajo el contexto de recesión mundial, Japón no fue ajeno a ello y llegó a tal momento crítico de crecimiento cero. A pesar de la crisis había una empresa japonesa, Toyota Motors Company, dedicada a la fabricación automovilística mantuvo ingresos superiores a otras empresas por los años (1975 – 1977). El amplio margen de diferencia llamó la atención en Japón y posteriormente, en el mundo entero.

Toyota Motors Company pudo mantener un margen superior con respecto a las demás empresas, en un periodo crítico como la crisis del petróleo gracias a un sistema desarrollado en la misma compañía, Sistema de Producción Toyota (TPS), que proporcionaba mayor calidad y menores costos en menores plazos.

2.4.2 TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

Toyota Production System o Sistema de Producción Toyota fue desarrollado por la misma compañía dirigido por el jefe de producción de aquel entonces, Taiichi

Ohno⁵, ¿pero en qué consistía y como se creó TPS?, TPS se basaba en la siguiente premisa, eliminar los desperdicios, improductividad o actividades que no añaden valor al producto final (premisa que señala a TPS como el origen de Lean Production).

TPS se basaba en los siguientes conceptos:

Just in Time (JIT)

Kiichiro Toyota, hijo de Sakichi Toyota (fundador de Toyota Motors Company), integró el concepto JIT en la compañía, el cual consistía básicamente en realizar una política de no inventario y trabajar con un muy buen flujo de información (con los proveedores) para evitar la sobreproducción.

Jidoka

Sakichi Toyoda, fundador del grupo Toyota, inventó e incorporó un dispositivo al telar automático de producción de autopartes, de modo que hacía que el sistema se detenga cada vez que encontraba un defecto y así no producir piezas de mala calidad.

TPS se perfecciona a través de iteraciones de trabajos estandarizados y Kaizen (mejora continua), seguido de un plan de acción basado en el círculo de Deming PDCA, Plan – Do – Check – Act, que esto traducido en español sería Planificar – Hacer – Verificar – Actuar.

Podemos afirmar que TPS fue la aplicación de la Filosofía Lean al sector de producción automovilístico. Cabe resaltar que la primera expresión de esta filosofía fue TPS, pero a lo largo de los años se adapta a otros sectores al igual que va evolucionando, por lo que, después del impacto que TPS creó en el mundo, se adaptó la Filosofía Lean (base de TPS) a la industria manufacturera, naciendo así, Lean Production.

⁵ Taiichi Ohno (1920–1990). Ingeniero y ejecutivo de Toyota, al cual se considera el principal responsable del desarrollo e implantación del TPS.

2.4.3 LEAN PRODUCTION

Lean Production o producción sin pérdidas, es la aplicación de la Filosofía Lean al sector manufacturero el cual es un sector que comprende los productos elaborados con las manos o con ayuda de máquinas.

Lean Production ha servido de base para la elaboración de diversos conceptos como Cadenas Críticas, Teoría de las Restricciones y Mejoramiento Continuo, propuesto por el físico israelí Eliyahu Goldratt, plasmado en los libros “La Meta”, “Teoría de Restricciones”, “Las Cadenas Críticas” y “No Fue la Suerte” (segunda parte de La Meta), que ha revolucionado la administración de negocios. (Rodríguez Castillejo & Valdez Cáceres, 2012)

A pesar de que LP ya se utilizaba en Japón desde los 50's, el término Lean Production fue acuñado por John Krafcik a finales de los años 80's y difundido a nivel global durante los 90's a raíz de las siguientes publicaciones:

- “La Máquina que Cambió al Mundo”, por Jones P. Womack, Daniel T. Jones y Daniel Ross.
- “Lean Thinking”, por Jones Womack y Daniel Jones.
- “La Clave del Éxito de Toyota”, Jeffrey K. Liker.

2.4.4 APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN A LA CONSTRUCCIÓN

Ya se ha comparado la construcción y el sector manufacturero, en la cual se aprecia la evidente superioridad del sector manufacturero sobre el sector construcción por lo que se hace coherente el hecho de que en alguna parte de la historia alguien adoptaría los conceptos de la filosofía Lean a otros sectores.

Recordemos que Lean Production se empezó a expandir globalmente a partir de los años 80's y 90's⁶, por lo que las industrias empezaron a conocer el concepto de la filosofía Lean por medio de Lean Production, acontecimiento que trajo

⁶ Difusión de Lean Production tras la definición del concepto por John Krafcik, las docenas de libros tratando sobre el tema y la difusión por el MIT de Lean Production en 1989.

como consecuencia que por los años 1992, el ingeniero Lauri Koskela⁷ adaptara Lean Production a la construcción, existiendo lógicamente, dificultades en el proceso de adaptación debido a lo distinto que puede ser la industria de construcción comparado con otras industrias más especializadas. (Rodríguez Castillejo & Valdez Cáceres, 2012)

2.5 LEAN CONSTRUCTION

La industria de la construcción se veía desde el modo tradicional como una industria de conversión la cual tomaba materiales, los transformaba y los entregaba como producto terminado y sabemos que el sistema de producción Lean es visto como un flujo y las teorías que tiene se aplican a una producción de flujo. Por tal motivo, la filosofía Lean Construction considera la construcción ya no como solo un sistema de transformación, sino como un flujo de materiales y recursos para la obtención de un producto, para que de esta manera se puedan aplicar los principios de la producción lean, ya que según Ballard⁸ el modelo de flujo de procesos permite visualizar las abundantes pérdidas que usualmente se encuentran en la construcción y que el modelo de conversión no nos permite ver. (Guzmán Tejada, 2014)

La complejidad de la industria de la construcción también juega en contra para aplicar los principios del lean production. Cada proyecto de construcción es diferente y se desarrolla en un ambiente incierto incluso proyectos similares son desarrollados de manera totalmente distinta. La variabilidad es un factor inherente a la construcción ya que, debido a la complejidad que posee, hay muchos agentes que intervienen en las diversas etapas. Hay que recordar que prácticamente en todas las construcciones se trabaja con subcontratos, los cuales no siempre están dispuestos a depurar su forma de trabajo en pro de una mejora general. (Guzmán Tejada, 2014)

⁷ Lauri Koskela, ingeniero que contribuyó con los fundamentos teóricos para Lean Construction. Fue el responsable de adaptar LP a la construcción y finalmente es miembro fundador del International Group of Lean Construction.

⁸ H. Glenn Ballard es co-fundador y director de investigación del Lean Construction Institute (LCI), Dr. Ballard aporta 25 años de experiencia en la industria de la construcción a su papel y es un reconocido experto en el área de mejora el rendimiento del proyecto.

A pesar de estas complicaciones que presentan los proyectos de construcción se pudo adaptar el lean production a esta industria y así crear la nueva filosofía de construcción llamada “Lean Construction”, esta nueva filosofía tiene el mismo enfoque que es maximizar el valor para el cliente reduciendo al máximo las pérdidas. (Guzmán Tejada, 2014)

2.5.1 DEFINICIÓN DE LEAN CONSTRUCTION

Lean Construction es la adaptación de la filosofía Lean, por medio del antecedente de la época, el cual fue Lean Production, al sector de construcción.

Otra definición sería la de Lean Construction Institute, la cual afirma que LC es una nueva manera de aplicar la gestión de producción en la industria de la construcción.

2.5.2 LEAN CONSTRUCTION, NUEVA FILOSOFÍA DE CONSTRUCCIÓN

Para comprender la nueva filosofía de construcción se definirá algunos conceptos previos:

- **Valor:** Una calificación subjetiva que el cliente define y le designa a un determinado producto, en construcción, el principal valor sería una construcción de calidad cumpliendo los acuerdos contractuales.
- **Procesos de conversiones:** Conjunto de operaciones que se somete un material para elaborar un producto final.
- **Flujos:** Actividades necesarias para llegar al producto final, dichas actividades que agrega valor (inspección, transportes, esperas).
- **Flujo de trabajo:** El movimiento de información y materiales a través de la red de unidades de producción.
- **Mudas o Pérdidas:** Muda es una palabra japonesa que significa desperdicio, en el sentido de toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero

no crea valor: fallos que precisan rectificación, producción de artículos que nadie desea y el consiguiente amontonamiento de existencias y productos sobrantes, pasos en el proceso que no son realmente necesarios, movimientos de empleados y transporte de productos de un lugar a otro sin ningún propósito, grupos de personas en una actividad aguas abajo en espera porque una actividad aguas arriba no se ha entregado a tiempo, y bienes y servicios que no satisfacen las necesidades del cliente. (Womack & Jones, 1996)

Taiichi Ohno descubrió que en una empresa u organización la mayor parte de las actividades que realizamos no añaden valor neto al producto o servicio final que entregamos al cliente y por lo tanto son susceptibles de mejorar o eliminar. (Pons Achell, 2014)

En la figura N° 5 podemos apreciar una adaptación al círculo de improductividad de una empresa.



Figura N° 5 Círculo de la Improductividad de una empresa adaptado por Ohno (1988).⁹

Clasificación de los Desperdicios

Taiichi Ohno logró clasificar 7 desperdicios que causaban la mayor parte de interrupciones en el flujo de valor. Más tarde Jeffrey Liker¹⁰ adicionó un

⁹ Círculo obtenido del libro "Introducción a Lean Construcción" de Pons Achell.

¹⁰ Dr. Jeffrey K. Liker, es autor o coautor de más de 75 artículos y capítulos de libros y once libros, generalmente de temas Lean.

desperdicio más. Cabe resaltar que en la siguiente tabla (tabla N° 1) los desperdicios están enfocados netamente a la construcción el cual es nuestro tema de interés. (Pons Achell, 2014)

Tabla N° 1 Las 8 clasificaciones de los desperdicios.¹¹

Desperdicio	Descripción
Sobreproducción	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.
Esperas o tiempo de inactividad	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.
Transporte innecesario	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.
Sobreprocesamiento	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).
Exceso de inventario	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.

¹¹ Obtenido del libro "Introducción a Lean Construction" de Pons Achell.

Movimientos innecesarios	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.
Defectos de calidad	Errores en el diseño, mediciones y planos; desajuste entre planos de diseño y planos de estructura o instalaciones, uso de métodos de trabajo incorrectos, mano de obra poco cualificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.
Talento	Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco cualificada, poco formada, mal informada y con falta de estímulos y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas.

Conociendo los conceptos básicos de Lean Construcción, se explicará la nueva filosofía de producción en la construcción.

La nueva filosofía de producción (para la construcción) divide los costos en costo de actividades que no agregan valor (pérdidas) y actividades que agregan valor. (Koskela, 1992)

A continuación (figura N° 6) una comparación de enfoques de diferentes filosofías de producción:

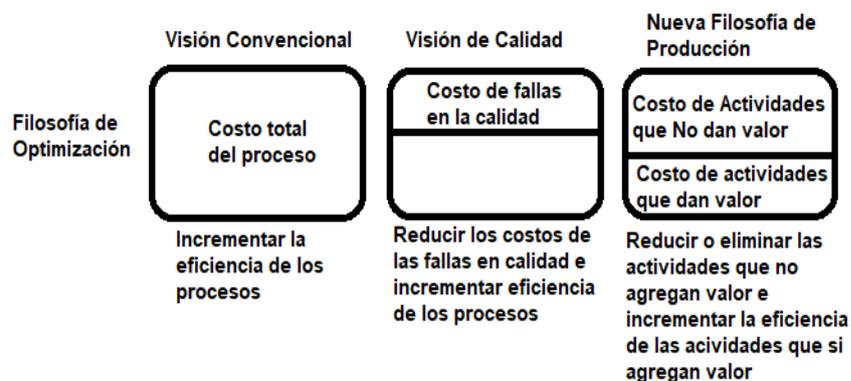


Figura N° 6 Comparación entre filosofías de producción. ¹²

¹² Obtenido del libro de Lauri Koskela, "Aplicación de la Nueva Filosofía de Producción para la Construcción".

2.6 CONCEPTOS GENERALES Y HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION

2.6.1 PRODUCCIÓN

Es la actividad de producir bienes o servicios. Para el tema de interés de la presente tesis, se considera a la producción como la actividad de producir bienes y/o servicios dentro de la cadena de valor del proyecto.

La producción utiliza unidades lógicas de producción (ulp), por ejemplo, en el caso de la producción de concreto se usará m³, para el acero Kg, para el encofrado m².

2.6.2 PRODUCTIVIDAD

Existen varios conceptos de productividad por lo que citaremos algunos para tener una visión más amplia:

La productividad es “una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado.” (Serpell, 1993)

La productividad “es una relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Lo que significa que una productividad mayor implica una mayor producción utilizando la misma cantidad de recursos.” (Guzmán Tejada, 2014)

Para terminar de completar el concepto de productividad, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) estableció la siguiente fórmula para determinar la productividad:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Recursos}}$$

En el contexto de la construcción es muy útil utilizar productividades parciales para la medición de la productividad de la mano de obra y de equipos, por lo que estarían definidos de la siguiente manera:

$$\text{Productividad Mano de Obra} = \frac{\text{Producción diaria}}{\text{Jornada Laboral} \times \text{N}^\circ \text{ Hombres}}$$

$$\text{Productividad de Equipo} = \frac{\text{Producción diaria}}{\text{Jornada (Inc. TNP)} \times \text{N}^\circ \text{ Equipos similares}}$$

En la presente tesis, se usará la nomenclatura Prod. para representar a la producción diaria de los recursos unitarios (cuadrilla unitaria).

Por medio de las fórmulas de productividad parciales podemos notar la importancia del denominador, el cual se encuentra en unidades de horas-hombre (HH) u horas-máquina (HM), el cual es una magnitud que muchas veces se utiliza para medir la cantidad de trabajo involucrado en una actividad.

Este trabajo está compuesto por la jornada diaria del trabajador multiplicada por la cantidad de unidades de trabajadores, por lo que se considera que en una jornada tradicional el trabajador labore 8 horas, pero, ¿el trabajador producirá o realizará actividades que generen valor al producto las 8 horas completas?, para despejar dicha duda debemos desglosar la jornada de trabajo.

Según estudios sobre la ocupación del tiempo de los trabajadores en la construcción se consideró que los trabajadores pueden realizar tres tipos de actividades. (Serpell, 1993)

- Trabajo Productivo (TP): Son actividades dentro de la cadena de valor que de forma directa aportan a la producción de unidades lógicas de producción de una actividad. Ejemplo, vaciar concreto (m3), encofrar viga (m2), colocar aparatos sanitarios (und), etc.
- Trabajo Contributorio (TC): Son actividades dentro de la cadena de valor, necesarias para realizar trabajos productivos pero que no aportan valor a la unidad de producción por lo tanto, se busca minimizarlo para optimizar la productividad. Ejemplo, transporte de materiales, dar y recibir indicaciones, entre otros.

- Trabajo No Contributorio (TNC): Son actividades que no se encuentra dentro de la cadena de valor y, por lo tanto, no agrega valor alguno al producto final pero sí genera costos, por tal motivo se considera como pérdida y se busca eliminar en su totalidad. Ejemplo, esperas, descansos, trabajo rehecho, entre otros.

Podemos afirmar entonces, que la producción diaria se encuentra en relación directa con los tiempos productivos.

Conociendo el concepto de TP, TC y TNC, podemos realizar referencialmente un Benchmarking¹³ entre estos tiempos en países sudamericanos.

El enfoque hacia la eliminación de las pérdidas es muy importante, porque los niveles de desperdicio en la construcción, en todo el mundo, son muy altos. (Orihuela, 2011)

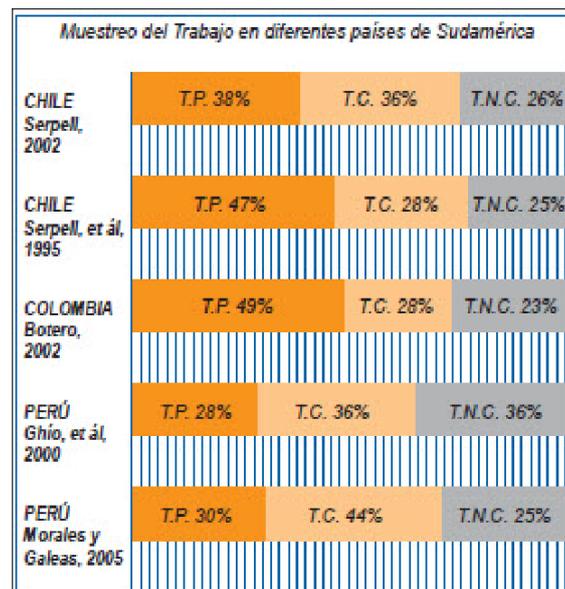


Figura N° 7 Muestreo del trabajo en diferentes países de Sudamérica.¹⁴

¹³ En topografía es un punto o nivel de referencia que nos permite determinar a partir de él, otros niveles de terrenos. En este caso es un proceso continuo de comparación de desenvolvimiento entre una empresa o proyecto específico. Fue desarrollado por la Corporación Xerox en 1980.

¹⁴ Cuadro Obtenido del boletín N°12 de Aceros Arequipa, "Lean Construction en el Perú", por Pablo Orihuela, abril 2011.

2.6.3 RENDIMIENTO

El rendimiento se define como la inversa de la productividad, por ende se expresa generalmente en HH u HM dividido entre ulp dependiendo de la naturaleza de la partida de la cual se calcule el rendimiento:

$$\text{Rendimiento} = \frac{1}{\text{Productividad}}$$

[Rendimiento]: HH/m; HH/km; HH/m³; HH/m²; en general HH/ulp.

2.6.4 VARIABILIDAD

Para el sector construcción y basándonos en el enfoque Lean, podemos definir variabilidad como la diferencia que encontramos en el flujo de valor, entre lo planificado y lo ejecutado. Es sumamente sencillo de predecir que la variabilidad en la construcción es alta, y esto se debe a la cantidad de actividades que conforman el flujo de trabajo y la probable ocurrencia de diversos eventos internos o externos al sistema (estos eventos son aleatorios, no se pueden predecir ni eliminar en su totalidad).

Como ejemplos prácticos de variabilidad en un proyecto de construcción podemos citar un caso frecuente cuando se realiza una mala planificación.

Partida: Excavación manual

Contexto: El contratista entrega una cotización al cliente de excavar hasta cierto nivel moviendo “x” metros cúbicos del terreno natural que se asume que es homogéneo hasta el nivel requerido, por lo que el contratista calcula el tiempo que le tardaría a su cuadrilla por medio de sus rendimientos particulares que consiguieron al desarrollar otros proyectos en suelos similares.

El contratista termina su cotización (además de otros documentos como la programación, la cual tiene una fecha de culminación fija porque esta actividad subcontratada es precedente a otras actividades) sin haber solicitado un estudio

previo del suelo para conocer la estratigrafía. Así que entrega la cotización, la cual es aceptada por el cliente.

Empieza la ejecución de la actividad según lo programado contractualmente.

Variabilidad: El contratista generalmente confiado en su experiencia muchas veces obvia “detalles” poco importantes, y lo único que se consigue con ello es aumentar la potencial variabilidad de la actividad.

Al no haber realizado una planificación basada en estudios como el de suelos, resulta que algunos metros bajo el nivel del terreno natural la estratigrafía del suelo cambiaba a un suelo más duro y además una roca bastante grande, imposible de mover a mano.

Consecuencia: Por consecuencia de una superficial planificación, se hizo presente la variabilidad en la actividad, por lo que el contratista debe asumirla destinando los recursos necesarios de sus propias utilidades, para superar esta situación (cabe resaltar que esta responsabilidad de que el contratista asuma el costo adicional por la variabilidad dependerá del tipo de contratación del trabajo, para efecto del ejemplo se considera sumaalzada o costo fijo).

Se ha realizado un ejemplo de una sola actividad de construcción en el cual se hace evidente lo perjudicial que es la variabilidad, ahora consideremos que casi nunca se realiza una sola actividad en un proyecto (depende de la magnitud del proyecto), por lo que la variabilidad total se hace potencialmente peligrosa para la economía de la empresa ejecutora.

Contrariamente a la variabilidad existe la confiabilidad, la cual podría ser definida, bajo nuestro contexto, como la probabilidad de que las actividades se realicen según lo previsto, sin incidentes y bajo las condiciones planificadas.

A modo genérico, se sabe que la confiabilidad de una actividad predecesora es del orden del 95%, lo cual es una buena confiabilidad tratándose de un proceso, pero al tener muchas actividades predecesoras el porcentaje de confiabilidad

cae enormemente hasta un valor del 8% para 50 actividades predecesoras, Ver tabla N° 2. (Guzmán Tejada, 2014)

Tabla N° 2 Tabla de porcentajes de confiabilidad de actividades predecesoras.¹⁵

Actividades Predecesoras	Confiabilidad del proceso	Confiabilidad del último Proceso
1	95%	95%
2		90%
5		77%
10		60%
20		36%
30		21%
50		8%

La reducción de la variabilidad dentro de los procesos debe ser considerada como un objetivo evidente. Las expresiones alternativas para este principio son: reducir incertidumbre e incrementar lo ya preestablecido. (Rodríguez Castillejo & Valdez Cáceres, 2012)

2.6.5 JUST IN TIME (JIT)

“Just in time es un sistema para la producción o suministro de la cantidad correcta de materiales o productos en el momento justo que es necesario para la producción.” (Lean Construction Institute , 2016)

Justo a tiempo o just in time, también conocido como la política de inventario cero, fue ideado por la empresa Toyota alrededor de 1950. Esta política propone que se debe tener los materiales e insumos para las actividades que se desarrollan en la semana. Esta política responde al siguiente concepto: obtener justo lo que se necesite, en el tiempo que se necesite y en la cantidad que se necesite.

Se debe tener presente que existe excepciones para el caso de algunas compras, por ejemplo ascensores, vidrios templados, generadores, turbinas; en

¹⁵ Tabla obtenida del Capítulo Peruano LCI, 2012.

general productos que demanden una cantidad considerable de tiempo para su fabricación.

Just in time es una metodología empleada en la gestión de producción cuyo objetivo fundamental es la eliminación de pérdidas.

2.6.6 KAIZEN (MEJORA CONTINUA)

Kaizen es una filosofía originalmente japonesa, en la cual se centra en la mejora continua, no solo a nivel de procesos sino a nivel de toda la cadena de valor. Dicho de otras palabras, Kaizen o mejora continua sería el esfuerzo para reducir los desperdicios e incrementar el valor del producto a través de una actividad interna, creciente y repetitiva.

La figura N° 8 muestra un esquema simplificado del proceso de mejora continua:

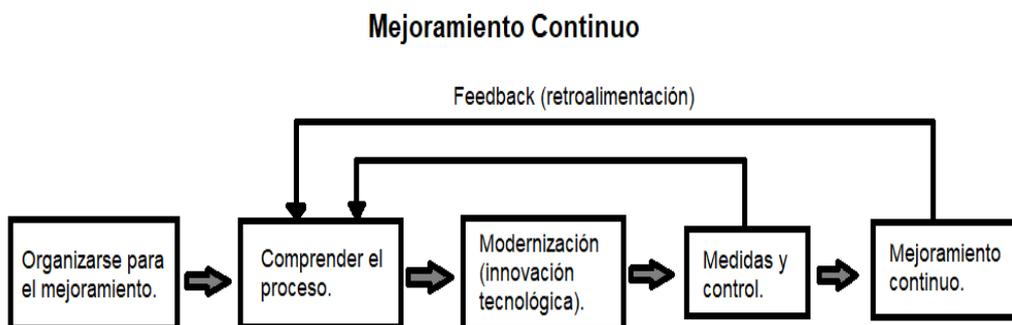


Figura N° 8 Esquema simplificado de Kaizen. ¹⁶

Como fuente principal de mejoramiento de la producción en la construcción, Lean Construction se centra en el mejoramiento de la logística de la producción, tanto de la cadena de los suministros como de la secuencia de actividades constructivas del proceso. En este sentido los conceptos de pérdidas, valor, logística y compromisos cobran una gran importancia para cualquier intento de

¹⁶ Obtenido del libro "Las Claves del Éxito de Toyota" por Jeffrey K. Liker, 2006.

mejoramiento del proceso, sin importar el sector productivo al cual la empresa pertenezca.

Según el esquema de la figura N° 8, debemos medir y controlar lo que deseamos mejorar, por lo que en el caso de LC, el objetivo sería mejorar la productividad, para ello es necesario utilizar indicadores que nos faciliten la medición y por ende el control.

2.6.7 LOS 5 PORQUÉS (5 WHYS)

Los 5 porqués o 5 whys, es un método sistemático que tiene como objetivo hallar la causa raíz de un defecto o problema, por medio de preguntarse el porqué de tal defecto partiendo desde la premisa problemática general.

Este método es muy usado en la construcción para la solución de problemas en general. A continuación un ejemplo en la tabla N° 3:

Tabla N° 3 Ejemplo sobre 5 whys.¹⁷

Premisa problemática: Rajadura en una estructura de concreto	
1	¿Por qué ocurrió el defecto?
Porque no se realizó un correcto curado del concreto.	
2	¿Por qué no se realizó un correcto curado?
Porque no se contaba con un personal designado para dicha actividad.	
3	¿Por qué no había un personal designado para dicha actividad?
Porque la persona designada se encontraba de vacaciones.	
4	¿Por qué no se dejó encargado a otra persona?
Por descuido en la gestión de recursos.	
5	¿Por qué hay descuido en la gestión de recursos?
Porque el encargado de designar recursos a determinadas actividades no se da abasto.	

Ya se encontró el problema raíz que además probablemente genere más problemas que el de la rajadura de la estructura de concreto. Conociendo esto se puede tomar decisiones correctivas.

¹⁷ Elaboración propia.

2.6.8 TORMENTA DE IDEAS (BRAIN STORMING)

Tormenta de ideas o brain storming es una herramienta de trabajo grupal en el cual se busca que un equipo aporte ideas relacionadas con un tema específico, con el fin de crear productos innovadores o también con el fin de encontrar la solución a problemas.

2.6.9 PRINCIPIO DE PARETO

El Principio de Pareto o la regla del 80/20 es una teoría basada en que el 80 por ciento de las consecuencias, salidas (output), errores, en general resultados; se determinan por el 20 por ciento de las entradas (input), causas, esfuerzos y/o acciones.

Este principio creado por Vilfredo F. Pareto¹⁸, son usados en muchos ámbitos profesionales, incluyendo la ingeniería civil.

El Principio de Pareto se basa en darle mayor prioridad a las entradas o inputs con mayor incidencia (20%), ya que serían estos los que impactarían en aproximadamente el 80% de las salidas u outputs.

Este principio es muy usado en la ingeniería civil generalmente para el control de calidad, en el cual se utiliza para hallar las principales causas que generen el mayor porcentaje de defectos; por otro lado, también es muy usado para la gestión del tiempo en la planificación de un proyecto, pretendiendo asegurar las actividades que demanden mayor cantidad de Horas-hombre y asegurar teóricamente, el plazo contractual.

Este principio va acompañado de un diagrama, el Diagrama de Pareto, el cual es un histograma donde se puede apreciar fácilmente los inputs y sus respectivos porcentajes acumulados.

A continuación se realizará un ejemplo donde se utilizará el principio de Pareto para encontrar las causas de los principales defectos en una línea de conducción de 10km en la cual se realizan pruebas hidráulicas a zanja abierta

¹⁸ Vilfredo Federico Pareto (1848-1923), ingeniero, sociólogo, economista y filósofo; creador del Principio de Pareto.

cada 100m, para lo cual se tomó datos de los tramos que no pasaron la prueba hidráulica. (Rodríguez Castillejo W. , 2013)

Tabla N° 4 Conteo de defectos.¹⁹

Tipo de falla o defecto	Cantidad de tramos defectuosos	Total acumulado	% Parcial	% Acumulado
Relleno manual	10	10	33%	33%
Cama de apoyo	7	17	23%	57%
Tubería	5	22	17%	73%
Compactación	5	27	17%	90%
Colocación tubería	3	30	10%	100%

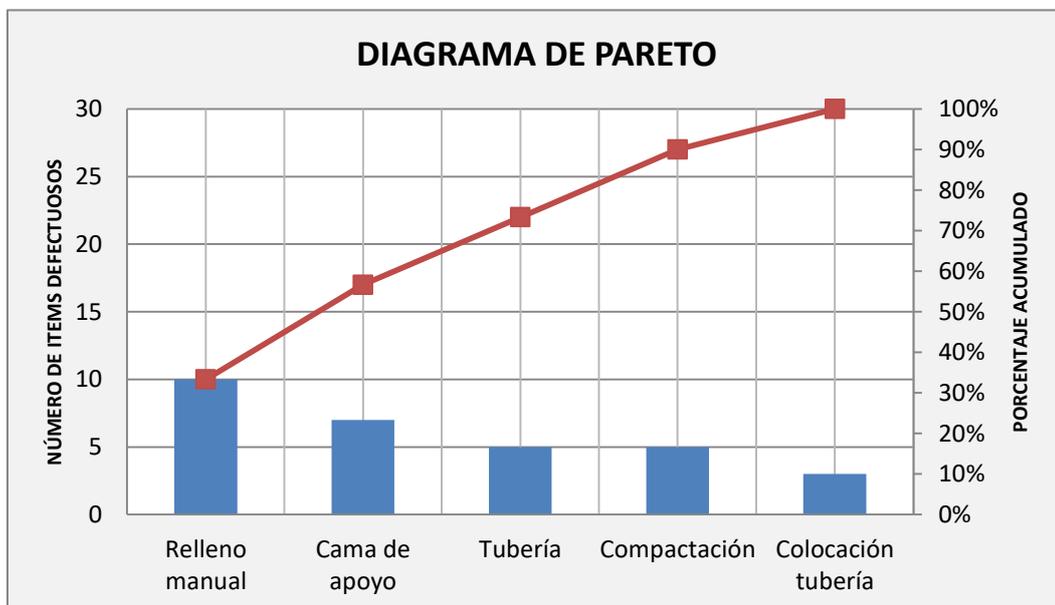


Figura N° 9 Diagrama de Pareto.²⁰

2.6.10 DIAGRAMA DE CAUSA – EFECTO (ISHIKAWA)

El diagrama de causa efecto, espina de pescado o ishikawa es una herramienta creada por Kaoru Ishikawa²¹, muy usada en la gestión de calidad, ya que esta

¹⁹ Obtenido del libro Gerencia de Construcción y del Costo – Tiempo Programación y Control de Obras del Ing. Walter Rodríguez.

²⁰ Obtenido del libro Gerencia de Construcción y del Costo – Tiempo Programación y Control de Obras del Ing. Walter Rodríguez.

herramienta permite encontrar las potenciales causas de un efecto determinado, generalmente un problema.

Esta herramienta analiza las posibles causas de manera completa ya que tiene unas secciones preestablecidas (pudiendo crear algunas otras dependiendo del problema) como la mano de obra, los materiales, equipos y método de trabajo.

Analizaremos a modo de ejemplo, las posibles causas de la baja productividad en una obra (genérica) por medio del diagrama Ishikawa, la cual se mostrará en la figura N° 10 siguiente:

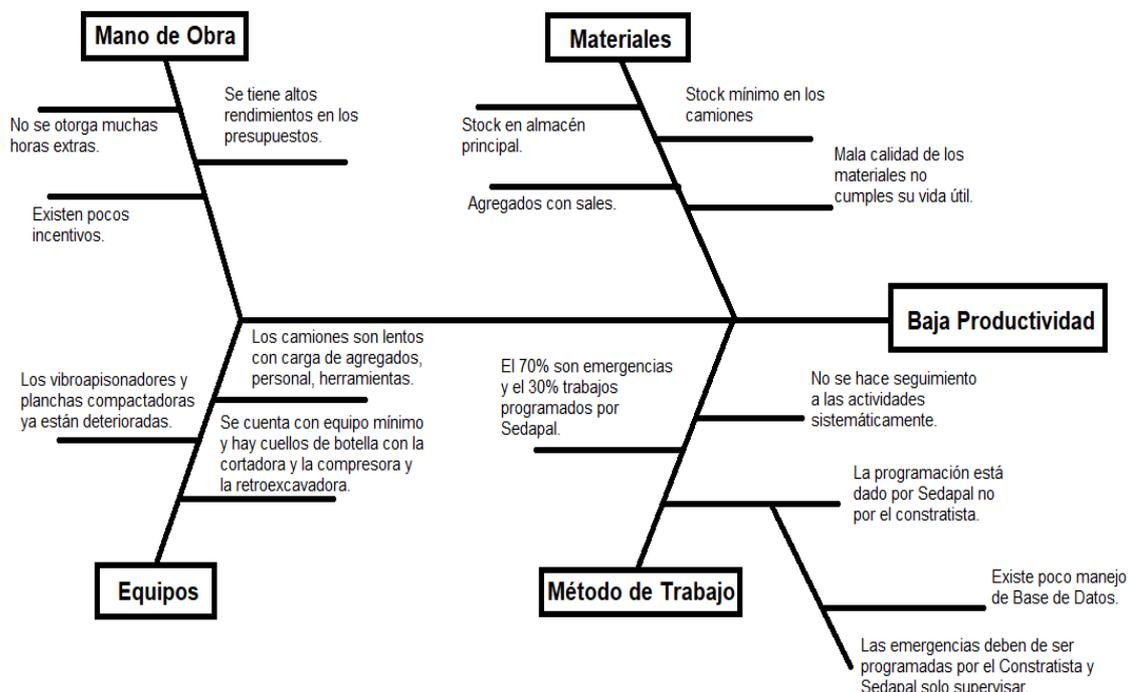


Figura N° 10 Diagrama Ishikawa para analizar la baja productividad. ²²

2.6.11 PDCA (CÍRCULO DINÁMICO DE CONTROL)

El Círculo de Deming²³ o PDCA, es una estrategia sistemática en la cual un ciclo en permanente reciclaje y retroalimentación (feedback), permite el mejoramiento

²¹ Doctor Kaoru Ishikawa (Japón, 1915 - 1989), fue la figura más importante en Japón en lo que respecta al control de la calidad. Fue el primero en utilizar el concepto de *Control de la Calidad Total*.

²² Figura obtenida del libro "Mejoramiento de la Productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction, Trenchless, CYCLONE, EZStrobe, BIM".

continuo de los procesos y trabajos. Consta de cuatro etapas que están interrelacionadas. (Rodríguez Castillejo W. , 2013)

Planear (P)

Etapa de planificación donde:

- Fijar políticas (previo).
- Determinar metas y objetivos.
- Determinar métodos de alcanzar metas (WBS o EDT, TAI, TAO).

Hacer (Do)

Etapa de programación en donde se debe:

- Educar y capacitar (La obra inicia y termina con capacitación).
- Realizar el trabajo: Hoja de recursos, programación PDM, software como MSProject, Sure Track, Primavera Project Planner (P3).

Verificar (Check)

Etapa control:

- Verificar efectos de la realización: curvas S y Valor Ganado (Earned Value).

Actuar (Act)

Etapa de Retroalimentación o Feedback.

En la figura N° 11 se aprecia el resumen de todo el ciclo:

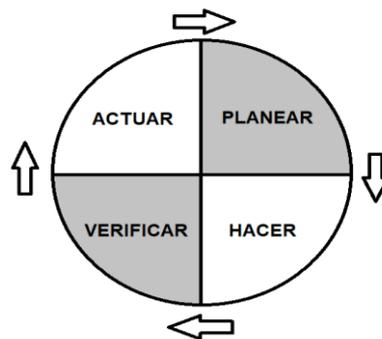


Figura N° 11 Círculo de Deming.

24

²³ Dr. W. Edwards Deming (1900), se dedicó a trabajar sobre el control estadístico de la calidad. Hoy es considerado en general como el máximo experto en gestión de calidad.

²⁴ Obtenido del libro Gerencia de Construcción y del Costo – Tiempo Programación y Control de Obras del Ing. Walter Rodríguez.

2.6.12 CURVA DE APRENDIZAJE

El concepto de curva de aprendizaje fue descrito por primera vez por T.P. Wright²⁵ en 1936 en un estudio de tiempos requeridos para hacer piezas de aviones, en este estudio se observó que a medida que el trabajo se realiza los trabajadores van adquiriendo mayor experiencia en las labores y por consiguiente el tiempo de ejecución del trabajo se reduce.

Wright encontró una relación entre el porcentaje de aprendizaje y la disminución de tiempos en el trabajo asignado, nos dice que cuando una persona haga el trabajo el doble de veces ($2n$) el tiempo de ejecución se verá reducido al porcentaje de aprendizaje, a continuación se presenta una tabla con los resultados del experimento elaborado por T.P. Wright en 1936. (Guzmán Tejada, 2014)

Tabla N° 5 Tiempo requerido para la fabricación de partes de avión.²⁶

Tiempo requerido para hacer aeropartes.			
N repeticiones	Unidad de tiempo	Ratio T_n/T_1	Ratio $T_n/T_{n/2}$
1	10		
2	8	0.8	0.8
3	7	0.7	
4	6.4	0.64	0.8
5	6	0.6	
6	5.6	0.56	0.8
7	5.3	0.53	
8	5.1	0.51	0.8

Estos datos se pueden expresar en un gráfico que muestra la reducción del tiempo de ejecución del trabajo a medida que va avanzando el tiempo y por ende incrementando el aprendizaje de los operarios, hasta llegar a un nivel de especialización en el cual el tiempo de ejecución del trabajo se mantiene constante.

²⁵ Theodore Paul Wright (25 de mayo de 1895 - 21 de agosto de 1970) fue un ingeniero aeronáutico y educador de los Estados Unidos.

²⁶ Tabla obtenida de tesis del ingeniero civil Abner Guzmán Tejada, 2014.

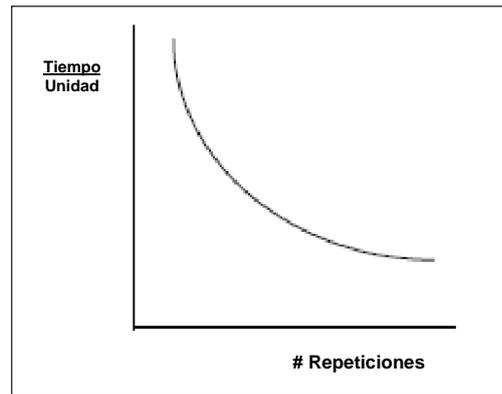


Figura N° 12 Curva Tiempo de ejecución Vs Numero de repeticiones. ²⁷

Cabe mencionar que este concepto es muy utilizado por el lean construction, ya que se enfoca en asignar trabajos específicos a cada cuadrilla para que los trabajos se hagan repetitivos y así poder aprovechar este concepto.

Finalmente, se muestra el gráfico de la curva de aprendizaje en los trabajadores, está dividida en 3 partes, la primera que muestra un inicio lento del aprendizaje, en la segunda se incrementa el aprendizaje a un nivel más acelerado que en la anterior para finalmente llegar a la tercera parte en la cual casi no se incrementa el aprendizaje con el pasar del tiempo porque se ha llegado a un nivel óptimo. (Guzmán Tejada, 2014)

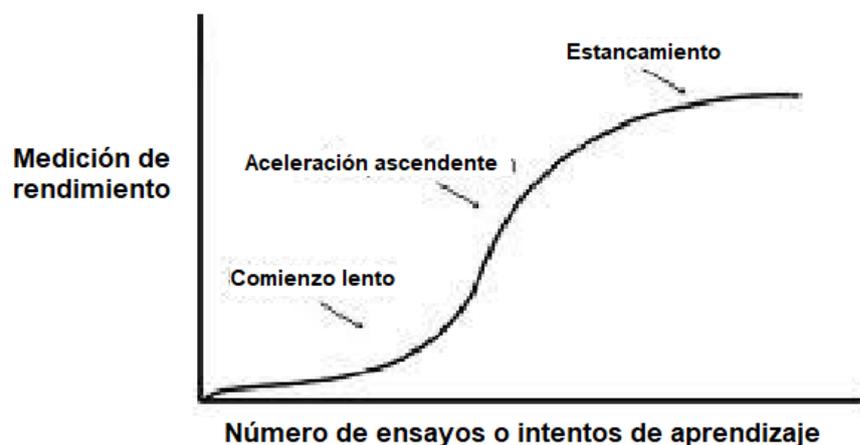


Figura N° 13 Curva de rendimiento contra número de repeticiones. ²⁸

²⁷ Tabla obtenida de tesis del ingeniero civil Abner Guzmán Tejada, 2014.

²⁸ Tabla obtenida de Guzmán Tejada, 2014.

2.6.13 DIVISIÓN Y SECTORIZACIÓN

División: acción de segmentar un todo en partes más pequeñas.

Desde hace cientos de años el hombre tiene noción de las ventajas que la división conlleva. “Divide y vencerás”, célebres palabras usadas por el gobernante romano Julio César y el emperador corso Napoleón, en el cual la historia nos brinda la experiencia de estos personajes en guerras que utilizaron una estrategia que consistía en romper (dividir) estructuras de poder existentes volviéndolas más pequeñas y débiles, para que así no representen amenaza alguna en el momento de conquistarlos.

Esta estrategia se puede extender a muchos ámbitos, incluyendo el desarrollo de proyectos, muestra de ello podríamos citar a la Estructura de Descomposición de Trabajo (EDT o WBS) en la cual planteamos el flujo de actividades dividiéndola las veces que sea necesaria hasta llegar a un nivel básico en el cual podamos organizarnos para ejecutarlas de la mejor manera.

Habiendo comprendido el significado de división, continuamos con el de sectorización.

Sectorización: Acción de formar grupos o zonas convenientes por medio de una división previa.

Y enfocándonos a la construcción podríamos decir que la sectorización es el proceso de división de una actividad o tarea de la obra en porciones más pequeñas (manejables), que siendo agrupadas estratégicamente formarían 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, ya que en función al metrado y a las características del sector se diseñará el tren de trabajo con lo que se designarán las cuadrillas por especialidad y se buscará optimizar los rendimientos por medio de la curva de aprendizaje.

2.6.14 TREN DE ACTIVIDADES

El tren de actividades es una herramienta que organiza sistemáticamente las tareas o actividades que cumplen con la característica de ser repetitivas y secuenciales, tales como por ejemplo, obras lineales (tendidos de tuberías de agua y desagüe, construcción de carreteras, entre otros); las actividades de la construcción de casas modulares, estructuras de edificaciones (viga 1 a la viga n, columna 1 a la columna n); en general existe un sin número de actividades que se podría nombrar lo cual hace muy viable a esta herramienta.

Estas actividades van unidas como vagones una tras de otra, pudiendo variar los frentes, y segmentos de la forma más conveniente, dependiendo de los volúmenes de trabajo que se deben encontrar en porciones pequeñas (manejables).

A continuación un ejemplo:

Item	Descripción de las actividades	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Perforación para anclaje	1A	1B	1C	1D	1E	1F		1G	1H	1I
2	Inyección de concreto		1A	1B	1C	1D	1E		1F	1G	1H
3	Excavación de banqueteta			1A	1B	1C	1D		1E	1F	1G
4	Colocación de contrafuerte			1A	1B	1C	1D		1E	1F	1G
5	Perfilado de banqueteta y pañeteo			1A	1B	1C	1D		1E	1F	1G
6	Colocación de malla de acero				1A	1B	1C		1D	1E	1F
7	Relleno de longitud de empalme				1A	1B	1C		1D	1E	1F
8	Encofrado de muro					1A	1B		1C	1D	1E
9	Concreto de muro					1A	1B		1C	1D	1E
10	Tensado de anclajes									1A	1B

Figura N° 14 Ejemplo de Tren de Actividades 2.²⁹

iX: es la representación del avance ideal por día, donde "X" es el sector e "i" es el tramo o porción del sector "X" que se realizará.

Las nomenclaturas descritas pueden variar dependiendo de cada profesional que lo realice, por lo que la nomenclatura será correcta siempre y cuando simplifique el entendimiento de esta para el tipo de cada proyecto.

²⁹ Figura obtenida de la tesis "Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control de Proyectos", Abner Tejada, 2014.

En la figura N° 14 se aprecia el tren de trabajo de una obra que implica la instalación de muros pantalla donde se observa la forma repetitiva de la misma actividad en un diferente sector, frente, o tramo dependiendo de la obra.

Cabe resaltar que la nomenclatura es variante y depende del profesional que lo ejecute, siempre y cuando sea entendible entre los integrantes del equipo.

2.6.15 AMORTIGUADORES (BUFFERS)

Buffer: Colchón o amortiguador de inventario, tiempo o capacidad, que tiene como objetivo contrarrestar los efectos perjudiciales de la variabilidad en la construcción.

Generalmente, la programación convencional no logra menguar los problemas de variabilidad que se presentan en la construcción por lo que es sumamente importante la utilización de buffers de tiempo, a veces sobre dimensionado para “asegurar” el éxito de la obra en el tiempo contractual. (Guzmán Tejada, 2014)

Lean Construction logra disminuir la variabilidad en la construcción con su sistema de producción Last Planner, pero aun así existe cierta variabilidad que no logra controlar el sistema LP, por lo que se hace necesario la utilización de buffers.

- **Buffer de Inventarios**

El buffer de inventario es contar con mayor cantidad de materiales y/o equipos, con el fin de que no falten en el momento de ser necesarios.

- **Buffer de Tiempo**

Buffer de tiempo o amortiguador temporal, es un tiempo adicional que se agrega a la ejecución de una actividad para poder contrarrestar cualquier tipo de retraso.

- **Buffer de Capacidad**

Son las partidas fuera de la ruta crítica, que son utilizadas para cuando la capacidad de trabajo supere lo programado o cuando no sea posible la ejecución física de una actividad por falta de frentes de trabajo.

2.6.16 LA TEORÍA DE RESTRICCIONES (THEORY OF CONSTRAINTS)

La teoría de Restricciones o TOC (Theory of Constraints) fue desarrollada entre los años 1985 y 1990, basándose en la filosofía de mejora continua aplicada al sistema productivo para resolver problemas de diseño relacionados con la capacidad productiva, programación de actividades y la reducción de inventarios. (Macedo, 2010)

TOC es un modo sistemático de mejorar alternativamente la producción ajustada que es excesivamente compleja y difícil de replicar debido que su problema principal es la necesidad de un cambio de mentalidad en todos los niveles de la empresa, proceso que no resulta fácil de dirigir e implantar. (Goldratt, 2004)

Goldratt propone analizar la capacidad productiva de los eslabones de la “cadena de producción”³⁰ debido a que la restricción total de la cadena no es la suma de las restricciones de todos los eslabones sino la restricción más débil porque si se rompe paraliza el proceso productivo.

A continuación nombraremos los pasos que servirán para analizar el proceso la cadena de producción para encontrar el eslabón más débil (o el “cuello de botella”) y aplicar la mejora continua:

- 1. Identificar las restricciones del sistema**
- 2. Explotar las restricciones del sistema**
- 3. Subordinar todo lo demás a la decisión anterior**
- 4. Elevar las limitaciones del sistema**
- 5. Volver al paso 1**

³⁰ Goldratt creo una analogía entre las restricciones de un sistema productivo y una cadena debido a que sostenía que no existían elementos independientes sino que estaban relacionados como eslabones a etapas posteriores.

2.7 LAST PLANNER SYSTEM

La gestión tradicional de proyectos centrada en el método del camino crítico está focalizada en las actividades individuales. Este sistema, junto con los contratos transaccionales, se apoya sobre la base de un enfoque jerárquico de mando y control para la planificación de proyectos. Este enfoque aparentemente coherente descansa en el supuesto tácito de que el proyecto se optimizará al minimizar el tiempo y el coste necesario para completar cada tarea de manera aislada. Por desgracia, las medidas adoptadas por los contratistas para mejorar su productividad casi siempre hacen impredecible el flujo continuo de trabajo: los costes se incrementan, la duración se extiende, la seguridad y la calidad disminuyen y el riesgo aumenta. (Pons Achell, 2014)

Para comprender el LPS, debemos saber quién sería el Last Planner (LP) en un proyecto de construcción. El Last Planner (LP) o último Planificador, es la persona capaz de asegurar el flujo de trabajo aguas abajo, por lo que esta persona supervisa y asigna las tareas a los trabajadores solicitando de estos compromisos de entrega según sus capacidades reales. Este LP generalmente es el capataz, jefe de obra o ingeniero del proyecto.

Este Sistema de LPS, se basa en un sistema Pull o “jale”, en el cual las actividades aguas abajo en la cadena o flujo de valor marcan el ritmo y jalen a la demanda y no a la inversa como ocurre en el sistema convencional de producción en el cual las actividades aguas arriba “empujan” (Push) la producción hacia las actividades aguas abajo, generando cuello de botellas (en general desperdicios o mudas).

El LPS estaría definido como un método de control de producción, colaborativo y basado en el compromiso, diseñado para integrar “lo que debería hacerse”, “lo que se puede hacer” (se forma un inventario de trabajo realizable), “lo que se hará” (compromiso del LP) y “lo que se hizo realmente” de la planificación y asignación de tareas de un proyecto.



Figura N° 15 Formación de tareas en el LPS.³¹

Cabe resaltar que la formación de tareas del sistema convencional de planificación de procesos considera que hay una cierta cantidad de actividades que “deberían hacerse”, de los cuales se selecciona las actividades que “se harán” sin una adecuada coordinación ni análisis de las restricciones por lo que da como resultado que no todas las actividades que se planificó que se harían, “puedan hacerse”.

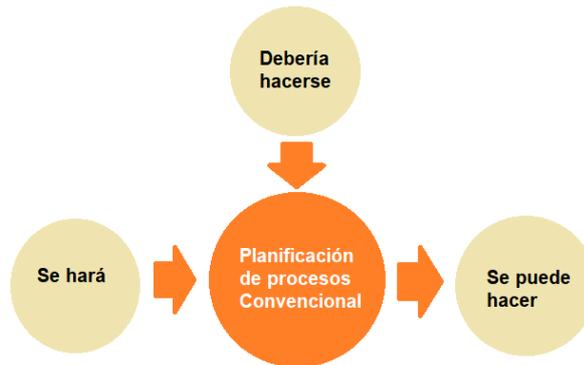
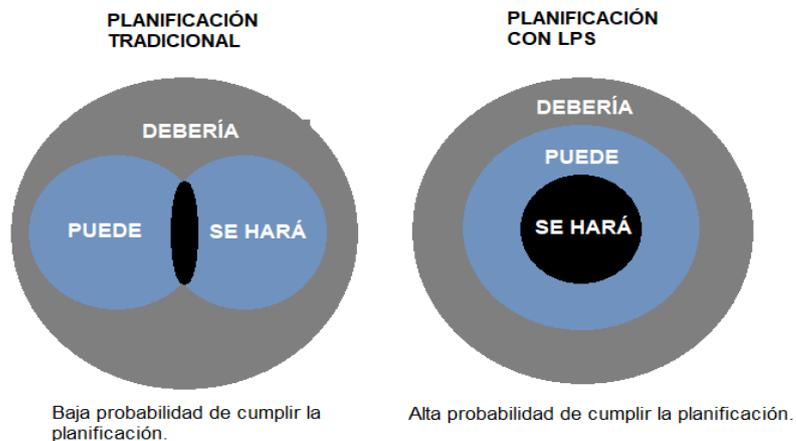


Figura N° 16 Formación de tareas en el Sistema Convencional.³²

A continuación podemos apreciar una ilustración muy conocida que explica la diferencia entre la planificación tradicional y la planificación por LPS.



³¹ Obtenida de la tesis de Glenn Ballard, 2000.

³² Elaboración propia.

Figura N° 17 Planificación tradicional vs planificación LPS.³³

2.7.1 PROGRAMA MAESTRO

El programa maestro, planificación maestra o master Schedule es un plan de confiabilidad baja que identifica los principales acontecimientos o hitos de un proyecto (Inicio, entrega al cliente, procura de componentes de largo plazo, movilizaciones en campo, diseño completo, licencias, etc.) y sus fechas. A menudo es la base para los acuerdos contractuales entre el cliente, contratista y otros miembros del equipo de trabajo del proyecto.

Se suele trabajar con algún programa computacional como MS Project, basado en un WBS o EDT previo con el fin de estructurar el programa. Es importante considerar un amortiguador temporal al proyecto, con el fin de prevenir atrasos causados por la variabilidad del proyecto.

A continuación un esquema de como Glenn Ballard (tesis doctoral, 2000) a partir del programa maestro, empleó 3 niveles adicionales de programación cada vez más pequeños y por ende, más controlables en el proceso de ejecución.

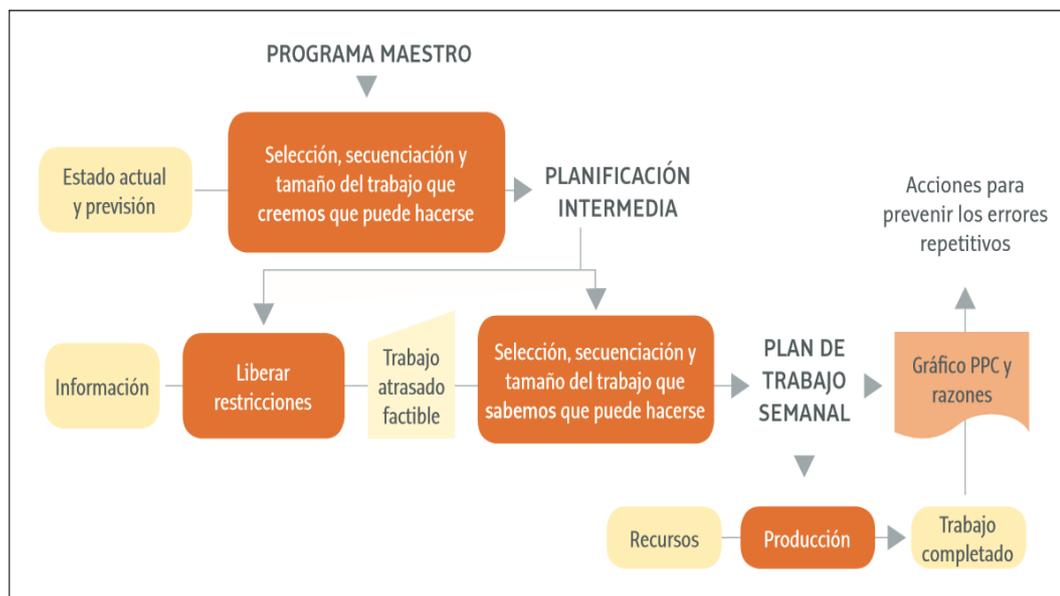


Figura N° 18 Modelo general de planificación del proyecto usando LPS.³⁴

³³ Obtenido de la tesis doctoral de Glenn Ballard, 2000.

³⁴ Esquema obtenido de la tesis de Glenn Ballard, 2000.

Subdivisión de niveles de programación:

Nivel 1°: Programa Maestro (duración de todo el proyecto)

Nivel 2°: Programación Intermedia o Look Ahead Planning (entre 2 a 6 semanas).

Nivel 3°: Programa Semanal (basado en la semana anterior).

Nivel 4°: Programa Diario o Last Planner.

2.7.2 PROGRAMACIÓN INTERMEDIA O LOOKAHEAD PLANNING

La programación intermedia o look ahead planning es el segundo nivel de jerarquía del sistema de planificación LPS, y es una planificación anticipada de recursos con 3 a 6 semanas de anticipación, el cual se actualiza semanalmente generando un nuevo look ahead planning. La duración de la programación intermedia es variable y esto depende de la magnitud del proyecto. (Macedo, 2010)

En la planificación intermedia se definen las actividades con el objetivo de identificar las secuencias de trabajo, los cuales deben estar a un nivel de detalle que permita descubrir las restricciones que impiden la ejecución de una determinada tarea.

Para realizar la programación intermedia se debe seguir los siguientes pasos:

1. Tomar 4 semanas (pueden ser más o menos dependiendo de la magnitud del proyecto).
2. Detallar las actividades comprendidas en las semanas seleccionadas.
3. Generar el formato Look Ahead.
4. Hacer el análisis de restricciones.
5. Generar la lista de actividades "listas" o Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE), el cual está listo para ser elegidas dentro de la Planificación Semanal.

En la figura N° 19 se aprecia la programación intermedia de la partida "fragmentación de agua" en el distrito de la Victoria en Lima.

Semana: 63			Del 14/10/02 al 19/10/02																																				
Actividad: Fragmentación de Agua																																							
Actividades			Longitud del tramo (m)				Semana 63							Semana 64							Semana 65							Semana 66											
Calle	Desde	Hasta	110	160	200	Observ.	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S					
La Victoria			4"	6"	8"		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2					
Antonio Bazo	Av. 28 de julio	Av. Jaime Bausate y Mesa	73.7			100mm (4"CR)								X																									
J. Morales	J. Rivero	C. León	92.15			150mm (4"AC)		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X																			
C. León	J. Morales	Av. Nicolas Arriola	87.84			150mm (4"AC)		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X																			
Av. Nicolas Arriola	03 de Febrero	C. León	292.28			150mm (4"AC)					X	X	X		X	X	X	X	X	X																			
Espinar	Coronado	N. Arriola	124.28			150mm (4"AC)												X	X	X												X	X	X					
Antonio Bazo	Av. Mexico	Ca. Ignacio Cossio	62.05			100mm (6"ACMG)														X												X	X	X					
J. Cuba	Prolong. Huanuco	Antonio Bazo	38.52			150mm (4"ACMG)																										X	X	X					
Av. Las Américas	Ca. Ignacio Cossio	Av. N. Arriola	103			150mm (4"AC)																										X	X	X					
Tarapoto	Av. Las Américas	Rioja	162.67			100mm (4"ACMG)																										X	X	X					
Juanjui	Tarapoto	Saposoa	94.4			100mm (4"ACMG)																																	
Rioja	Tarapoto	Saposoa	96			100mm (4"ACMG)																																	
Saposoa	Juanjui	Lamas	103.17			100mm (4"ACMG)																																	
C. Noriega	Av. Las Americas	Moyobamba	65.76			150mm (4"ACMG)																																	
Av. Paterno S	Av. Mexico	Pq. Union Panamericana	54.18			150mm (4"FF")																																	
Cachay Diaz	Javier Prado	Psje. J. Raffo	35			150mm ()																																	
Tramos de 200 mm																																							
Av. Grau	Parinacocha	Huanuco	119.16			200mm (6"FF")					X			Solicitud de materiales																									
Huanuco	Av. Grau	Av. García Naranjo	307.1			200mm (4"FF")					X																												
Abtao	Isabel La Católica	Belgica	355.04			200mm (6"ACMG)					X																												
Av. México	Los Brillantes	Av. Palermo	501.5			200mm (6"FF")					X																												
L. De Velasco	A. De Jauregui	Av. Mexico	160.33			200mm (6"ACMG)					X																												
2928.13			592	893.01	1443.1																																		

Figura N° 19 Programación intermedio de la actividad de fragmentación de agua. ³⁵

2.7.3 ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Es un análisis en el cual se evalúan los recursos que necesitaremos al ingresar a un frente de trabajo nuevo, se designa a los responsables para resolverlas y en las reuniones semanales se levantan las observaciones, el análisis de restricciones se realiza todas las semanas junto con el plan semanal. A continuación (figura N° 20) un formato de reporte de restricciones:

Nombre del proyecto: SEDAPAL 04							
Actividad: FRAGMENTACIÓN DE ALCANTARILLADO							
Tipo de Restricción	Permisos	Diseño	Materiales	M. Obra	Equipos	Trabajos previos (Calicatas)	Otros(X)
Descripción de Actividad	Fecha Inicio Planeada	Restricc. Tipo	Fecha Requerida	Responsable	Comentarios		
Presentación de expediente de activ.	05/11/2002		05/11/202	JCDR	Se deberá decidir zona donde se iniciará actividad de Permisos DMTU.		
Otros:				CE	Fragmentación alcantarillado para:		
Alquiler de bobcat c/accs excavación y demolición.		E	31/10/202	EMSR	Presentar expediente		
Asignación de motobombas para actividad.		E	31/10/202	EMSR	Programar permisos		
Pedido de silleas para PE.		M	29/10/202	JCDR	Iniciar calicatas		
Pedido de enzunchadora.		E	29/10/202	JCDR			
Pedido de zunchos de acero inox.		E	29/10/202	JCDR			
Definir lugar de inicio de actividad.		D	29/10/202	WL/JCDR			
Calicatas.		T	29/10/202	WL/JCDR			
Coordinación de equipos de corte y demolición.		E	31/10/202	JCDR			

³⁵ Obtenido del libro "Mejoramiento de la Productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction, Trenchless, CYCLONE, EZStrobe, BIM". (Rodríguez Castillejo & Valdez Cáceres, 2012)

Figura N° 20 Formato de lista de restricciones.³⁶

Se debe diferenciar que el análisis de restricciones no es lo mismo que la teoría de restricciones (TOC), ya que el análisis de restricciones es un proceso incorporado en el LPS el cual nos permite convertir las tareas que “se deberían hacer” a las que “se pueden hacer” por medio de la asignación de un encargado para el levantamiento de los impedimentos que evitan la potencial ejecución de la actividad analizada; por otra parte, TOC es una teoría enfocada en la mejora continua de procesos por medio de un método sistemático de identificación y explotación del cuello de botella. En resumen, el análisis de restricciones es una evaluación necesaria para pasar de la planificación intermedia a la planificación semanal y TOC un método de mejora continua de procesos.

2.7.4 INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE (ITE)

El inventario de trabajo ejecutable es el conjunto de actividades con alta probabilidad de una ejecución sin restricciones u obstáculos que detengan el flujo de trabajo. Este inventario surge de las actividades de la planificación intermedia o Look Ahead Planning con restricciones liberadas.

Del ITE se genera la Programación Semanal. Si una actividad de la Programación Semanal no se puede ejecutar o si se ejecutan algunas actividades antes de lo esperado, el inventario ITE proveerá otras actividades que las cuadrillas de producción podrán ejecutar y que más tarde generen trabajos más costosos o de mayor dificultad. Las actividades listas para ejecutar deben cumplir los mismos criterios de calidad que las asignaciones de la semana. (Macedo, 2010)

2.7.5 PROGRAMACIÓN SEMANAL

La programación semanal es la estructuración del trabajo de la semana futura en función al inventario de trabajo ejecutable (ITE).

³⁶ Obtenido del libro “Mejoramiento de la Productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction, Trenchless, CYCLONE, EZStrobe, BIM”. (Rodríguez Castillejo & Valdez Cáceres, 2012)

A la programación semanal se le agrega una sección para las causas de incumplimiento, tema que se verá en los siguientes puntos.

La Programación Semanal es evaluada por medio del Porcentaje del Plan Completado (PPC) o Porcentaje de Actividades Completadas (PAC). En la presente tesis se utilizará la nomenclatura PPC.

Instalación de Tuberías Trenchless														
Programación Semanal y Análisis de Cumplimiento														
Actividades a Realizar			Long. (m)	Agosto							Sí	No	Causas de Incumplimiento	
				Semana 64										
Calle	Desde	Hasta		D	L	M	M	J	V	S				
				13	14	15	16	17	18	19				20
Circuito 1														
C. León	J. Morales	N. Arriola	265.00											
Señalización, corte y demolición de pavimento inc. Eliminación.												X		Labor de subcontratista.
Excavación de zanja inc. Traslado de tubería.												X		
Termofusión de tubería FF/AC y desinfección de tub.					X							X		
Ventanas, operativo de tapones.					X							X		
Fragmentación de tubería de agua.						X						X		
Conexiones domiciliarias.						X						X		
Prueba hidráulicas .							X					X		
Operativo de empalmes.								X				X		
Relleno y compactación.									X			X		
Pavimentación.											X		X	Reprogramación.

Figura N° 21 Formato de Programación Semanal.³⁷

2.7.6 PROGRAMACIÓN DIARIA

Finalmente, la última división de la programación, es la programación diaria o Last Planner (figura N° 22) desarrollada por el último planificador basado de los resultados del día y siguiendo la programación semanal, el cual es una programación de actividades a nivel de detalle horario.

Analizar el trabajo a este nivel permite asignar mejor los recursos y balancear la capacidad de producción real de las cuadrillas.

³⁷ Obtenido del libro "Mejoramiento de la Productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction, Trenchless, CYCLONE, EZStrobe, BIM". (Rodríguez Castillejo & Valdez Cáceres, 2012)

Activa: Fragmentación de Tubería de Agua Potable (Trenchless)				Detalle Horario de la Jornada de Trabajo (1Día)													
Fecha: 19/10/03																	
ITEM	ACTIVIDADES	#HH (Análisis por unidad)	#Personas	7:00a.m.	8:00a.m.	9:00a.m.	10:00a.m.	11:00a.m.	12:00a.m.	1:00p.m.	2:00p.m.	3:00p.m.	4:00p.m.	5:00p.m.	6:00p.m.	7:00p.m.	
1	Corte y rotura (día anterior)	SC															
2	Excavación (día anterior)	4HH	1Op+1Pe(4válvulas)														
3	Perfilado de ventana	4HH	1Pe(2válvulas)		VP-10	VP-04											
4	Traslado de equipo y materiales a campo con camión	2HH	1Pe(ayud. De chofer) 4valv.		VP-10 y VS-04												
5	Corte de la tubería	12HH	1Op+2Pe(2válvulas)				VP-10	VS-04									
6	Ejecución de instalación de válvula						VP-10		VS-04								
7	Anclajes									VP-10			VS-04				
8	Relleno compactado	4HH	1Pe(2válvulas)								VP-10			VS-04			
9	Apertura de circuito	4HH - SEDAPAL	1Op+1Pe(2válvulas)													VP-10	
10	Reposición de pista (día 21/10/03)	SC															
11	Asfalto (día 22/10/03)	SC															

Figura N° 22 Programación diaria.³⁸

2.7.7 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD

El Look Ahead Planning es la programación en la cual se aplica las mediciones de confiabilidad que no es más que un análisis del grado de cumplimiento del conjunto de actividades programadas en la semana anterior.

Para realizar el análisis de confiabilidad se utiliza un índice de confiabilidad llamado Porcentaje de Plan Completado (PPC).

$$PPC = \frac{\text{Actividades Programadas}}{\text{Actividades Realizadas}}$$

El PPC es adimensional y se expresa en porcentaje.

³⁸ Obtenido del libro "Mejoramiento de la Productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction, Trenchless, CYCLONE, EZStrobe, BIM". (Rodríguez Castillejo & Valdez Cáceres, 2012)

Continuando con los ejemplos del sistema trenchless del libro “Mejoramiento de la Productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction, Trenchless, CYCLONE, EZStrobe, BIM” de Rodríguez Castillejo y Valdez Cáceres, a continuación se mostrará los gráficos de confiabilidad en función al proyecto de agua y alcantarillado bajo el sistema trenchless planteado por los autores mencionados.

PROMEDIO DE LA OBRA							
MES	SEMANA	TAREAS PROGRAMADAS		TAREAS REALIZADAS		PPC	
		SEMANAL	ACUMULADO	SEMANAL	ACUMULADO	SEMANAL	ACUMULADO
Jun-02	02 al 08	131	3525	84	2350	64%	67%
	09 al 15	117	3642	74	2424	63%	67%
	16 al 22	123	3765	91	2515	74%	67%
	23 al 29	103	3868	77	2592	75%	67%
Jul-02	30 al 06	134	4002	107	2699	80%	67%
	07 al 13	100	4102	80	2779	80%	68%
	14 al 20	121	4223	93	2872	77%	68%
	21 al 27	103	4326	81	2953	79%	68%
	28 al 03	98	4424	60	3013	61%	68%

Figura N° 23 Resumen semanal de los PPC del proyecto. ³⁹

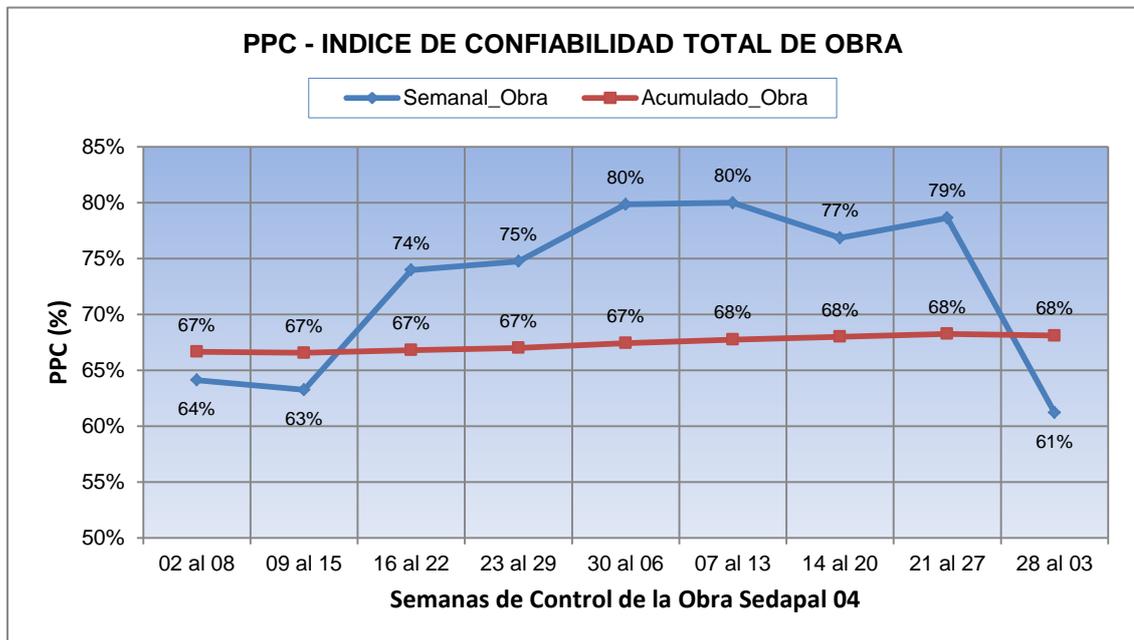


Figura N° 24 Gráfico del análisis de confiabilidad. ⁴⁰

³⁹ Obtenido del libro “Mejoramiento de la Productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction, Trenchless, CYCLONE, EZStrobe, BIM”. (Rodríguez Castillejo & Valdez Cáceres, 2012)

2.7.8 NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES Y CARTA BALANCE

El nivel general de actividades (NGA) es un muestreo estadístico en el cual se analizan todas las actividades que se estén desarrollando en el proyecto de manera aleatoria con el fin de conocer la distribución de las actividades que están clasificadas en tiempos productivos, contributorios y no contributorios. Este muestreo nos da unos valores estadísticos referenciales de la distribución de las actividades dentro de la obra.

A diferencia del NGA, la carta balance es una herramienta que a partir de datos estadísticos, describe de forma detallada el proceso de una actividad y de los integrantes que la ejecutan, para así poder analizar el ciclo de producción y poder optimizarlo.

En procedimiento previo de levantamiento de información es realizar la identificación del personal que conforma la cuadrilla (generalmente nombres y puesto que desempeña), luego se debe clasificar las actividades que integran el ciclo de producción con respecto a qué tipo de tiempo genera, tiempo productivo, contributorio o no contributorio.

En el formato de Carta Balance se toma un intervalo de tiempo corto (cada medio minuto, cada minuto o dos minutos) que determinará el periodo de medición (cada cuanto tiempo se realiza una medición) en la cual se realizará el levantamiento de información a cada obrero. Esta información sobre las actividades que realizan los trabajadores periódicamente son divididas en los tres tipos de tiempo TP, TC y TNC. A continuación se muestra un ejemplo de formato para llenar una Carta Balance en el cual el intervalo corto de tiempo corresponde a un minuto. (Chávez Espinoza & De la Cruz Aquije, 2014)

A continuación, en la tabla N° 6 un ejemplo de formato de carta balance:

⁴⁰ Obtenido del libro "Mejoramiento de la Productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction, Trenchless, CYCLONE, EZStrobe, BIM". (Rodríguez Castillejo & Valdez Cáceres, 2012)

Tabla N° 6 Formato para toma de datos – Carta balance.

FORMATO DE TOMA DE DATOS: CARTA BALANCE

Proyecto: _____ Actividad: Encofrado
Muestreador: _____ Descripción: _____
N° Formato: _____ Fecha: _____ Hora de inicio: _____

Mediciones de Cuadrilla Para Carta Balance

	I	II	III	IV	V	VII	VIII	Observaciones
1	T	T	T	T				
2	S	S	S	S				
3	T	T	T	T				
4	TR	AP	T	H				
5	C	C	C	C				
6	A	AP	A	H				
7	A	AP	A	H				
8	H	H	A	T				
9	A	H	T	A				
10	T	H	E	T				
11	A	T	C	A				
12	T	T	AP	A				
13	AP	T	A	T				
14	A	AP	A	AP				
15	A	AP	A	T				
16	A	AP	T	H				
17	C	H	A	T				
18	AP	C	A	H				
19	C	AP	C	AP				
20	A	AP	A	A				
21	T	AP	T	H				
22	C	C	C	C				
23	A	AP	A	H				
24	A	AP	A	H				
25	H	H	A	T				
26	A	H	T	A				
27	T	H	E	T				
28	A	T	C	A				
29	T	T	AP	A				
30	AP	T	A	T				
31	A	AP	A	AP				
32	A	AP	A	T				
33	A	AP	T	H				
34	C	H	A	T				
35	AP	C	A	H				
36	C	AP	C	AP				
37	A	AP	A	A				
38	V	V	V	V				
39	I	I	I	OT				
40	L	L	L	L				

Clasificación del Recurso:

	Actividad	Tipo de Recurso	Nombre/Código
Recurso I	encofrado	MO	Martonio Quispe
Recurso II	encofrado	MO	Wilmer Gordillo
Recurso III	encofrado	MO	José Velasco
Recurso IV	encofrado	MO	José Sandoval
Recurso V			
Recurso VI			
Recurso VII			
Recurso VIII			

Clasificación del Trabajo

Abrev. Descripción de los trabajos

AP	Apoyo
T	Transporte
E	Espera
C	Colocación
S	Segregación
TR	Trazo
H	Habilitación
A	Asegurado
L	Liberación
OT	Otros
I	Información
V	Verificación

Formulación:

	Formulación	Prom.(%)
TP	C+H+A	50.00%
TC	AP+S+TR+L+OT+I+V+T	48.75%
TNC	E	1.25%

Muestreo del Nivel de Actividades

Distribución del Tiempo

Finalmente, con los datos recogidos, se genera la carta balance en el cual se aprecia gráficamente el ciclo de producción. A continuación la figura N° 25 mostrará un ejemplo de Carta balance.

⁴¹ Obtenido de la tesis “Aplicación de la Filosofía Lean Construction en una Obra de Edificación (caso: condominio casa club recrea – el agustino) “. (Chávez Espinoza & De la Cruz Aquije, 2014)

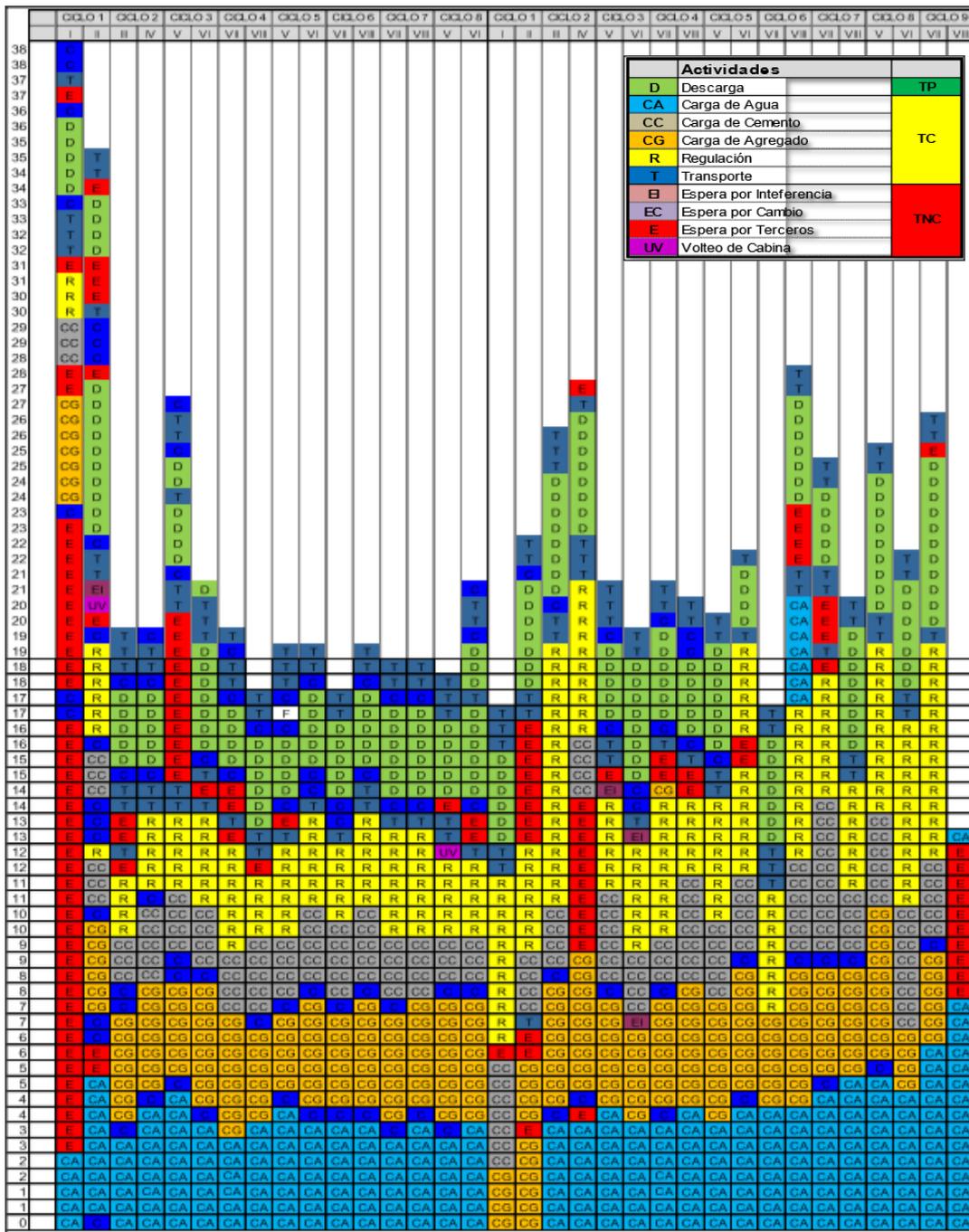


Figura N° 25 Ejemplo de carta balance. ⁴²

Cabe resaltar que algunos autores realizan su carta balance por medio de bloques gráficos en vez de cuadros coloridos como el ejemplo anterior (Figura N° 25), por lo que se puede afirmar como conclusión, que los profesionales

⁴² Obtenido de la tesis “Aplicación de la Filosofía Lean Construction en una Obra de Edificación (caso: condominio casa club recrea – el agustino) “. (Chávez Espinoza & De la Cruz Aquije, 2014)

pueden realizar diferentes tipos de formatos de nivel general de actividades o cartas balance siempre y cuando sea comprensible por los profesionales que se relacione.

2.8 CONTROL – VALOR GANADO

La siguiente información se obtuvo del blog de la Universidad Politécnica de Valencia:

El valor ganado es una metodología que permite un control económico-temporal del proyecto considerando las repercusiones económicas que produce un retraso en el plazo. Las variaciones, tanto de tiempo como de coste respecto de la planificación prevista deben ser corregidas, lo antes posible, de modo que el proyecto pueda cumplir los objetivos previstos. Para calcular estas variaciones se definen tres variables básicas (utilizando la nomenclatura propuesta por el Project Management Institute):

Coste presupuestado del trabajo planificado (PV).

Coste presupuestado del trabajo realizado (EV) o valor ganado.

Coste real del trabajo realizado (AC).

PV representa el coste previsto originalmente contra el cual se mide el rendimiento real. Desde el punto de vista del contrato, PV es el presupuesto contratado menos el beneficio previsto por la empresa. Para un período determinado, PV se determina sumando los costes de cada una de las tareas finalizadas y de la parte proporcional de las tareas en curso. (Yepes Piqueretas, 2014)

Usando las definiciones anteriores pueden obtenerse las siguientes variaciones (en las que los valores negativos indican un exceso sobre lo previsto):

CV (variación del coste) = EV – AC

SV (variación del tiempo) = EV – PV

Y también en índices:

CPI (índice de coste consumido) = EV / AC

SPI (índice de tiempo consumido) = EV / PV

Si los índices son iguales a la unidad, el rendimiento es el previsto. Si son superiores a la unidad, el rendimiento es superior al planeado. Finalmente, si son inferiores a la unidad, su rendimiento es inferior al previsto. Estos índices se utilizan normalmente para predecir tendencias y llevar a cabo acciones correctivas, si fuese necesario. (Yepes Piqueretas, 2014)

En la figura N° 26 se observa la curva "S" del PV, EV, AC y los valores de proyección EAC, ETC y ETC:

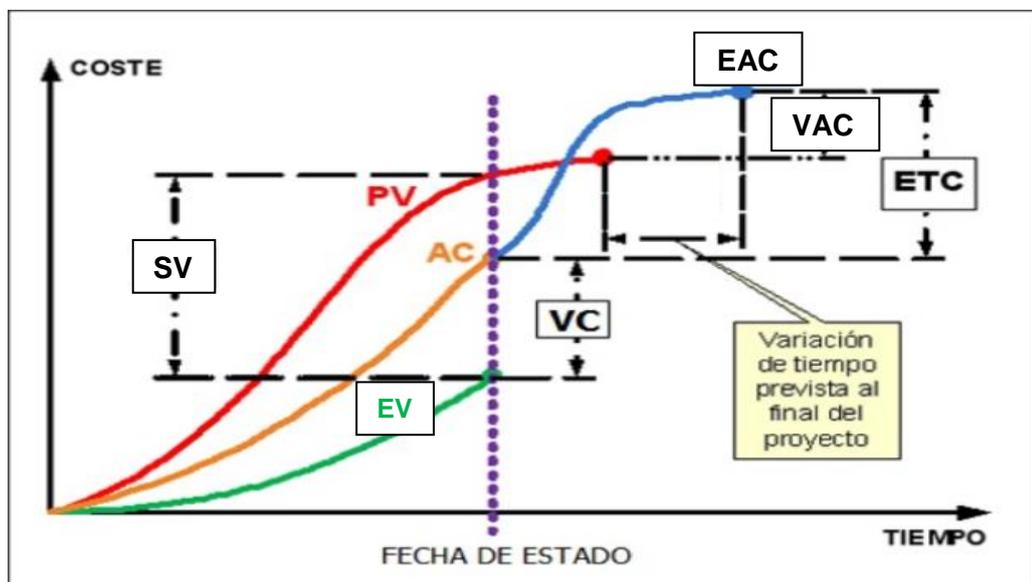


Figura N° 26 Representación de curva S de valor ganado.⁴³

⁴³ Obtenido de Poloblog virtual, blog de la Universidad Politécnica de Valencia.

CAPÍTULO III: REALIDAD PROBLEMÁTICA

3.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA ESPECÍFICA

En el Perú, la realidad de la industria de construcción peruana tiene como fuertes características contar con una filosofía de desconfianza y desintegración entre los Stakeholders que nos lleva a usar buffers o amortiguadores altos, generar almacenes llenos de material que no se usa sino hasta después de tiempo suficiente como para estropearse o “extraviarse”, que al adicionarle una gestión de proyectos en base al tradicional sistema push (“avanzar todo lo que se pueda aunque no sea necesario en ese específico momento”, “solo importa avanzar todo lo posible aunque no esté correctamente la calidad del producto”, “traigan todos los materiales antes de lo especificado por sea caso, aunque saturen el almacén”; estas son algunas de las frases en el cual podemos evidenciar una serie de características poco productivas del sistema push), se generan una serie de desperdicios que solo traen consigo un precio más alto del producto final y así quitando la oportunidad de ser competitivos.

En Paracas – Ica, se realizará un proyecto privado de Habilitación Urbana, el Condominio Oasis Bahía de Paracas, teniendo como promotor a la Compañía Inmobiliaria de Paracas S.A. y como constructor a Suma Arquitectos S.A.C., esta es una pequeña constructora que ha estado realizando proyectos bajo el sistema push, y por lo tanto, ha estado generando una serie de desperdicios sin ser consciente de ellos o quizá simplemente conviviendo con ellos.

Por todo lo antes dicho, en la presente tesis se plantea aplicar Lean Construcción en la planificación, programación, ejecución y control de este proyecto para evidenciar la serie de beneficios que se puede obtener al minimizar los desperdicios interiorizando la filosofía Lean.

3.2 METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Inicialmente, se realizará una investigación extensa sobre el tema base, en este caso, Lean Construction. Posteriormente, en base a la realidad problemática del emplazamiento del proyecto a realizar y con apoyo de un asesor con la experiencia profesional necesaria, se planteará el problema que pretenderá solucionar la presente tesis.

Se realizará la planificación y programación de la obra con semanas de anticipación a la ejecución. Esta actividad deberá realizarse, según la filosofía Lean Construction, integrando a los principales involucrados (Promotor, Constructor y Supervisor), los cuales tendrán que reunirse semanalmente, tanto en la etapa de planificación como en la de programación, ejecución y control.

Al iniciar la obra, se comenzará con la toma de datos en el campo, llenando los principales formatos de las herramientas de Lean Construction, en el caso particular de la presente tesis, serán formatos de Last Planner System, los cuales serán procesados diaria y semanalmente, para realizar reprogramaciones.

Paralelamente a la toma de datos, se aplicará la filosofía de mejora continua, el cual implicará realizar retroalimentaciones constantes para poder mitigar las causas de no cumplimiento de las actividades y así aumentar la productividad.

Semanas antes de culminar el proyecto se deberá empezar a procesar y analizar toda la información con el fin de evidenciar los resultados de haber aplicado Lean Construction al proyecto (conclusiones).

Paralelamente al procesamiento y análisis, se iniciará la elaboración del borrador final de la presente tesis.

CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

4.1.1 UBICACIÓN

El proyecto tema de estudio se desarrollará en la región Ica, provincia de Pisco, distrito de Paracas en el cual el terreno es denominado “Lote Central” según su descripción en registros públicos ubicado en la urbanización El Golf, no cuenta con numeración.

Este desértico y paradisíaco lugar ubicado a 250 kilómetros al sur de Lima, nos ofrece una serie de atractivos turístico que sumado a su clima veraniego, prácticamente todo el año, hacen de Paracas un lugar perfecto para cualquier persona que desee desconectarse de la ciudad.

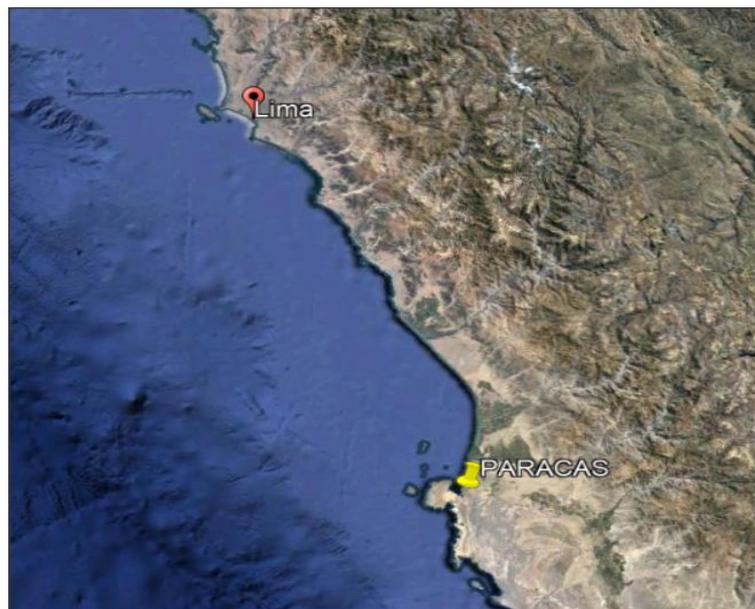


Figura N° 27 Ubicación del proyecto. ⁴⁴

Paracas nos ofrece los siguientes principales atractivos turísticos y actividades:

⁴⁴ Obtenido con el programa Google Earth.

- La Reserva Nacional de Paracas.
- Playas paradisíacas a lo largo de la bahía.
- Islas Ballestas.
- Recorridos en autos tubulares y/o cuatrimotos.
- Kaysurf.
- Sandboard.
- Restaurantes marinos.
- Buceo.
- Hoteles Lujosos (Hotel Paracas, DoubleTree Resort by Hilton).



Figura N° 28 La Catedral, ubicado en la reserva de Paracas. ⁴⁵

4.1.2 LOCALIZACIÓN

El proyecto se encuentra localizado en la zona 18L, hemisferio sur, con coordenadas UTM:

E 364452.11

N 8469699.03

Cabe mencionar que las coordenadas indicadas son las del centro del proyecto a modo de localizarlo referencialmente. El detalle de la localización se adjuntará en la sección de anexos de la presente tesis.

⁴⁵ Obtenida de búsqueda por Google, Go2Peru.com.

4.2 EL PROYECTO: CONDOMINIO OASIS BAHÍA DE PARACAS (HU)

Antes de describir el proyecto en sí, debemos conocer la naturaleza de su tipo, en este caso el Condominio Oasis Bahía de Paracas está clasificado como una habilitación urbana (HU).

Para hablar de una habilitación urbana, previamente debemos conceptualizar 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 (estudios de suelos, arquitectura de la urbanización y viviendas, la estructura de los mismos, instalaciones sanitarias y eléctricas) se tramita las licencias y permisos ante las autoridades respectivas, continuando con los trabajos preliminares (pre-construcción) seguido de la venta de las viviendas (en el caso particular del Condominio Oasis se venden los lotes, ya que la vivienda es costeada completamente por el propietario del lote), 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 postventa donde se atiende a los clientes para su completa satisfacción. (Rojas Anaya, 2015; Macedo, 2010)

El proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas comprenderá la habilitación urbana de un terreno de 200 130.16 m² en la cual albergará 181 lotes con geometrías particulares (hexagonales, rectangulares, escalonadas).

Se considera como alcances del proyecto:

- Construcción de cerco perimétrico.
- Construcción del acceso principal y secundario al condominio.
- Garita de seguridad en acceso principal y secundario.
- Construcción de vías.
- Habilitación de estacionamientos.
- Construcción de veredas.
- Construcción del sistema de agua y desagüe hasta la acometida independiente de cada lote.
- Construcción de las cámaras de bombeos por las cuales se desarrollará el sistema de desagüe.

- Construcción del sistema eléctrico de media y baja tensión.
- Construcción de subestaciones eléctricas.
- Construcción de canchas deportivas.

Cabe mencionar, a modo de ilustración adicional, que existirán 5 modelos de casas que dependerán del tipo de lote (geometría). Estas casas deberán ser construidas modularmente según el tipo (A, B, C, D y E), condición planteada por el promotor del proyecto y aceptado por inversionistas involucrados a modo de darle homogeneidad al ambiente del condominio.

Tabla N° 7 Tipos de lotes dentro del condominio.⁴⁶

Tipo de Lote	Área /Lote (m2)	Cantidad	Área Total (m2)
A	634.64	84	53,309.76
B	845.32	6	5,071.92
C	845.32	8	6,762.56
D	350	53	18,550.00
E	344	30	10,320.00
Total		181	94,014.24

Las casas han sido previamente diseñadas a modo de no romper con el contexto de paracas, ser elegantes y poseer espacios que se mantengan libre del viento (el viento en Paracas varía entre los 25 y 8 kilómetros por hora).



Figura N° 29 Render del futuro condominio.⁴⁷

⁴⁶ Elaboración propia.

El proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas es sumamente ambicioso debido a su magnitud (gran extensión) y los altos niveles de calidad que debe cumplir según hacia quien va dirigido. Adicionalmente al condominio, el proyecto es más extenso, pero no se considerará su totalidad en la presente tesis debido a que una de las fases ya está ejecutada y la otra se encuentra en estudios de inversión.

Por lo tanto, en resumen:

Tabla N° 8 Sub proyectos de la Compañía Inmobiliaria de Paracas.⁴⁸

Sub Proyecto	Estado	Considerado en la Tesis
Club House	Ejecutado	No
Condominio	Ejecución	Sí
Centro Comercial	Discusión	No

4.3 ENTIDADES INVOLUCRADAS PRINCIPALES

Las Entidades involucradas principales serán:

- La empresa Promotora.
- Los Especialistas.
- La constructora.
- La Supervisora.

A continuación se detallará cada uno de estas entidades.

4.3.1 LA EMPRESA PROMOTORA

La empresa promotora es la Compañía Inmobiliaria de Paracas S.A. la cual se dedica a la promoción y desarrollo de proyectos inmobiliarios propios en Paracas. Esta compañía pertenece a la Corporación Custer la cual es un grupo de empresas multinacional con diversas actividades industriales que van desde el sector agrícola, productos de consumo masivo, hasta bienes raíces.

⁴⁷ Render obtenido de archivos arquitectónicos del expediente técnico de la inmobiliaria Compañía.

⁴⁸ Elaboración propia.

La Compañía Inmobiliaria de Paracas, nombrada en la presente tesis como CIP, fue creado con la finalidad de realizar los proyectos propios de la Corporación Custer en Paracas, debido a que Paracas fue el lugar de nacimiento de tres generaciones Custer, los cuales fundaron dicha corporación.

Como antecedentes, CIP ha desarrollado el Club House ubicado a unos 500 metros (a lo largo de la costa) del área donde se emplazará el Condominio.

✓ **Misión**

Somos una empresa inmobiliaria de nacionalidad peruana. Desarrollamos espacios eficientes, de gran calidad arquitectónica y con gran armonía respecto al entorno de Paracas. Trabajamos con la finalidad de que nuestra marca sea sinónimo de tranquilidad, calidad y seguridad para el comprador durante el proceso de compra y Postventa. Para lograr todo esto, apostamos por el talento de nuestro equipo, y trabajamos externamente con los mejores profesionales del medio.

✓ **Visión**

Seremos la empresa inmobiliaria líder de Paracas. Influiremos de manera significativa en la construcción, el crecimiento y el bienestar de esta gran ciudad.⁴⁹

4.3.2 EMPRESAS PROYECTISTAS

CIP, al ser una empresa inmobiliaria, no cuenta con un equipo técnico, por lo que subcontrató los estudios, diseños y ejecución del proyecto. En esta sección mencionaremos los especialistas principales involucrados para la elaboración del proyecto.

Tabla N° 9 Empresas proyectistas involucradas en el proyecto.⁵⁰

Empresa Proyectista	Especialidad
León Marcial Arquitectos S.A.C.	Arquitectura

⁴⁹ Información no oficial recolectada en una entrevista realizada al Gerente General de CIP, Adolfo Molina, julio, 2017.

⁵⁰ Elaboración propia.

Gallegos, Casabonne, Arango, Quesada, Ingenieros Civiles S.A.C. (GCAQ)	Estructuras
DAA&U Arquitectura e Ingeniería S.A.C. Ing. Juan F. Choque*	Instalaciones Sanitarias
	Instalaciones Eléctricas

*Ing. Juan F. Choque es una persona natural a diferencia del resto.

4.3.3 LA EMPRESA CONTRATISTA

La empresa contratista que construirá el proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas, desde ahora COBP, es la empresa Suma Arquitectos S.A.C., quien tiene como antecedentes haber construido el Club House también propiedad de CIP.

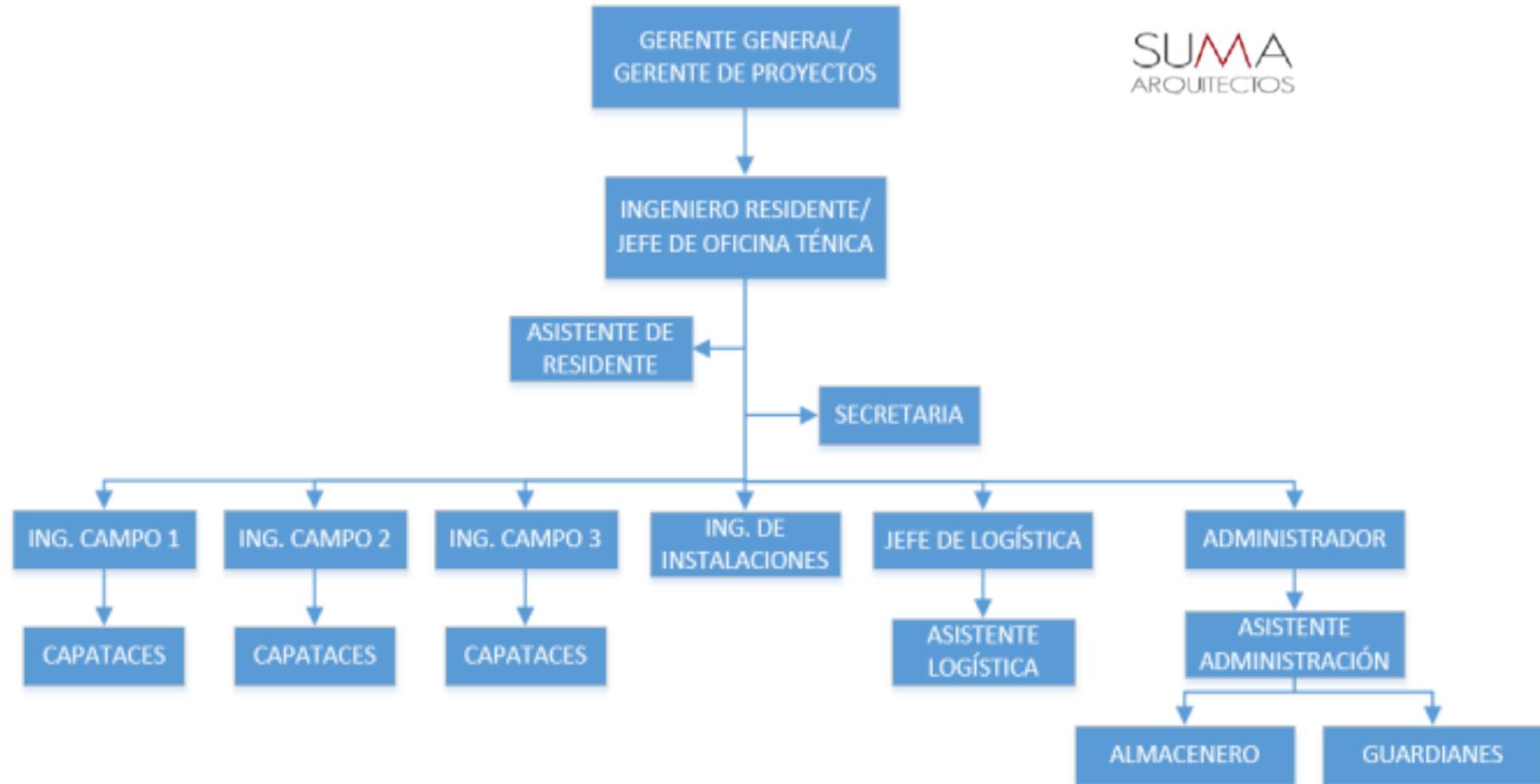
Suma Arquitectos S.A.C. ofrece servicios de Gestión Integral de Proyectos y Obras con el objetivo de optimizar el proceso de edificación, coordinando los agentes y trámites implicados en cada una de las etapas de diseño y construcción. Gestionamos proyectos desde la concepción hasta la finalización, asesorando y acompañando a nuestros clientes de forma integral en todo el proceso constructivo eliminando conflictos habituales. El diseño individualizado y la completa supervisión de la ejecución garantizan el éxito final del proyecto.⁵¹ (Gotuzzo, 2014).

Esta empresa se ha posicionado fuertemente en Paracas, siendo su especialidad las casas de playa, por lo que cuenta con experiencia necesaria para afrontar y prever los vicios ocultos que puedan existir durante la construcción del proyecto.

El organigrama inicial utilizado para la ejecución del proyecto COBP fue el siguiente (figura N° 30):

Como se aprecia en la figura N° 30, no se cuenta con supervisor y esto es porque ha pedido de CIP, ellos brindarán una supervisión externa a Suma Arquitectos.

⁵¹ Información tomada de la página web de la empresa (<http://esa.pe/suma/>).



SUMA
ARQUITECTOS

Figura N° 30 Organigrama inicial Suma Arquitectos, julio 2017.

52

⁵² Obtenido de base de datos Suma Arquitectos.

4.3.4 LA EMPRESA SUPERVISORA

La empresa supervisora es contratada por el CIP y debe contar con los conocimientos necesarios para representar, técnicamente, al promotor ante el contratista.

La supervisora contratada es Larq E.I.R.L, la cual es una empresa con vasta experiencia en supervisión al igual que en construcción, por lo que es apta para realizar la supervisión en este proyecto.

Larq E.I.R.L. y/o su representante en la obra, recibirán el nombre de Control Técnico Administrativo (CTA), ya que así se refirieron a estos en el contrato de obra.

4.4 CONTRATO DE OBRA

El contrato de obra es un acuerdo legal entre el promotor y el contratista en el cual el contratista se compromete a realizar los trabajos determinados que integren la obra y el comitente, en este caso CIP, se compromete a pagar un precio por su realización.

Es sumamente importante que se definan los alcances del contratista al igual que una serie de artículos que haga que el acuerdo sea ecuánime bilateralmente. A continuación un listado de los puntos más relevantes del contrato de obra entre CIP y Suma Arquitectos.

- Obligaciones del contratista
- Plazo de ejecución
- Monto del contrato
- Forma de pago
- Obras adicionales y modificaciones
- Presupuesto adicional
- Ampliación de plazo
- Penalidades
- Caso fortuitos o fuerza mayor

- Resolución del contrato
- Recepción de obra

A continuación detallaremos dos de los puntos del contrato que son importante para nuestro tema en estudio, el presupuesto de obra y la programación maestra contractual.

4.4.1 PRESUPUESTO DE OBRA

Definición

El presupuesto de obra es un documento imprescindible en el cual el contratista estima un monto anticipado del precio de la obra, al ofrecerlo en el mercado a un comprador (Velarde, 2015).

En el presupuesto se define el costo directo y el costo indirecto (gastos generales y utilidades) generando un monto total que posteriormente es analizado por el cliente, y comparándolo con diferentes contratistas que también deseen obtener la buena pro, el cliente elige la opción más competitiva.

$$\text{Costo Total} = \text{CD} + \text{CI}$$

Costo directo

Es el costo total obtenido de los costos parciales de la mano de obra, materiales, equipos y herramientas.

$$\text{Costo Directo} = \text{Co} + \text{Cm} + \text{Ce} + \text{Ch}$$

Costo Indirecto

Es el costo indirecto está conformado por los gastos generales y utilidades, siendo el primero un costo que el contratista debe efectuar para la ejecución de la prestación de su cargo, derivados de su propia actividad empresarial, por lo que no pueden ser incluidos dentro de las partidas de las obras o de costos directos del servicio.

Las utilidades son el monto que percibe el contratista por ejecutar la obra.

Finalmente podemos concluir que:

$$\text{Costo Indirecto} = \text{GG} + \text{Utilidades}$$

Presupuesto Aprobado

El presupuesto global realizado por Suma Arquitectos, analizado y aceptado por CIP es el que se muestra en la tabla N°10, el presupuesto detallado se adjuntará en la sección de anexos.

Cabe resaltar que CIP optó por brindar la buena pro de algunas tareas que son necesarias para considerar a la habilitación urbana como terminada, a otros contratistas de menor capacidad de contratación, tal es el caso de las partidas, red de riego tecnificado y habilitación de paisajismo. Por tal motivo, en el presupuesto resumen que se muestra a continuación (tabla N°10), no se considera a ninguno de los mencionados.

Tabla N° 10 Presupuesto resumen aprobado por CIP.⁵³

PRESUPUESTO RESUMEN		
PROYECTO	H.U. CONDOMINIO OASIS BAHÍA DE PARACAS	
UBICACIÓN	PARACAS, PISCO, ICA	
PROPIETARIO	COMPAÑÍA INMOBILIARIA DE PARACAS S.A.	
ITEM	DESCRIPCIÓN	PARCIAL (S/.)
1.00	OBRAS PROVISIONALES, PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD	359,274.02
2.00	ESTRUCTURAS	4,123,561.52
3.00	INSTALACIONES SANITARIAS	2,170,742.50
4.00	INSTALACIONES ELECTRICAS	1,493,448.68
	Costo Directo	8,147,026.73
	G.G y Utilidades	15% 1,222,054.01
	Subtotal	9,369,080.74
	Impuesto General de Ventas	18% 1,686,434.53
	TOTAL (S/.)	11,055,515.27

4.4.2 PROGRAMACIÓN MAESTRA

La programación maestra o master Schedule, es el resultado posterior al proceso de planificación, en el cual ya habiendo analizado una serie de factores

⁵³ El presupuesto resumen, base de datos Suma Arquitectos.

endógenos y exógenos al proyecto, se logra determinar el plazo de ejecución de las actividades y se relacionan las actividades de cuatro posibles tipos según su dependencia o independencia constructiva.

Las actividades pueden relacionarse de las siguientes formas:

- **Comienzo – Comienzo (CC):** las actividades comienzan en el mismo día o unidad horaria de programación.
- **Fin – Fin (FF):** las actividades terminan el mismo día o en la misma unidad horaria de programación.
- **Fin – Comienzo (FC):** el fin de la primera actividad coincide con el comienzo de la segunda actividad.
- **Comienzo – Fin (CF):** el comienzo de la primera actividad coincide con el fin de la segunda actividad.

Adicionalmente a estas relaciones es común adicionar o restar días a las relaciones creando desfases dependiendo de diversos factores constructivos como por ejemplo, se puede vaciar concreto al terminar de encofrar (tareas relacionadas como FC), pero una vez terminado de vaciar toda la mezcla no se puede desencofrar debido a que aún no ha fraguado, por tal motivo podríamos relacionar las actividades de vaciado de concreto y desencofrado como FC+n (en días), donde “n” dependerá de factores como temperatura, cantidad de m³ vaciados, viento, entre otros factores.

Al contar con todas las actividades del proyecto relacionadas entre sí, obtenemos la programación maestra y el plazo de ejecución del proyecto, en el caso del proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas el plazo de ejecución del proyecto fue 130.12 días útiles.

A continuación en la figura N° 31 y 32, una porción de la programación maestra (de Estructuras lo cual se apreciará más adelante que contiene las actividades

que marcan el ritmo de la ejecución) la cual será sustentada en el capítulo 5.1 de planificación y programación.

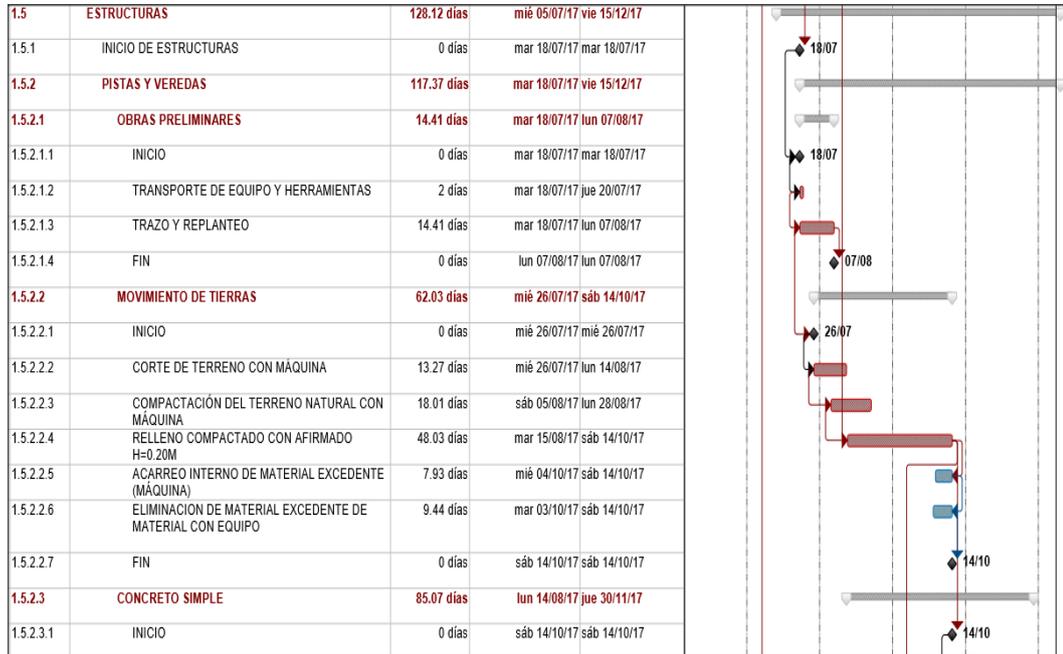


Figura N° 31 Sección Estructuras de la Programación Maestra (1 de 2).⁵⁴

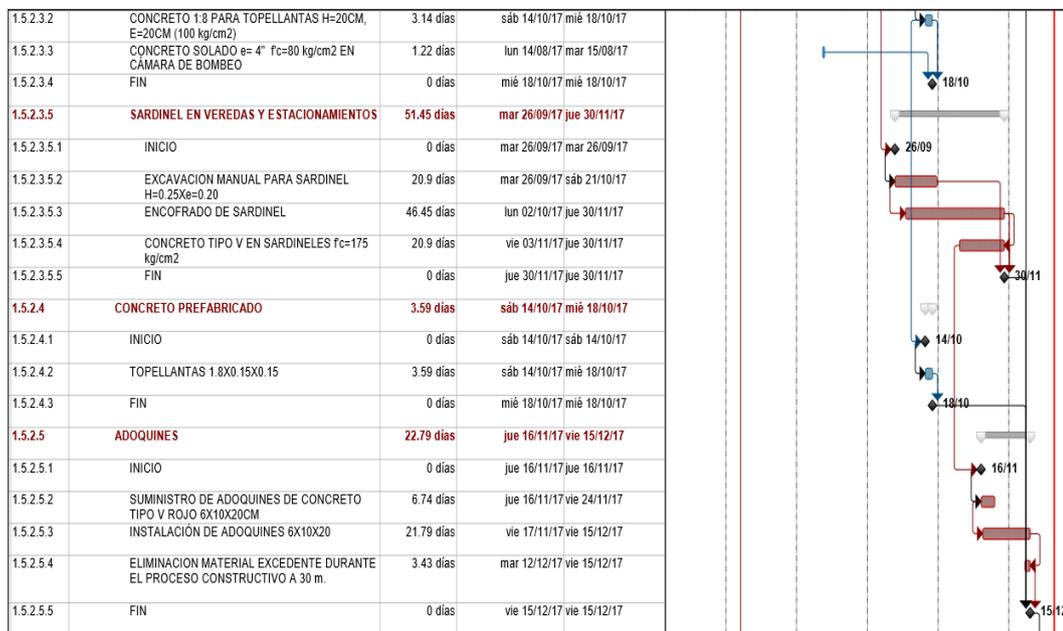


Figura N° 32 Sección Estructuras de la Programación Maestra (2 de 2).⁵⁵

⁵⁴ Obtenido de la base de datos de la constructora Suma Arquitectos.

⁵⁵ Obtenido de la base de datos de la constructora Suma Arquitectos.

4.4.3 ALCANCE CONTRACTUAL

En todo proyecto el alcance contractual es sumamente importante ya que este fija los límites con respecto al trabajo contratado, por ende, el contratista en coordinación con el cliente deben definir cada punto de los alcances sin ningún tipo de ambigüedad ya que este podría jugar en contra de cualquiera de los dos, Por ejemplo, si el cliente gestiona un proyecto de abastecimiento de agua en la cual solicita que el contratista construya un tanque elevado en un determinado lugar. Es posible que el cliente y el contratista centren toda su atención en las especificaciones técnicas del tanque elevado y al final cierren un contrato de construcción a suma alzada.

Terminando la obra el cliente podría sorprenderse cuando el contratista retire las obras provisionales (por ejemplo el cerco de malla raschel), y ahí el cliente podría darse cuenta que no había considerado ese pequeño gran detalle, protección básica a su proyecto, un cerco. Desafortunadamente, el cliente no puede exigir al contratista que le construya un cerco sin ningún costo, pero si puede pedirlo a modo de Adicional, como un nuevo trabajo.

Por muy increíble que parezca, estos errores ocurren (mayormente con clientes sin mucho conocimiento en construcción o en pequeñas inmobiliarias) por ello se recomienda que el contratista brinde apoyo en planificación al cliente, a modo de valor agregado a su servicio.

En el proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas existe una serie estructuras ya construidas con años de anterioridad, algunas de estas realizadas también por la empresa Suma Arquitectos pero no entra en el análisis de estudio precisamente porque al estar ejecutado no se incluye en el nuevo contrato de obra, y por lo tanto, tampoco será considerado en la tesis.

Trabajos ejecutados no considerado dentro de los alcances contractuales

- Cerco perimétrico (85%).
- Entrada principal.
- Entrada posterior.

- Sistema de tranqueras en entrada principal y posterior.
- Garita de seguridad en entrada principal y posterior.
- Tanque elevado y cisterna.

Alcance contractual

- Vías (a nivel de afirmado) y veredas adoquinadas (dentro de las vías se consideran los estacionamientos considerando que serán también a nivel de afirmado).
- Redes de desagüe considerando sistema de bombeo hasta el nivel de conexiones domiciliarias.
- Redes de agua hasta el nivel de conexiones domiciliarias.
- Sistema de redes de media y baja tensión.
- Sistema de iluminación alta y baja (postes y bollards).
- Subestaciones eléctricas.
- Topellantas en estacionamientos.
- Canchas deportivas (02 de tenis y 01 de frontón doble).
- Tramo de cerco perimétrico faltante (15%).

Cualquier tipo de trabajo que no se encuentre dentro de los alcances contractuales, no será obligación del contratista, por lo que cualquier subproyecto adicional que el cliente requiera para la habilitación urbana, tendrá que ser requerido como un nuevo trabajo por medio de una Orden de Cambio (OCA) en donde se especificará los detalles del Adicional.

Cabe resaltar que el cliente no solicitó varios trabajos que podría calificar al proyecto como terminado, debido a que al ser una inmobiliaria, cuenta y maneja una cartera de sus proveedores al igual que otros contratistas.

CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION

En la presente tesis se optó organizar el proyecto según el esquema mostrado en la figura N° 33, en la cual muestra las diferentes etapas que este tiene y los principales ítems que se desarrollarán en cada etapa, iniciando por la carta de constitución del proyecto, el cual es un formato propio del enfoque PMI que nos servirá para una mejor organización y entendimiento de la presente tesis.

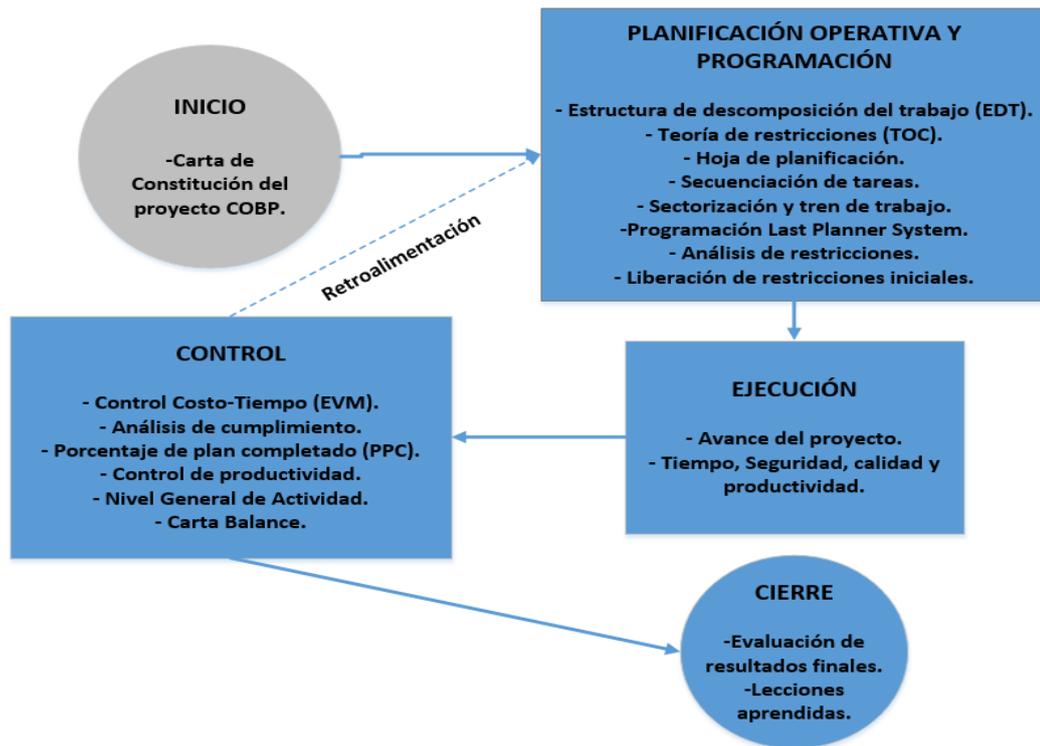


Figura N° 33 Esquema de etapas del proyecto COBP (inicio).⁵⁶

5.1. CARTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO

5.1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

El proyecto a ejecutar es una habilitación urbana que recibe el nombre de Condominio Oasis Bahía de Paracas (COBP), ubicado a metros de la exclusiva bahía de Paracas (Ica), en la cual, esta habilitación urbana cuenta con una

⁵⁶ Elaboración propia.

extensión de 200,130.16m² en donde se proyectó 181 lotes para 5 tipos de casas (A, B, C, D, E) lo cual deja un área remanente de 106,115.92m² en donde, por medio de un diseño de especialidades previo, se realizará los trabajos propios de una HU, habilitación de líneas de media y baja tensión (instalación de alumbrado público y suministro de energía en acometidas), líneas de agua potable, alcantarillado bombeado, vías de afirmado, veredas adoquinadas, estacionamientos, canchas deportivas y áreas de paisajismo; este último no pertenece al alcance contractual de la constructora por lo que será ejecutado por responsabilidad de la empresa promotora con un tercero.

5.1.2 PLAZO Y PRESUPUESTO

Plazo

El plazo contractual fijado entre la empresa constructora y la empresa promotora fue de 6 meses, aproximadamente 180 días calendarios (iniciando el 03 de julio al 03 de enero), para lo cual realizando la conversión adecuada se cuenta con 150 días útiles, figura N° 34.

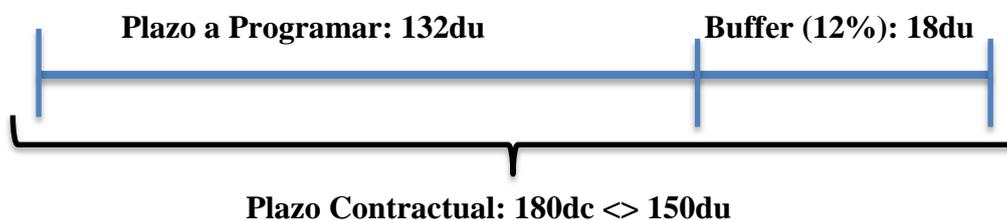


Figura N° 34 Plazo contractual del proyecto COBP. ⁵⁷

Por medio del software MS Project y la secuenciación lógica del equipo de planificación se realizó un cronograma con un plazo meta de 130.12 días útiles.

Presupuesto

El proyecto COBP cuenta con un presupuesto ofertado total de S/. 11'055,515.27 los cuales están distribuidos, globalmente, de la siguiente manera (tabla N° 11):

⁵⁷ Información obtenida del equipo de planificación de Suma Arquitectos.

Tabla N° 11 Presupuesto resumen del proyecto COBP.⁵⁸

ITEM	DESCRIPCIÓN	PARCIAL (S/.)
1.00	OBRAS PROVISIONALES, PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD	359,274.02
2.00	ESTRUCTURAS	4,123,561.52
3.00	INSTALACIONES SANITARIAS	2,170,742.50
4.00	INSTALACIONES ELECTRICAS	1,493,448.68
	Costo Directo	8,147,026.73
	G.G y Utilidades	15% 1,222,054.01
	Subtotal	9,369,080.74
	Impuesto General de Ventas	18% 1,686,434.53
	TOTAL (S/.)	11,055,515.27

5.1.3 HITOS RELEVANTES

- Inicio de la obra, 03/07/17.
- Inicio de obras provisionales, preliminares, seguridad y salud; 03/07/17.
- Inicio de instalaciones eléctricas, 03/07/17.
- Inicio de instalaciones sanitarias, 19/07/17.
- Inicio de estructuras, 05/07/17.
- Inicio de estructuras variadas, 05/07/17.
- Fin de instalaciones eléctricas, 14/11/17.
- Fin de instalaciones sanitarias, 21/11/17.
- Fin de estructuras variadas, 25/11/17.
- Fin de estructuras, 15/12/17.
- Fin de la obra, 15/12/17.
- Inicio de levantamiento de observaciones finales, 16/12/17.
- Conformidad de obra, 22/12/17.
- Entrega del proyecto, 03/01/18.

5.1.4 FACTORES DE ÉXITO

- Vicios ocultos durante el proceso de movimiento de tierra.
- Problemas con las comunidades aledañas a la ubicación del Proyecto.
- Problemas con el sindicato de Pisco.

⁵⁸ Información obtenida del equipo de planificación de Suma Arquitectos.

- Inundaciones causadas por sismos de gran magnitud (antecedente: terremoto del 15 agosto del 2007).
- Sobre pasar el plazo contractual debido a problemas operativos internos.
- Excesiva demora en el pago de las valorizaciones por parte de la empresa promotora.
- Supervisión excesiva y burocrática.
- Mayores exigencias por parte de los inspectores de la Municipalidad de Paracas relacionado con permisos o al impacto ambiental.
- Demora en la ejecución de alguna tarea subcontratada.

5.1.5 INVOLUCRADOS

Los principales involucrados en el proyecto COBP son los siguientes:

59
Tabla N° 12 Involucrados en el proyecto COBP.

EMPRESA O ENTIDAD	RELACIÓN	REPRESENTANTE	CARGO	CORREO O TELÉFONO
Compañía Inmobiliaria de Paracas S.A.	Promotor	Adolfo Molina Félix	Gerente General	amolina@corpcuster.com.pe
Suma Arquitectos S.A.C.	Contratista	Hugo Gotuzzo	Gerente General	hugogotuzzo@esa.pe
Larq E.I.R.L	Supervisor	Glenn Landavere	Gerente General	glenn.landavere@larq.net
León Marcial Arquitectos S.A.C.	Proyectista arquitectura	Lucho Marcial	Gerente General	marcialkuhne@gmail.com
Gallegos, Casabonne, Arango, Quesada, Ingenieros Civiles S.A.C. (GCAQ)	Proyectista estructural	Julio Arango	Director	julioarango@gcaq.com.pe
DAA&U Arquitectura e Ingeniería S.A.C.	Proyectista IISS	Yulian Benites	Gerente de Proyectos	y.benites@uma.net.pe
Personal Natural	Proyectista IIEE	Juan Choque	Ingeniero	juanchva@yahoo.es
Bloques Constructora S.R.L.	Proveedor de adoquines	Carlos Córdova	Gerente General	carlos@bloques.com.pe
Sportek S.A.C.	Proveedor acabados deportivos	Ximena Vega	Coordinadora de Ventas	xvega@sportekperu.com
Maquihier E.I.R.L.	Proveedor de maquinarias	Carlos Quispe	Gerente General	(056) 534371
Servicios "VyV" Ings. S.R.L	Proveedor de maquinarias y materiales	Luz Vargas	Gerente General	(056) 532059
Matias Maquinarias S.A.C.	Proveedor de maquinarias	Orlando Rivera	Gerente General	(056) 4798170
Municipalidad de Paracas	Permisos Municipales	Carlos Ramos	Gerente de Desarrollo Urbano	995 161 399

5.2 PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO

La siguiente etapa contempla la planificación y la programación del proyecto, en el cual por medio de métodos heurísticos ya establecidos y complementándolo

⁵⁹ Elaboración propia.

con el criterio del gerente de proyectos, se definirán una serie de documentación relevante y necesaria para la ejecución del proyecto (siguiente etapa).



Figura N° 35 Esquema de etapas del proyecto COBP (Planificación operativa y programación).⁶⁰

5.2.1 PLANEAMIENTO OPERATIVO

Existen 4 tipos de planeamiento en un proyecto, partiendo del que engloba grandes rasgos como por ejemplo la visión y valores de una organización (lo cual implica proyecciones de 5 a más años), hasta el planeamiento a nivel operativo y de corto plazo.

Los planeamientos son los siguientes:

1. Planeamiento Estratégico, con proyección a largo plazo, realizado por la alta dirección.

⁶⁰ Elaboración propia.

2. Planeamiento Táctico, con proyección a mediano plazo, realizado por los gerentes de línea como gerente de operaciones, de finanzas, recursos humanos, entre otros.
3. Planeamiento Operativo, con proyección a corto plazo, elaborado por el gerente del proyecto.
4. Planeamiento de Contingencia, se realiza a nivel de plan operativo con el fin de prevenir eventos no deseados.

Los planeamientos mencionados se relacionan de la siguiente manera:

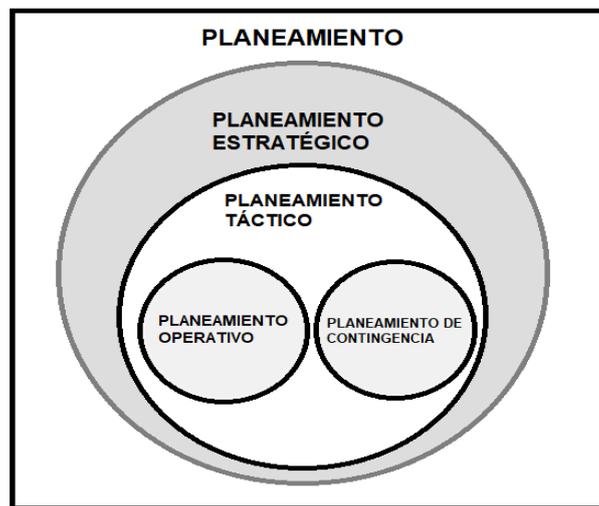


Figura N° 36 Niveles de planeamiento.⁶¹

Se observa que el planeamiento es un proceso jerárquico sea tanto para los niveles de planeamiento como los profesionales que lo elaboran.

Para interés de la presente tesis, es necesario centrarse en el planeamiento operativo ya que este comprende el planeamiento a corto plazo. La forma correcta de afrontar un proyecto el cual es la suma de un número determinado de actividades relacionadas entre sí de diversas maneras (Fin – Fin, Comienzo Comienzo, Fin – Comienzo o Comienzo – Fin), es desglosarla por niveles manteniendo orden en todo momento, esta herramienta muy usada es conocida

⁶¹ Elaboración propia.

como Estructura de Descomposición de Trabajo (EDT) o Work Break Structure (WBS), es una actividad que requiere experiencia y mucho criterio de los profesionales, ya que todos los proyectos, sin excepción, son diferentes sea por factores internos o externos, por lo que los profesionales deben estar aptos para realizar un EDT adecuado con las condiciones endógenas⁶² y exógenas⁶³ de proyecto.

En el EDT se aprecia los diferentes niveles de descomposición del trabajo pudiendo agregar los niveles que sean necesarios según el criterio del grupo de especialistas que lo realicen.

El proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas está conformado por una serie de sub proyectos (obras provisionales y preliminares, obra civil de vías y veredas, las instalaciones eléctricas (IIEE), instalaciones sanitarias (IISS) y un grupo de losas deportivas que fueron clasificadas como estructuras variadas) y estos subproyectos a su vez se subdividen en sectores si es que el tiempo que tardaría un número determinado de cuadrillas en un frente de trabajo es mayor que el tiempo disponible por exigencia del tiempo contractual, por lo que es necesario ejecutar el subproyecto por varios frentes y, si las condiciones espaciales lo permiten, generar sectores siempre y cuando los equipos y personal no se interrumpan entre sí.

Bajo el punto de vista de descomposición del trabajo, se entiende que un proyecto es la integración de especialidades en los cuales se desarrollan una cantidad limitada de subproyectos, estos subproyectos podrían estar divididos en sectores si es que su magnitud lo amerita, en estos sectores se desarrollan las principales actividades y dentro de estas actividades principales se encontrarán las principales partidas que se encuentran en los presupuestos. Cabe resaltar que se puede seguir subdividiendo en niveles más básicos si fuera necesario pero a nivel de EDT, no se acostumbra.

⁶² Planeamiento endógeno o layout plant, es la distribución gráfica de la obra que ayuda para visualizar de una manera más óptima los factores de partida importantes en proyecto (instalaciones provisionales, accesos y circulación dentro de la obra).

⁶³ Planeamiento regional o exógeno, es el planeamiento que considera la identificación de los factores externos a la obra pero de vital importancia como vías de comunicación, canteras, fuentes de agua, entre otros factores.

A continuación se procederá a detallar el EDT preliminar usado en el proyecto:

1er Nivel: El primer nivel está encabezado por el título del proyecto, Condominio Oasis Bahía de Paracas.

2do Nivel: Se encuentran las especialidades que conforman el proyecto, las siempre necesarias obras provisionales y preliminares, estructuras, instalaciones eléctricas (IIEE) e instalaciones sanitarias (IISS).

3er Nivel: En este nivel se encuentran los subproyectos y si les denomina así, ya que en un contexto diferente, cada una de estas actividades podría ser un proyecto independiente. Se debe comprender que un proyecto de HU, es un proyecto que tiene como alcance la habilitación de instalaciones y construcciones básicas necesarias para que en un determinado territorio las personas puedan construir sus viviendas contando ya con una infraestructura adecuada como vías, veredas, áreas comunes alumbradas, servicio de agua, energía eléctrica y a veces hasta servicio de vigilancia dependiendo de los beneficios que ofrezca la inmobiliaria promotora. Con todo lo dicho, no es raro visualizar que los subproyectos implicados no incluyan las convencionales partidas de losas aligeradas, vigas, columnas, en general partidas de edificaciones.

En este nivel contaremos con los subproyectos de vías y veredas, estructuras variadas donde comprenderán las canchas deportivas, instalaciones de redes eléctricas, subestaciones eléctricas, instalaciones de agua y desagüe por medio del sistema de cámaras de bombeo.

4to Nivel: Si la magnitud de las tareas ameritan sectorización, se sectorizará de manera conveniente considerando las restricciones del caso (se tocará este tema con más detalle más adelante).

En este nivel se sectorizará los subproyectos que lo ameriten, el proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas cuenta con un lote matriz de 200,130.16m², de los cuales habrá 181 lotes que suman un área total de 94,014.24m², por lo que nos deja un área remanente de 106,115.92m², de esta

última área se construirá (según el diseño preestablecido por los arquitectos) las veredas, las vías, estacionamientos, áreas verdes, áreas deportivas, áreas comunes en general. Con lo mencionado se intuye a primera instancia que se trabajará con más de un sector por cada subproyecto con el fin de cumplir el plazo contractual.

En este nivel encontramos los sectores definidos preliminarmente (ya que es el EDT preliminar), para el caso de los subproyectos vías y veredas, estructuras variadas, instalaciones de redes eléctricas, instalaciones de redes de agua y desagüe bombeado; se ha determinado en esta etapa preliminar la cantidad de sectores los cuales van del sector A al F. Para el caso de las canchas deportivas se dividirá en dos sectores debido a la ubicación ya definida de dichas estructuras al igual que la ubicación de las subestaciones eléctricas definidas por el especialista eléctrico.

5to Nivel: En este nivel se colocó los entregables, conformado por las vías y estacionamientos, veredas, 02 canchas de tenis, 01 cancha doble de frontón, 04 subestaciones eléctricas, red de baja tensión, red de media tensión, red colectora de desagüe, cámaras de bombeo y red de agua potable.

6to Nivel: En este nivel se encontrarán las partidas que conforman los entregables.

En el caso de las instalaciones eléctricas se subcontrató gran parte de los entregables pero se conservó las actividades de estructuras y trabajos preliminares para la constructora Suma Arquitectos con el fin de optimizar las ganancias, esta decisión de parte de la constructora demanda una gran cantidad de coordinación entre la empresa eléctrica y la constructora las actividades de movimiento de tierra son tareas precedentes de las eléctricas y podría retrasarla la ruta crítica de la empresa eléctrica subcontratada. A continuación el EDT general del proyecto (figura N° 37):

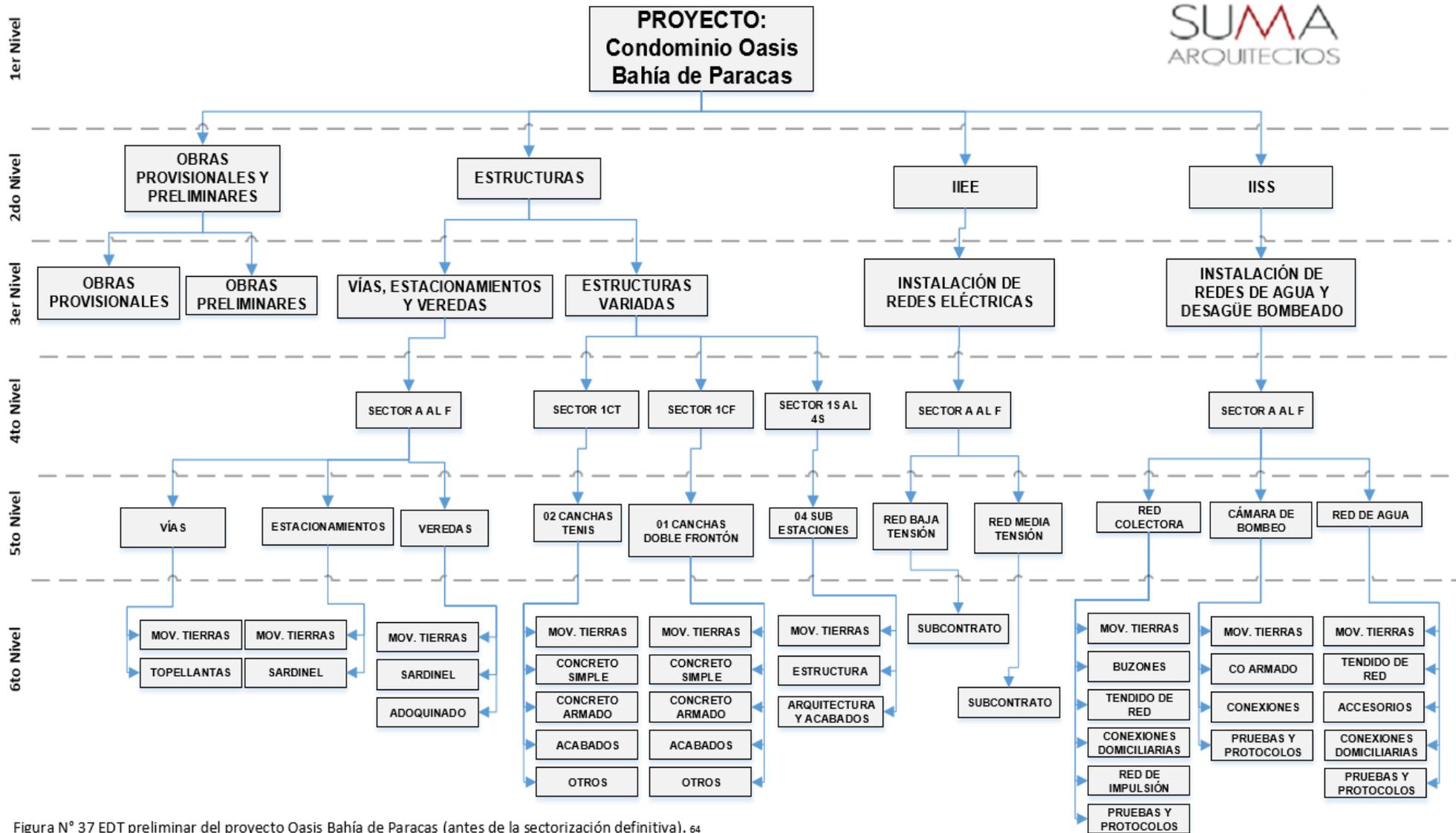


Figura N° 37 EDT preliminar del proyecto Oasis Bahía de Paracas (antes de la sectorización definitiva). 64

⁶⁴ Obtenida de base de datos Suma Arquitectos.

5.2.2 METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN PRELIMINAR

En la etapa de planificación aplicaremos el círculo de Deming (PDCA) a la planificación, en primera instancia generando una programación preliminar o programación base por medio de métodos tradicionales de planificación (Ley de Pareto y TOC), luego se irá adecuando la programación en función a restricciones endógenas del proyecto hasta generar la programación maestra que determinará el plazo contractual.

Planear (Plan)

Como punto de partida de planificación se utilizó los conceptos de metodología de planificación expuesto en el IV Congreso Iberoamericano de Gerencia de Proyecto, realizado en Sao Paul (Brasil, 2003), impartido por el ingeniero Walter Rodríguez Castillejo, ingeniero Fic - Uni.

La metodología planteada se caracteriza por trabajar a la par con dos conceptos históricamente demostrados, la regla o ley de Pareto y la teoría de restricciones (TOC).

Esta metodología se centra en identificar por medio de la Ley de Pareto a las actividades del proyecto que generen un mayor impacto en el plazo de ejecución total (actividades con elevada cantidad de HH, limitaciones de equipos y/o mano de obra), y por medio de TOC subordinar el tiempo de estas actividades a las condiciones temporales contractuales (inamovibles).

Hacer (Do)

Plazo de Ejecución

El plazo de ejecución es elaborado por el constructor, y este plazo parte del plazo contractual que siempre se fija en días calendario, como es lógico no es posible poder planificar sobre los días calendario debido a que existe días no laborables como domingos y feriados donde la producción será cero, por ello se debe realizar una conversión a días útiles.

Generalmente, un mes cuenta con 30 días calendario y 25 días útiles, por lo que deberemos dividir los días calendarios entre 1.20 para convertirlos a días útiles.

El plazo contractual fijado por CIP y Suma Arquitectos fue de 06 meses, aproximadamente 180 días calendario (del 03 de julio al 03 de enero), por lo que procedemos a convertirlo en días útiles.

$$\text{Plazo Contractual en } du = \frac{6 \text{ meses} \times 30 \frac{dc}{mes}}{1.20 \frac{dc}{du}} = 150 \text{ } du$$

Finalmente, se cuenta con 150 días útiles como máximo para ejecutar el proyecto (plazo a contractual) sin contraer ningún tipo de penalidad contractual pero nunca se debe trabajar con este tiempo completo ya que eso significaría no considerar la variabilidad del proyecto siendo muy optimista (que no exista ningún tipo de retraso), por lo que debemos aplicar un buffer de tiempo adecuado para el proyecto.

El proyecto podría estar clasificado como un proyecto de mediada incertidumbre debido a las obras que impliquen conexiones domiciliarias, pero existe una serie de factores que hacen clasificar al proyecto con baja incertidumbre y los factores son los siguientes:

- Moderada confianza con los proveedores locales debido a que Suma Arquitectos está especializado en construcción de casas de playa en la región Ica y ya cuenta con una cartera de proveedores frecuentes.
- Moderada experiencia en construcción en suelos arenosos (Club Oasis y casas de playa), cabe resaltar que CIP trabajó con Suma Arquitectos años atrás para la construcción del Club House de CIP, el Club Oasis Bahía de Paracas, que se encuentra a 500 metros a lo largo de la costa, siendo este un proyecto con condiciones sumamente similares al condominio además de haber conseguido un listado importante de lecciones aprendidas.
- Se encuentra un 100% del área matriz en terreno natural (arena) por lo que los trabajos que impliquen excavaciones como redes de agua y desagüe no implica romper una carpeta asfáltica o de concreto sino

excavar sobre arena que inclusive al ser este un terreno bastante manejable, aumenta el Ru de las excavaciones.

Por los motivos mencionados, se optó por seleccionar un buffer de 12% el cual es el máximo buffer temporal para un proyecto de baja incertidumbre, con el fin de garantizar el plazo contractual.

$$\text{Buffer} = 150du \times 12\% = 18du$$

$$\text{Plazo de Ejecución} = \text{Plazo contractual} - \text{Buffer} = 150du - 18du = 132 du$$

Finalmente obtenemos el plazo de ejecución, **132 días útiles**, el cual será el plazo que utilizaremos para programar.

Dimensionamiento del Tiempo de la Tarea Restrictiva

El dimensionamiento del tiempo de la tarea restrictiva es el núcleo que define la programación de la obra debido a que de este dimensionamiento hace “encajar” las actividades que demanden una cantidad importante de recursos, en el plazo contractual. Además, de este dimensionamiento se desprenderán datos que impactarán en la gestión de la obra como por ejemplo, la cantidad de personal técnico (Capataces, operarios, oficiales, peones) y cantidad de equipos según el cronograma que adquisiciones generado por la programación.

Para dimensionar el tiempo de la tarea restrictiva e iniciar la programación se siguen los siguientes pasos:

1. Identificar la tarea restrictiva, la actividad con mayor cantidad de HH o la tarea que marque el ritmo a causa de recursos limitados.
2. Identificar las tareas que formen una cadena de tareas en la cual la tarea restrictiva este incluida como eslabón, por lo que deben ser tareas sucesoras y predecesoras. Comúnmente se utiliza el diagrama de Gantt.

3. Hallar el tiempo sucesor (t_1) y el tiempo predecesor (t_2) a la tarea restrictiva, sumando respectivamente todos los desfases de la cadena de tareas sucesoras y predecesoras.
4. Se resta t_1 y t_2 al plazo contractual dando como resultado el tiempo de programación de la tarea restrictiva (T_{pr}).
5. Se aplica TOC a las tareas no restrictivas comparando su tiempo unitario con el T_{pr} , generándose dos casos:
 - a) Si $T_u < T_{pr}$; el T_u se convierte en tiempo de programación (T_p) de dicha tarea.
 - b) Si $T_u \geq T_{pr}$; el T_p de programación de dicha tarea toma el valor máximo, $T_p = T_{pr}$.
6. El factor de cuadrilla para cada actividad estaría definido por $f = T_u/T_p$.
7. Los recursos diarios (R_d) se obtendría multiplicando el factor de cuadrilla por los recursos unitarios, $R_d = f \times \text{recursos unitarios}$.

Es sumamente importante poder identificar las actividades que generen mayor impacto en el tiempo, ya que podría caerse en el error de que las actividades más costosas serán las más relevantes en todos los aspectos, pero no necesariamente es correcto, por ejemplo podemos realizar una actividad que durante su proceso constructivo consume materiales realmente costosos y eso elevaría el precio de la partida, pero si la producción unitaria es alta, no sería una actividad que impacte en el tiempo a pesar de ser costosa, conclusión, el costo no es una referencia útil para la planificación.

La referencia útil para la planificación, que posteriormente se volverá programación, es el trabajo invertido en las actividades, y el trabajo se mide en horas – hombre por lo que será necesario realizar una hoja de planificación hallando el trabajo invertido en todas las partidas involucradas en el proyecto.

Se toma en cuenta la relación para hallar el trabajo involucrado.

$$\text{Trabajo} = \text{Cantidad de Trabajadores} \times \text{Jornada} \times \text{Tu}$$

O también;

$$\text{Trabajo} = \text{Metrado} \times \text{Rendimiento}$$

Unidades de las variables:

[Trabajo]: HH

[Cantidad de Trabajadores]: Und

[Jornada]: Horas/día

[Tu⁶⁵]: días

[Metrado]: ulp⁶⁶

[Rendimiento]: HH/ulp

Como una programación preliminar, analizamos la hoja de planificación resumen (Tabla N° 13) en el cual se observa que la mayor cantidad de trabajo estaría concentrado en la especialidad de estructuras ya que la cantidad de trabajo involucrada en dicha especialidad es del 39.50% de las HH totales.

Tabla N° 13 Hoja de planificación resumida. ⁶⁷

HOJA DE PLANIFICACIÓN RESUMEN HH		
PROYECTO	H.U. CONDOMINIO OASIS BAHÍA DE PARACAS	
UBICACIÓN	PARACAS, PISCO, ICA	
PROPIETARIO	COMPAÑÍA INMOBILIARIA DE PARACAS S.A.	
ITEM	DESCRIPCIÓN	HH
1.00	OBRAS PROVISIONALES, PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD	2,710.29
2.00	ESTRUCTURAS	51,485.82
3.00	INSTALACIONES SANITARIAS	43,814.88
4.00	INSTALACIONES ELECTRICAS	28,815.45
TOTAL HH DEL PROYECTO		126,826.44

Debemos identificar las partidas que demanden más trabajo dentro de la especialidad de estructuras. La especialidad de estructura se divide en “vías y veredas” y “estructuras variadas” (canchas deportivas y subestaciones

⁶⁵ Tiempo unitario, es el tiempo que la cuadrilla unitaria tardaría en realizar una cantidad de producto determinado por el metrado.

⁶⁶ Unidad lógica de producción.

⁶⁷ Elaboración propia.

eléctricas), siendo las “vías y veredas” las que demanden el 92.86% del trabajo de la especialidad (47,811.45HH), lo cual nos indica que debemos centrarnos en las actividades de “vías y veredas” ya que estas impactan en el tiempo marcando el ritmo de ejecución.

Tabla N° 14 Hoja de planificación - sección estructura. ⁶⁸

02	ESTRUCTURAS				4,123,561.52	Cuadrilla							51,485.82
Item	Descripción	UND	Metrado	PU (S/.)	CD (S/.)	CAP	OPE	OFI	PE	Prod.	Rend.	HH	
02.01	VÍAS Y VEREDAS				3,806,044.41							47,811.45	
02.01.01	OBRAS PRELIMINARES				134,170.34								
02.01.01.01	TRANSPORTE DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	4,055.38	4,055.38								
02.01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	43,227.56	3.01	130,114.96	1	1		3	500	0.080	3,458.20	
02.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,755,161.96								
02.01.02.01	CORTE DE TERRENO CON MÁQUINA	m3	5,971.87	3.06	18,273.92	0.1	1		2	450	0.055	329.12	
02.01.02.02	COMPACTACIÓN DEL TERRENO NATURAL CON MÁQUINA	m2	43,227.56	3.77	162,967.90	0.1	1		2	400	0.062	2,680.11	
02.01.02.03	RELLENO COMPACTADO CON AFIRMADO H=0.20M	m2	43,227.56	33.51	1,448,555.54	0.3	1	1	2	150	0.229	9,913.52	
02.01.02.04	ACARREO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE (MÁQUINA)	m3	7,929.45	2.75	21,805.99	0.1	1		2	500	0.050	393.30	
02.01.02.05	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL CON EQUIPO	m3	7,929.45	13.06	103,558.62		2		2	420	0.076	604.15	
02.01.03	CONCRETO SIMPLE				52,927.97								
02.01.03.01	CONCRETO 1:8 PARA TOPELLANTAS H=20CM, E=20CM (100 kg/cm2)	m	942.90	22.85	21,545.27	1	2	1	7	100	0.880	829.75	
02.01.03.02	CONCRETO SOLADO e= 4" fc=80 kg/cm2 EN CÁMARA DE BOMBEO	m2	547.50	57.32	31,382.70	0.7	1	1	5	150	0.411	224.84	
02.01.03.03	SARDINEL EN VEREDAS Y ESTACIONAMIENTOS				877,623.04								
02.01.03.03.01	EXCAVACION MANUAL PARA SARDINEL H=0.25x e=0.20	m	16,723.00	1.72	28,763.56	0.1			1	80	0.110	1,839.53	
02.01.03.03.02	ENCOFRADO DE SARDINEL	m	16,723.00	23.28	389,311.44		1		1	18	0.889	14,864.89	
02.01.03.03.03	CONCRETO TIPO V EN SARDINELES fc=175 kg/cm2	m	16,723.00	27.48	459,548.04	1	1	1	4	160	0.350	5,853.05	
02.01.04	CONCRETO PREFABRICADO				14,781.08								
02.01.04.01	TOPELLANTAS 1.8X0.15X0.15	und	449.00	32.92	14,781.08	0.1	1		2	25	0.992	445.41	
02.01.05	ADOQUINES				971,380.03								
02.01.05.01	SUMINISTRO DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO V ROJO 6X10X20CM	m2	14,423.00	44.47	641,390.81	0.4	4		2	712.8	0.072	1,036.00	
02.01.05.02	INSTALACIÓN DE ADOQUINES 6X10X20	m2	13,737.00	23.56	323,643.72	0.5	1	3	3	157.6	0.381	5,229.82	
02.01.05.03	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO A 30 m.	m3	686.00	9.25	6,345.50		1		1	100	0.160	109.76	

Aplicamos Pareto, por lo que es necesario realizar una tabla con las actividades con HH en orden descendente (tabla N° 15), para que con ello elaboremos el diagrama de Pareto (figura N°38):

⁶⁸ Obtenida de archivos de planificación de la constructora Suma Arquitectos.

Tabla N° 15 Actividades de "Pistas y Veredas" organizadas en función a su HH descendentemente. ⁶⁹

Tipo de falla o defecto	Cantidad de HH	Total acumulado	% Parcial	% Acumulado
Encofrado de sardinel	14,864.89	14,864.89	31.09%	31.09%
Relleno compactado con afirmado	9,913.52	24,778.41	20.73%	51.83%
Concreto tipo V en sardineles $f_c'=175\text{kg/cm}^2$	5,853.05	30,631.46	12.24%	64.07%
Instalación de adoquines	5,229.82	35,861.28	10.94%	75.01%
Trazo y replanteo	3,458.20	39,319.48	7.23%	82.24%
Compactación del terreno natural con máquina	2,680.11	41,999.59	5.61%	87.84%
Excavación manual para sardinel	1,839.53	43,839.12	3.85%	91.69%
Suministro de adoquines	1,036.00	44,875.12	2.17%	93.86%
Concreto topellantas	829.75	45,704.87	1.74%	95.59%
Eliminación de material excedente	604.15	46,309.02	1.26%	96.86%
Topellantas	445.41	46,754.43	0.93%	97.79%
Acarreo interno de material excedente	393.30	47,147.73	0.82%	98.61%
Corte de terreno con máquina	329.12	47,476.85	0.69%	99.30%
Concreto solado en cámara de bombeo	224.84	47,701.69	0.47%	99.77%
Eliminación de material excedente	109.76	47,811.45	0.23%	100.00%

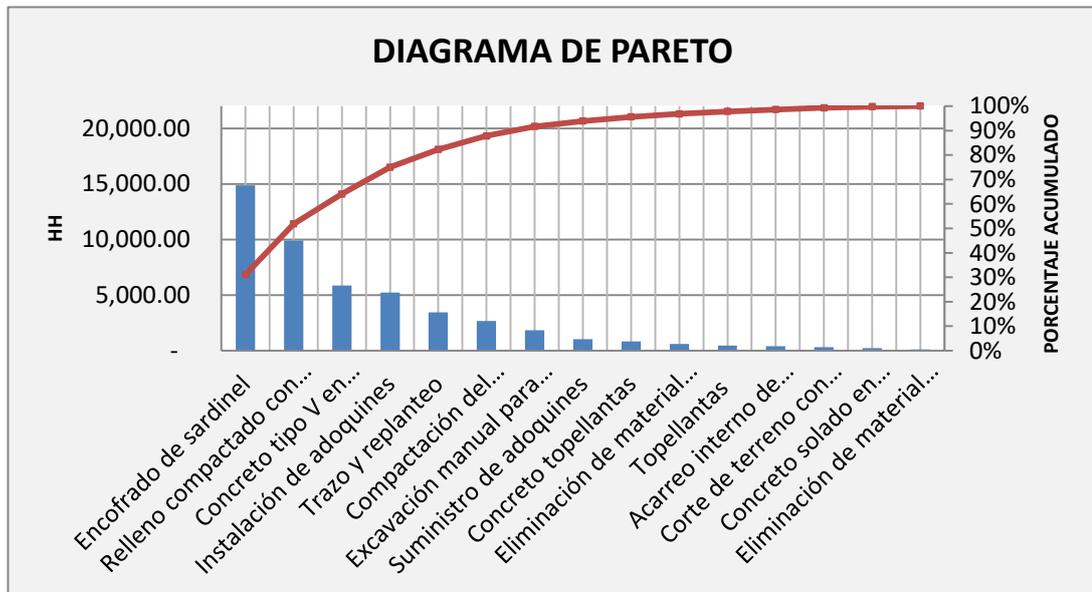


Figura N° 38 Diagrama de Pareto para identificación de tareas restrictivas. ⁷⁰

Verificar (Check)

Contamos con 15 actividades en "Pistas y Veredas" por lo que el 20% de las actividades serían 3 actividades, las que comprendan mayor cantidad de trabajo en su ejecución, por lo tanto las actividades en las que deberíamos centrarnos para asegurar el 80% del plazo de ejecución de la especialidad de estructuras,

⁶⁹ Elaboración propia.

⁷⁰ Elaboración propia.

que a su vez esta especialidad representa aproximadamente el 20% de las especialidades, por lo que estaríamos asegurando según la ley de Pareto, el 80% del plazo de ejecución total de la obra, desafortunadamente, la variabilidad en proyectos de construcción es alta a comparación de cualquier otro rubro por lo que se debe realizar este mismo proceso para cada especialidad.

Debido a la magnitud del proyecto, existen una serie de actividades, aparentemente “no importantes” (poca cantidad de recursos involucrados), con “Tu” incluso más grande que el tiempo de ejecución total de la obra. ¿Por qué sucede esto?, la respuesta es por el corto y sumamente estricto tiempo de trabajo el cual es una restricción inamovible del proyecto (impuesto por el promotor del proyecto), Por tal motivo, en este caso se deberá realizar una reducción de los tiempos de programación de las actividades en función de una serie de restricciones.

Actuar (Act)

Restricciones del Proyecto

En proyecto demanda una alta cantidad de recursos diarios debido a su restricción de tiempo, por tal motivo, se debe realizar un potencial inventario de recursos para poder marcar un límite entre lo posible, las limitaciones exógenas, endógenas, y la cantidad de recursos que se encuentran en la provincia Pisco para realizar el proyecto.

Esto se logra realizando un estudio considerando los proveedores (maquinarias y materiales) conocidos, verificar si la capacidad de estos cumplen con los requerimientos diarios del proyecto, caso contrario considerar y separar el máximo stock posible para la fecha que se requiera y buscar entre empresas del mismo rubro para completar nuestros recursos de materiales y equipos, cabe resaltar que al trabajar con mayor cantidad de proveedores la variabilidad aumenta por lo que es recomendable contratar proveedores que hayan tenido algún tipo de antecedente positivo con la constructora.

Para el caso de la mano de obra, es similar a los equipos y herramientas, en el sentido de que en el caso de no haberse encontrado la cantidad de recursos

necesarios (mayormente mano de obra especializada como operario u oficial) se deberá ampliar el rango de búsqueda a las provincias más cercanas a Pisco, los cuales serían Chincha e Ica, con el fin de poder conseguir mano de obra sin necesidad de aumentar el presupuesto en crear un campamento o pagar hospedajes y viáticos para dicha mano de obra no local.

Al conseguir mayor recursos se asume que se utilizarán un cierto número de cuadrillas los cuales estarán distribuidos en sectores y estos a su vez serán ejecutados por frentes de trabajo, lo cual implica un movimiento importante de mano de obra y equipos, en los proyectos de edificaciones comunes, el espacio es una restricción, pero en este caso se cuenta con una gran cantidad de espacio, por lo que resolver este problema se resume a realizar una correcta planificación endógena.

Resumiendo, las restricciones para reducir los tiempos de las actividades que deberán ser superadas por el equipo de planificación serían:

- Conseguir un stock fiable y viable de recursos (materiales y/o herramientas) coordinados con proveedores o personas naturales en el caso de mano de obra.
- Distribuir eficientemente el espacio de modo que sea suficiente para que las cuadrillas puedan trabajar sin obstaculizarse entre ellas (realizar layout plant, identificando vías y recursos, al igual que sectores y frentes).

Considerando las restricciones mencionadas se obtuvo, con coordinación con el equipo de planificación, los tiempos de ejecución de las actividades, multiplicando por un factor de cuadrilla "f" adecuado, que sea viable y confiable. A continuación la hoja de programación (tabla N° 17 y 18):

En la columna final gris se ubican los factores de cuadrillas "f" por lo que deberán ser multiplicados su respectiva cuadrilla unitaria para obtener la cantidad de mano de obra y maquinarias totales que necesitaremos.

Cabe volver a recalcar que el "f" fue estudiado previamente y con mucho cuidado (por cada actividad) por el equipo de planificación, debido a que de no haberse

considerado las restricciones adecuadas podría fallar en alguna parte del flujo de trabajo y generar atrasos que podrían escapar del buffer establecido.

Los recursos requeridos para el proyecto no pudieron ser obtenidos en su totalidad en la provincia de Pisco, principalmente para personal calificado en encofrado, ya que en la actividad de encofrado de sardinel, se pretenderá ejecutarlo por medio de 20 cuadrillas, por lo que fue necesario obtener personal de Chíncha e Ica.

A continuación se mostrará las restricciones iniciales que se considerarán para complementar la planificación inicial (cuadro N° 16):

Tabla N° 16 Cuadro de restricciones iniciales. ⁷¹

CUADRO DE RESTRICCIONES INICIALES		
PROYECTO: CONDOMINIO OASIS BAHÍA DE PARACAS		TIPO: HABILITACIÓN
PROPIETARIO: COMPAÑÍA INMOBILIARIA DE PARACAS S.A.		URBANA
UBICACIÓN: URB. EL GOLF, PISCO PARACAS		CÓDIGO: HU01
TIPO DE RESTRICCIONES: Material / Diseño / MObra / Inspección / Documentación / Equipos / Habilitación Zona Trabajo / Seguridad / Ambiental / Subcontrato / Otros		
ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	TIPO
1	Plazo contractual reducido	Otro
2	Demora de permisos municipales y análogos	Doc
3	Encofrado de sardinel, restricción de HH	MO
4	Relleno compactado con afirmado, restricción de HH	MO
5	Insuficientes maquinarias para la partida de relleno compactado con afirmado	Eq
6	Insuficientes operarios en Paracas para la partida de encofrado	MO
7	Posibles vicios ocultos durante el movimiento de tierra	HZT
8	Stock limitado de madera adecuada para el encofrado de sardineles	Mat
9	Problemas con el sindicato de Pisco	Otro
10	Problema con pobladores de Paracas	Otro
11	Inundaciones causadas por sismos	Amb
12	Problemas de incompatibilidad en documentación gráfica	Dis
13	Supervisión excesiva y/o burocrática	Ins
14	Demora de tareas subcontratadas	Sub

⁷¹ Información obtenido del grupo de planificación de Suma Arquitectos.

Tabla N° 17 Hoja de planificación (1 de 2). ⁷²

02	ESTRUCTURAS				4,123,561.52	Cuadrilla						51,485.82			
Ítem	Descripción	UND	Metrado	PU (S./.)	CD (S./.)	CAP	OPE	OFI	PE	Prod.	Rend.	HH	Tu	Tp	f
02.01	VÍAS Y VEREDAS				3,806,044.41							47,811.45			
02.01.01	OBRAS PRELIMINARES				134,170.34										
02.01.01.01	TRANSPORTE DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	4,055.38	4,055.38								2.00	2.00	1.00
02.01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	43,227.56	3.01	130,114.96	1	1		3	500	0.080	3,458.20	86.46	14.41	6.00
02.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,755,161.96										
02.01.02.01	CORTE DE TERRENO CON MÁQUINA	m3	5,971.87	3.06	18,273.92	0.1	1		2	450	0.055	329.12	13.27	13.27	1.00
02.01.02.02	COMPACTACIÓN DEL TERRENO NATURAL CON MÁQUINA	m2	43,227.56	3.77	162,967.90	0.1	1		2	400	0.062	2,680.11	108.07	18.01	6.00
02.01.02.03	RELLENO COMPACTADO CON AFIRMADO H=0.20M	m2	43,227.56	33.51	1,448,555.54	0.3	1	1	2	150	0.229	9,913.52	288.18	48.03	6.00
02.01.02.04	ACARREO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE (MÁQUINA)	m3	7,929.45	2.75	21,805.99	0.1	1		2	500	0.050	393.30	15.86	7.93	2.00
02.01.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL CON EQUIPO	m3	7,929.45	13.06	103,558.62		2		2	420	0.076	604.15	18.88	9.44	2.00
02.01.03	CONCRETO SIMPLE				52,927.97										-
02.01.03.01	CONCRETO 1:8 PARA TOPELLANTAS H=20CM, E=20CM (100 kg/cm2)	m	942.90	22.85	21,545.27	1	2	1	7	100	0.880	829.75	9.43	3.14	3.00
02.01.03.02	CONCRETO SOLADO e= 4" fc=80 kg/cm2 EN CÁMARA DE BOMBEO	m2	547.50	57.32	31,382.70	0.7	1	1	5	150	0.411	224.84	3.65	1.22	3.00
02.01.03.03	SARDINEL EN VEREDAS Y ESTACIONAMIENTOS				877,623.04										-
02.01.03.03.01	EXCAVACION MANUAL PARA SARDINEL H=0.25xe=0.20	m	16,723.00	1.72	28,763.56	0.1			1	80	0.110	1,839.53	209.04	20.90	10.00
02.01.03.03.02	ENCOFRADO DE SARDINEL	m	16,723.00	23.28	389,311.44		1		1	18	0.889	14,864.89	929.06	46.45	20.00
02.01.03.03.03	CONCRETO TIPO V EN SARDINELES fc=175 kg/cm2	m	16,723.00	27.48	459,548.04	1	1	1	4	160	0.350	5,853.05	104.52	20.90	5.00
02.01.04	CONCRETO PREFABRICADO				14,781.08										-
02.01.04.01	TOPELLANTAS 1.8X0.15X0.15	und	449.00	32.92	14,781.08	0.1	1		2	25	0.992	445.41	17.96	3.59	5.00
02.01.05	ADOQUINES				971,380.03										-
02.01.05.01	SUMINISTRO DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO V ROJO 6X10X20CM	m2	14,423.00	44.47	641,390.81	0.4	4		2	712.8	0.072	1,036.00	20.23	6.74	3.00
02.01.05.02	INSTALACIÓN DE ADOQUINES 6X10X20	m2	13,737.00	23.56	323,643.72	0.5	1	3	3	157.6	0.381	5,229.82	87.16	21.79	4.00
02.01.05.03	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO A 30 m.	m3	686.00	9.25	6,345.50		1		1	100	0.160	109.76	6.86	3.43	2.00

⁷² Hoja obtenida de base de datos de la constructora Suma Arquitectos.

Tabla N° 18 Hoja de planificación (2 de 2).⁷³

Item	Descripción	UND	Metrado	PU (S/.)	CD (S/.)	CAP	OPE	OFI	PE	Prod.	Rend.	HH	Tu	TP	f	
02.02.03	CONCRETO SIMPLE				2,932.34											
02.02.03.01	CONCRETO CICLOPEO MEZCLA 1:10 + 30% P.G. 6" (CEMENTO TIPO V)	m3	9.60	213.47	2,049.31		2.00	1.00	11.00	20	5.600	53.76	0.48	0.48	1.00	
02.02.03.02	CONCRETO SOBRECIMENTOS f _c =175 kg/cm ² + 25% P.M. (CEMENTO TIPO V)	m3	1.90	287.81	546.84	1.00	1.00	1.00	9.00	14	6.857	13.03	0.14	0.14	1.00	
02.02.03.03	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO h=0.30 m	m2	8.25	40.75	336.19	0.20	1.00	1.00	0.50	14.4	1.500	12.38	0.57	0.57	1.00	
02.02.04	CONCRETO ARMADO				77,024.74											
02.02.04.01	LOSAS DE CONCRETO															
02.02.04.02	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS f _c =210 kg/cm ²	m3	117.70	386.18	45,453.39	1.00	4.00	2.00	5.00	80	1.200	141.24	1.47	1.47	1.00	
02.02.04.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO EN LOSA	m2	14.95	40.75	609.21	0.20	1.00	1.00	0.50	14.4	1.500	22.43	1.04	1.04	1.00	
02.02.04.04	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	5,774.75	4.74	27,372.32		1.00	1.00		260	0.062	355.37	22.21	5.55	4.00	
02.02.04.05	COLUMNAS				2,082.96											
02.02.04.05.01	CONCRETO COLUMNAS f _c =210 kg/cm ² (CEMENTO TIPO V)	m3	0.97	388.87	377.20	0.10	4.00	1.00	8.00	12	8.733	8.47	0.08	0.08	1.00	
02.02.04.05.02	ENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	m2	14.95	41.79	624.76		1.00		1.00	8	2.000	29.90	1.87	1.87	1.00	
02.02.04.05.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	228.06	4.74	1,081.00		1.00	1.00		260	0.062	14.03	0.88	0.88	1.00	
02.02.04.06	VIGAS				1,506.86											
02.02.04.06.01	CONCRETO VIGAS f _c =210 kg/cm ² CEMENTO TIPO V	m3	1.04	305.57	317.79		2.00	1.00	6.00	22	3.273	3.40	0.05	0.05	1.00	
02.02.04.06.02	ENCOFRADO VIGAS	m2	9.00	58.76	528.84		1.00		1.00	8	2.000	18.00	1.13	1.13	1.00	
02.02.04.06.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	139.29	4.74	660.23		1.00	1.00		260	0.062	8.57	0.54	0.54	1.00	
02.02.05	MUROS Y TABIQUES				5,316.79											
02.02.05.01	AMARRE DE SOGA JUNTA 1.5 cm. MORTERO 1:4 CEMENTO TIPO V	m2	31.02	126.39	3,920.62	0.50	1.00		1.00	7.2	2.778	86.17	4.31	2.15	2.00	
02.02.05.02	TARRAJEO MUROS FROTACHADO CEMENTO TIPO V	m2	38.80	25.47	988.24		1.00		0.50	12	1.000	38.80	3.23	1.62	2.00	
02.02.05.03	DERRAMES A=0.15 m.MORTERO 1:3 CEMENTO TIPO V	m	17.50	23.31	407.93		1.00		0.50	15	0.800	14.00	1.17	1.17	1.00	
02.02.06	PINTURA EN CANCHAS				11,005.13											
02.02.06.01	PINTURA LATEX EN MURO DE FRONTON	m2	64.80	19.26	1,248.05	0.50	1.00		0.50	25	0.640	41.47	2.59	1.30	2.00	
02.02.06.02	DEMARCACIÓN EN MURO E=0.05M FRONTON	m	32.00	12.57	402.24	0.50	1.00		1.00	45	0.444	14.22	0.71	0.71	1.00	
02.02.06.03	ACONDICIONAMIENTO Y PINTURA EN LOSA	m2	254.81	29.92	7,623.92	0.10	1.00		1.00	20	0.840	214.04	12.74	3.19	4.00	
02.02.06.04	DEMARCACIÓN EN LOSA DEPORTIVA E=0.05M	m	158.80	10.90	1,730.92	0.50	1.00		1.00	50	0.400	63.52	3.18	1.59	2.00	
02.02.07	OTROS				94,341.06											
02.02.07.01	JUNTAS DE DILATACIÓN	m	308.00	17.55	5,405.40	0.50	1.00		0.50	50	0.320	98.56	6.16	3.08	2.00	
02.02.07.02	CUBIERTA DE RESINA ACRILICA IMPORTADO SPORTEK	m2	1,338.00	59.07	79,035.66	sub							5.00	2.50	2.00	
02.02.07.03	SISTEMA DE TENIS ACERO INOX. OFICIALES ITF	und	2.00	4,950.00	9,900.00	sub							1.00	1.00	1.00	
02.03	SUBESTACIONES ELÉCTRICAS				106,342.62							1,870.65				
02.03.01	OBRAS PRELIMINARES				272.86											
02.03.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	90.65	3.01	272.86	1	1		3	500	0.080	7.25	0.18	0.18	1.00	
02.03.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				3,675.66											
02.03.02.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTO CORRIDO	m3	42.15	34.42	1,450.80	0.1			1	4	2.200	92.73	10.54	3.51	3.00	
02.03.02.02	EXCAVACION MANUAL PARA PISO	m3	15.34	34.42	528.00	0.1			1	4	2.200	33.75	3.84	3.84	1.00	
02.03.02.03	REFINE Y NIVELACIÓN DE ZANJA (MANUAL)	m	90.65	3.06	277.39	0.1			1	45	0.196	17.73	2.01	2.01	1.00	

⁷³ Hoja obtenida de base de datos de la constructora Suma Arquitectos.

Habiendo obtenido los factores de cuadrillas de cada actividad (en función al stock confiable que el equipo logró coordinar) se obtienen también los T_p , que al ser enlazados siguiendo una lógica constructiva (comienzo-comienzo, fin-comienzo, comienzo-fin o fin-fin) adecuada a base de la experiencia de los ingenieros de Suma Arquitectos además de integrar los trabajos subcontratados a la programación preliminar con el fin de obtener el master schedule o programación maestra del proyecto.

La programación maestra resultó con un tiempo de ejecución total de 130.12 días útiles, y será adjuntado en los anexos.

5.3 SECTORIZACIÓN Y TRENES DE TRABAJO

La sectorización se realiza generalmente en base en los metrados y a su vez la sectorización está ligada con los trenes de trabajo, la planificación, programación, dimensionamiento de cuadrillas, frentes de trabajo entre otros.

A diferencia de los proyectos de edificación en el cual es más sencillo sectorizar y generar un tren de trabajo definido para todos los sectores similares (debido a la lógica de secuencia de actividades necesarias para construir los pisos siguientes), en el caso de la estudiada habilitación urbana, se encuentra poca construcción por metro cuadrado (a comparación de una obra de edificación) debido a que se cuenta con un lote matriz dividido en área de lotes independizados (en el cual no se realizará mayor construcción que acometidas de servicios básicos) y área remanente el cual es la diferencia entre el lote matriz y los lotes independizados. De esta área remanente se destina un área para las áreas comunes, es decir, vías, veredas, estacionamientos, canchas y paisajismo.

Dicha distribución de áreas a nivel general se logra apreciar mediante el esquema mostrado en la figura N° 39 siguiente:



Figura N° 39 División de áreas en la HU.⁷⁴

A continuación la tabla N° 19 mostrará la distribución de áreas (cantidades de m²) en el proyecto y figura N°46, la distribución gráfica:

Tabla N° 19 Distribución de áreas en el proyecto.⁷⁵

Cuadro de Áreas	
Descripción	Área (m ²)
Área total del lote matriz	200,130.16
Área de lotes independizados	94,014.24
Área remanente	106,115.92

El área remanente se halla como la diferencia entre el lote matriz y el área de los lotes independizados.

⁷⁴ Elaboración propia.

⁷⁵ Datos obtenidos del expediente técnico entregado a Suma Arquitectos.

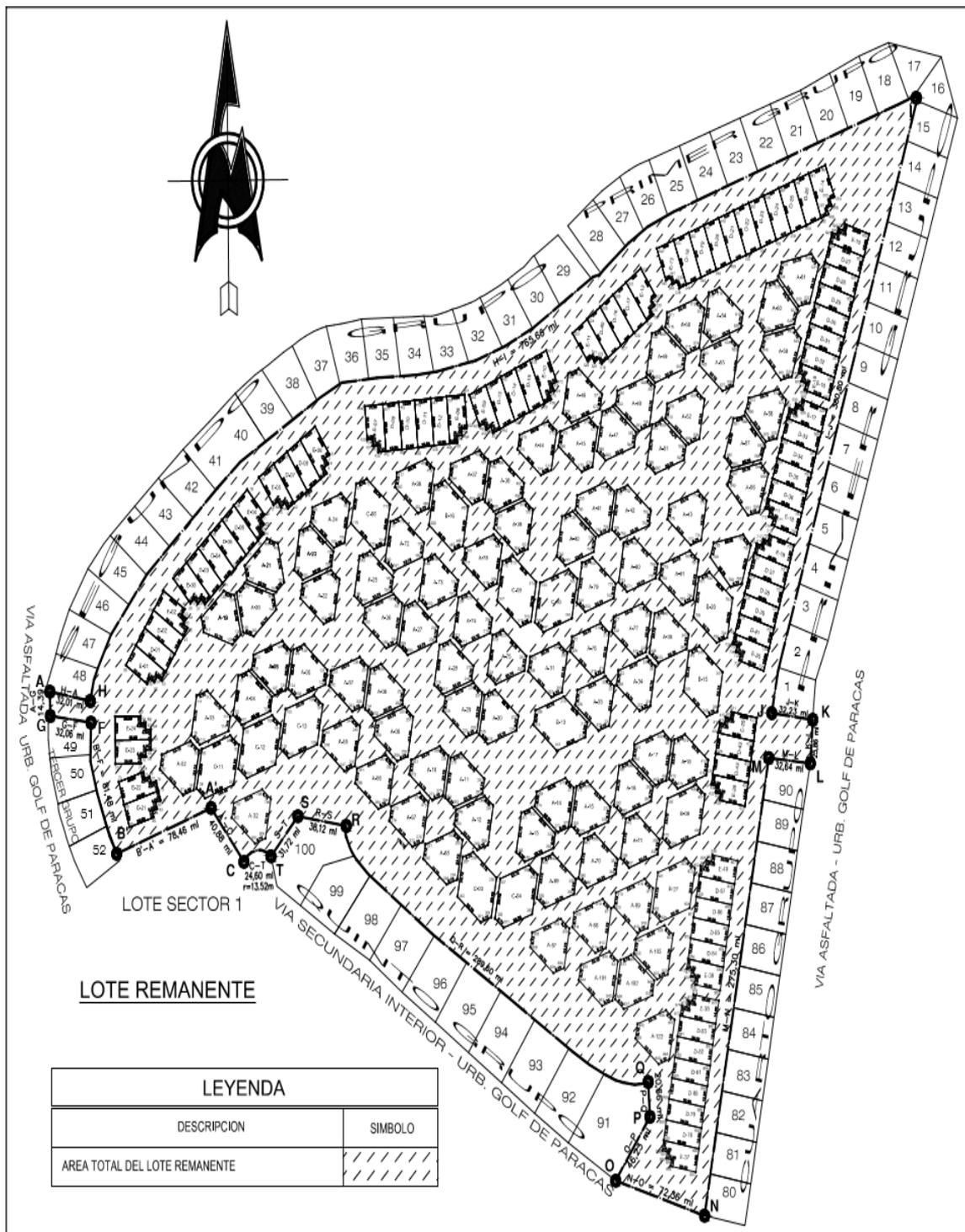


Figura N° 40 Área remanente de la HU. ⁷⁶

⁷⁶ Obtenido del replanteo de lotes.

En este caso la arquitectura es un factor importante al sectorizar, ya que si nos basáramos en un convencional método de sectorización en función al metrado por sector, la geometría de la urbanización y la distribución de las áreas comunes nos resultaría un metrado excesivamente heterogéneo, dicho en otras palabras, en algunos sectores tendrán gran cantidad de tuberías de IIEE e IISS, al igual que veredas y en otros sectores tendrán posiblemente muy poca cantidad de estas, por tal motivo debemos realizar sectorizaciones independientes en función a la especialidad, por ejemplo, para las instalaciones (a lo largo de las vías), estacionamientos y vías se realizará sectorizaciones lineales y para las veredas e instalaciones fuera de las vías, sectorizaciones ramificadas.

Para entender de mejor manera lo mencionado es necesario analizar las especialidades mencionadas, por medio de la arquitectura.

La arquitectura se basó en conceptos originarios de Paracas, más precisamente en figuras protagonistas en los mantos de paracas (triángulos).

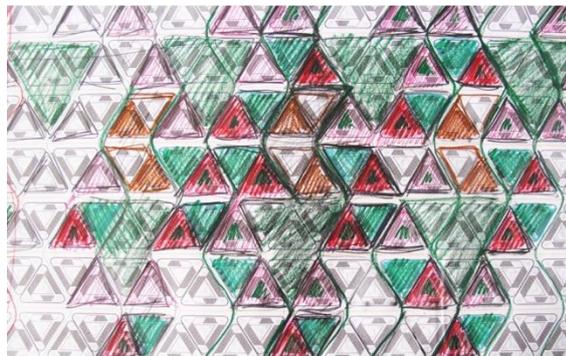


Figura N° 41 Bosquejo de creación de urbanización basado en el manto de Paracas. ⁷⁷

Utilizando como punto de partida al triángulo, el equipo proyectista formó la urbanización por medio de sectores rodeado por vías de doble y un sentido, en el cual existen veredas que se introduce en el sector hasta llegar a los lotes, y estos a su vez estarían rodeados de paisajismo a base de plantas de la zona y conchuela, con el fin de no perder el concepto cultural y veraniego, por ello también es que las vías no se consideraron asfaltadas sino a nivel de afirmado. Con todo lo antes dicho se obtuvo el siguiente resultado figura N° 42:

⁷⁷ Bosquejo obtenido de memoria descriptiva de especialidad arquitectura.



Figura N° 42 Master plan del proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas. ⁷⁸

⁷⁸ Obtenido del expediente técnico del proyecto.

A continuación desglosaremos los principales elementos que conforman el proyecto sobre el master plan, considerando la sectorización referencial planteada por el equipo de planificación (figura N° 43):

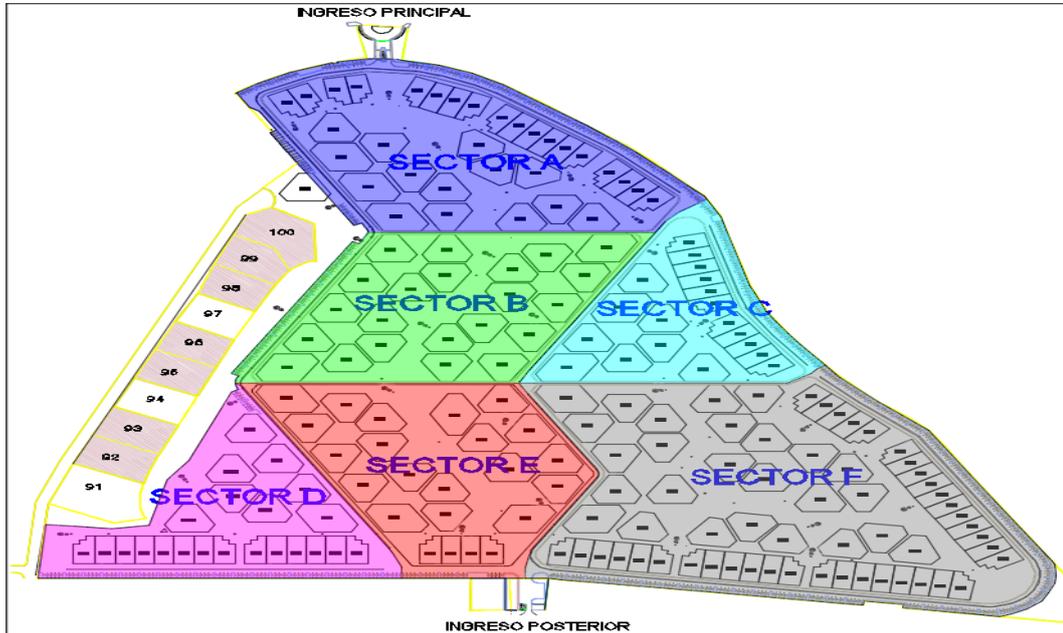
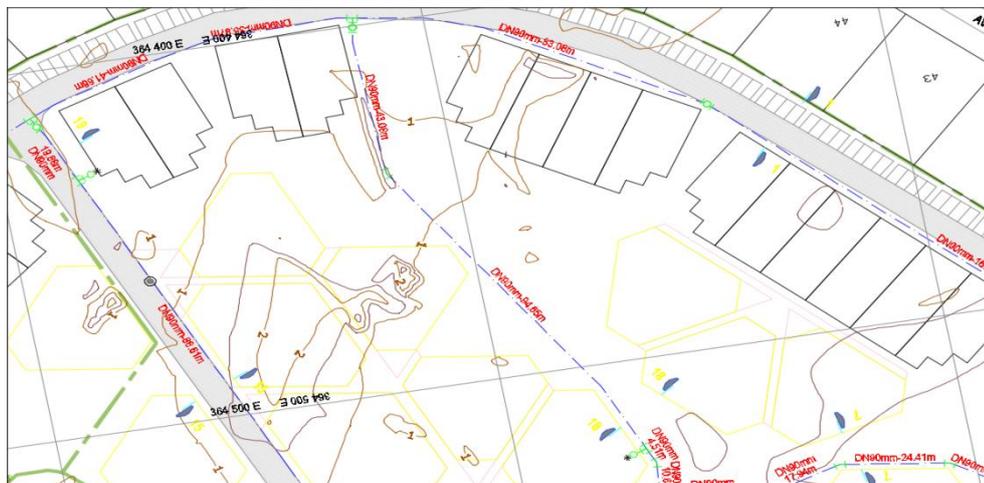


Figura N° 43 Sectores de la HU.⁷⁹

Se debe tomar en cuenta que constructivamente, antes de construir las vías debemos ejecutar parcial o totalmente las instalaciones que estén debajo de las vías. En el caso de la instalación de agua potable (figura N° 44) y red de baja tensión (figura N° 45) generalmente se tendió debajo de las veredas, por lo que la instalación de las tuberías de agua y baja tensión no sería una gran restricción para las vías a excepción de los pases de un sector a otro.



⁷⁹ Información gráfica obtenida del equipo de planificación Suma Arquitectos.

Figura N° 44 Parte del plano de instalación de agua potable del COBP - Sector A.

80

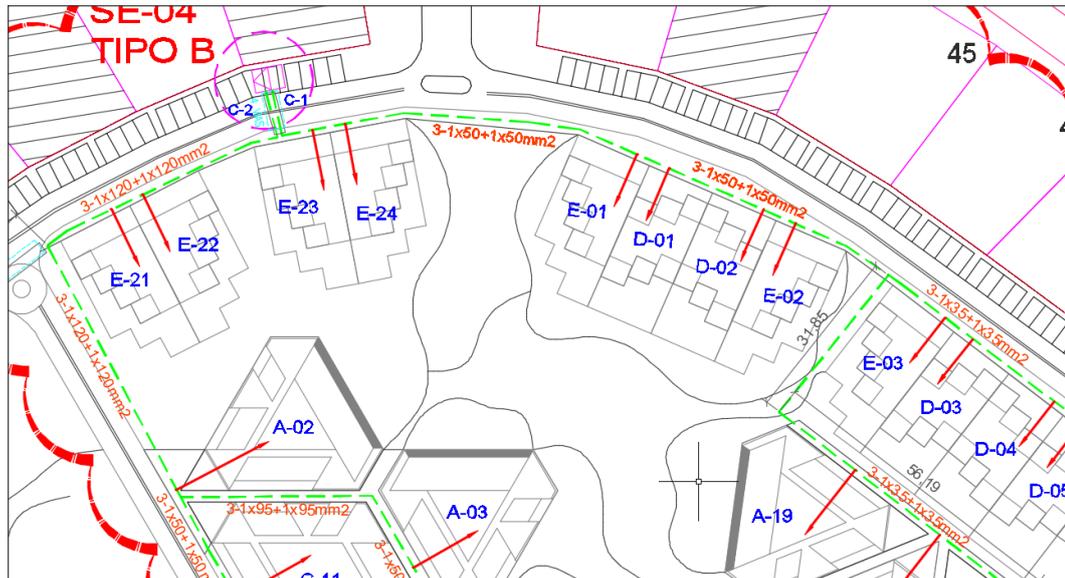


Figura N° 45 Parte del plano de instalación eléctrica del COBP - Sector A.

81

En el caso del sistema de desagüe bombeado (figura N° 46), tampoco se tendió sobre todas las vías, por lo que estas secciones de tubería deberían ser las primeras en ejecutar al realizar esta partida. La mayor cantidad de tuberías del sistema de desagüe se emplazó bajo lo que sería el paisajismo (áreas verdes).

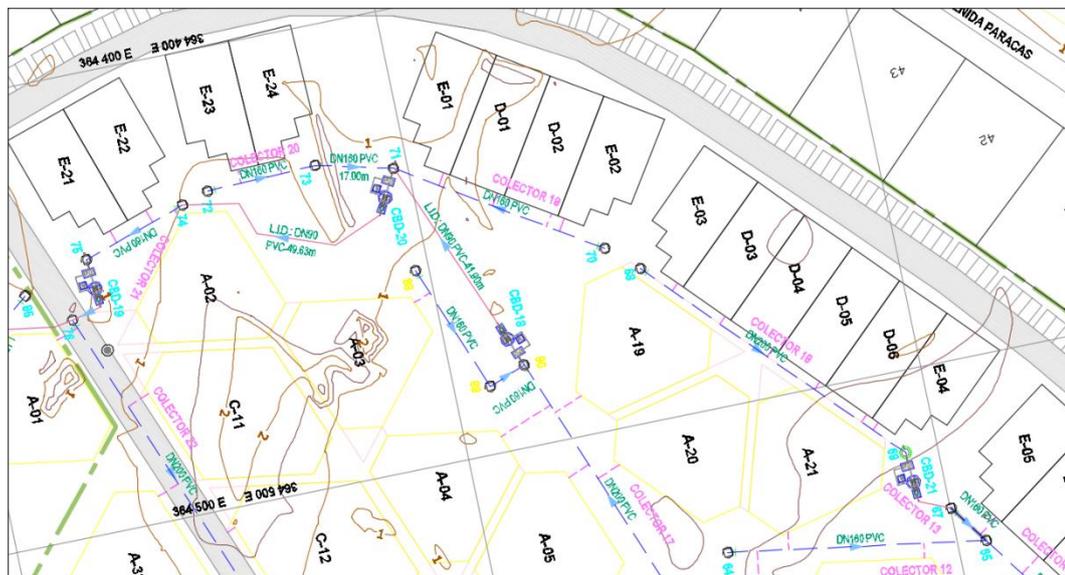


Figura N° 46 Plano de instalación de desagüe del COBP - Sector A.

82

⁸⁰ Obtenido del expediente técnico del proyecto COBP.

⁸¹ Obtenido del expediente técnico del proyecto COBP.

Vías

Las vías de condominio son a nivel de afirmado y existen dos tipos de vías en la HU, las que bordean el proyecto son las vías de doble sentido, con una longitud de 6.4 metros. Las vías de un solo sentido son las vías horizontales internas de 3 metros. A continuación las vías del proyecto COBP (figura N° 47):

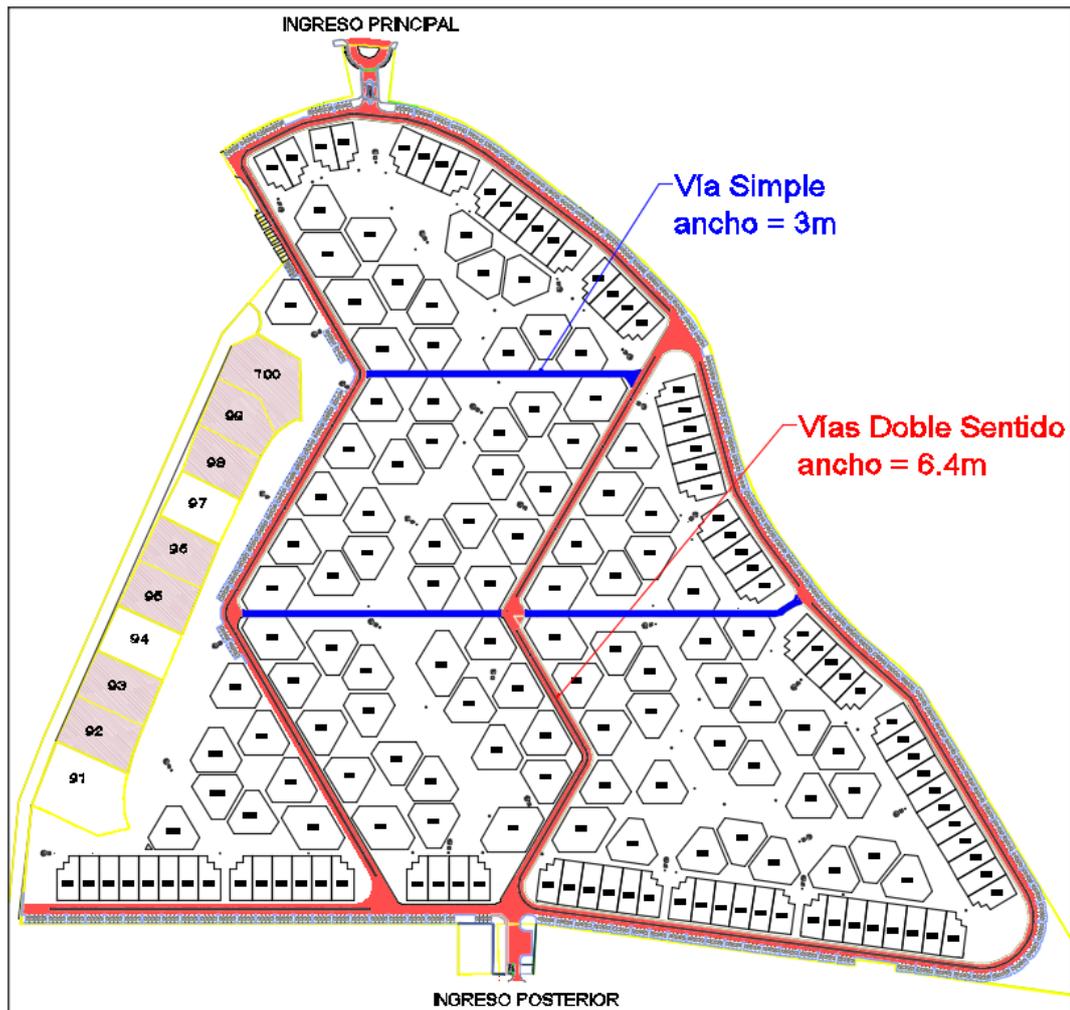


Figura N° 47 Vías en el proyecto COBP. ⁸³

Las vías son lineales por lo que se puede realizar trenes de trabajo en dicha partida con el fin de crear un flujo constante de trabajo entre las cuadrillas al igual que conseguir especialización en el tiempo, obteniendo como resultado una mayor productividad debido a la curva de aprendizaje.

⁸² Obtenido del expediente técnico del proyecto.

⁸³ Obtenido del expediente técnico del proyecto.

Antes de generar el tren de trabajo se debe sectorizar las vías en función a la geometría y el metrado. A continuación la sectorización de las vías (figura N°48):

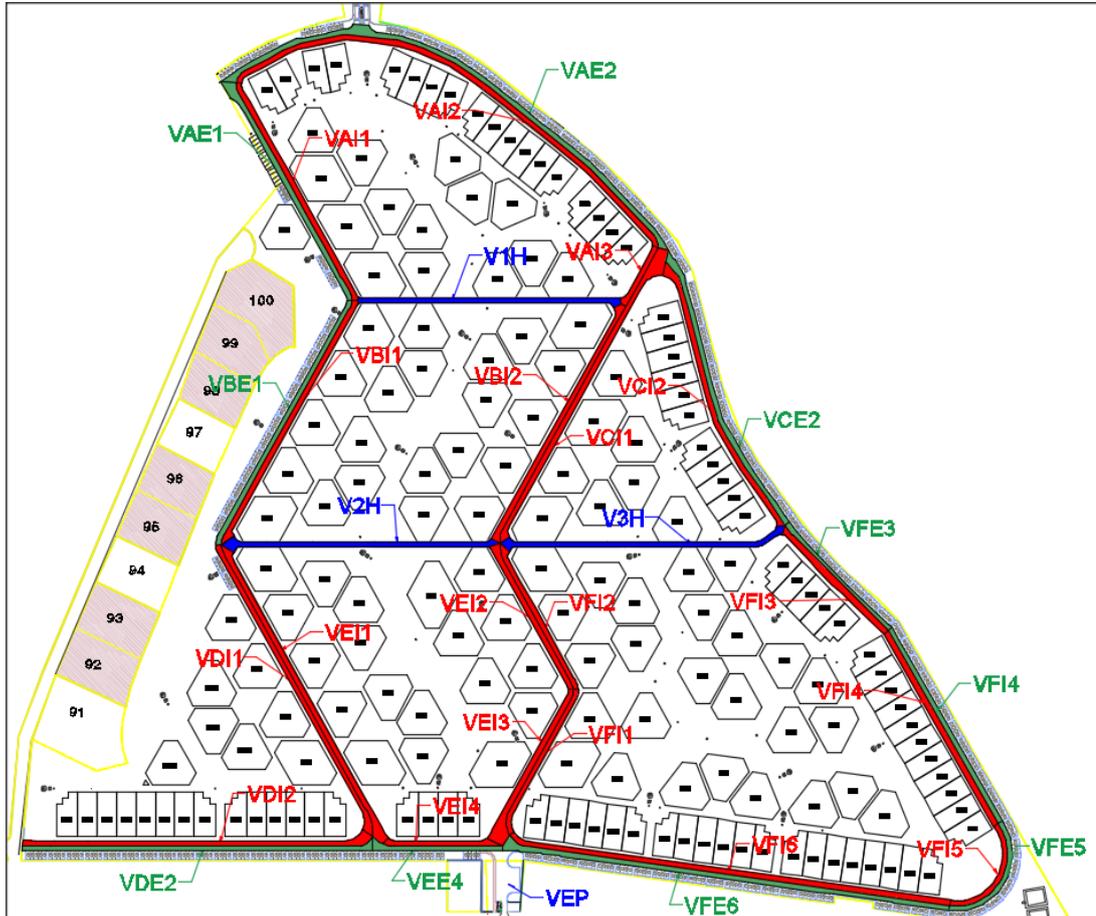


Figura N° 48 Sectorización lineal en vías. ⁸⁴

Para formar los trenes de trabajo es necesario que las restricciones (instalaciones IIEE e IISS) estén levantadas con anterioridad, para poder dejar frentes libres listos para comenzar el flujo continuo de trabajo. Para lograr lo mencionado se utiliza la planificación intermedia o look ahead planning, en el cual por medio del análisis de restricciones se asigna responsables para el levantamiento de las mismas, para así trasladar las actividades libre de restricciones a la planificación semanal.

A continuación un diagrama de procesos restrictivos para la realización de las vías (figura N° 49):

⁸⁴ Información obtenida del equipo de planificación Suma Arquitectos.

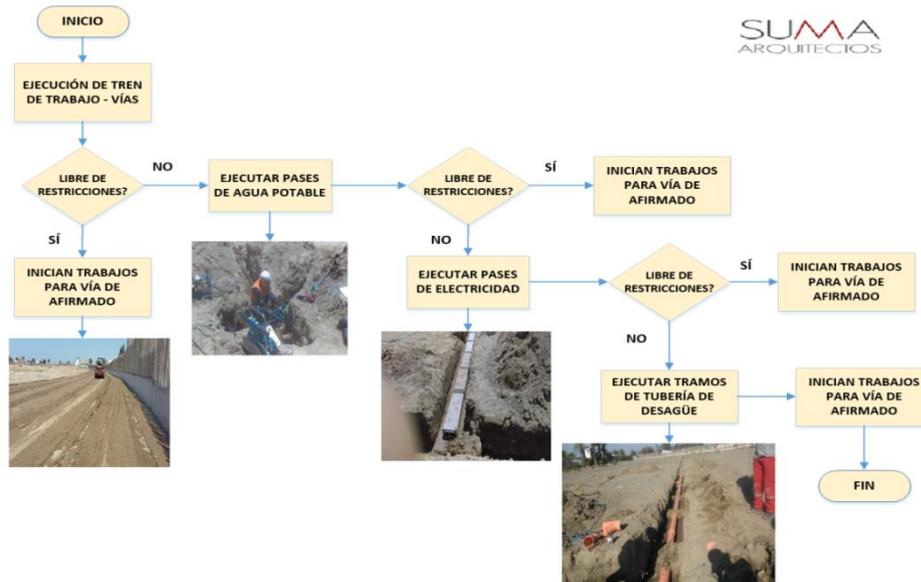


Figura N° 49 Diagrama de procesos restrictivos en vías. ⁸⁵

Tren de Trabajo en Vías

Teniendo frentes de trabajo libres de restricciones (gracias a la planificación intermedia), se forma un tren de actividades que contemplan procesos que deben limitarse al módulo del tren, el cual es definido por el equipo de planificación y programación de la constructora. El módulo en el tren de trabajo de vías fue de 900m²/día.

A continuación en la tabla N° 20, se aprecia la formación del tren de trabajo o actividades en función a la sectorización lineal de las vías:

Tabla N° 20 Tren de trabajo en vías de afirmado, Módulo =900m²/día. ⁸⁶

Actividades	Día									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Trazos y replanteos	VAE1	VAI1	VAI2	VAE2	VAE2	VAI3	V1H	VBI2	VBI1	VBE1
Corte de terreno con máquina		VAE1	VAI1	VAI2	VAE2	VAE2	VAI3	V1H	VBI2	VBI1
Compactación del terreno natural			VAE1	VAI1	VAI2	VAE2	VAE2	VAI3	V1H	VBI2
Relleno compactado con afirmado				VAE1	VAI1	VAI2	VAE2	VAE2	VAI3	V1H
Acarreo y eliminación de excedentes					VAE1	VAI1	VAI2	VAE2	VAE2	VAI3
Pruebas de compactación						VAE1	VAI1	VAI2	VAE2	VAE2

⁸⁵ Obtenido de equipo de planificación Suma Arquitectos.

⁸⁶ Elaboración propia.

La nomenclatura para el tren de trabajo en vías sería la siguiente:

VX(I o E)n: Vía perteneciente a los alrededores del sector "X", exterior o interior (adyacente inmediato al sector o la mitad que no hace contacto directo con el perímetro del sector), número "n".

Veredas

Las veredas serán de adoquines rectangulares rojos de cemento, los cuales estarán confinados por sardineles de concreto (en el borde de las veredas). Estas veredas están seccionadas en tramos que son determinados por el confinamiento del sardinel.

Una forma de organizar la ejecución de la partida de veredas, la cual fue planteada por la constructora, es formar tramos que conformen un sector ramificado, y este término surge a raíz de las características geométricas que las veredas conforman.

A continuación, una parte del plano donde se sectoriza a las vías del proyecto COBP (figura N° 50):

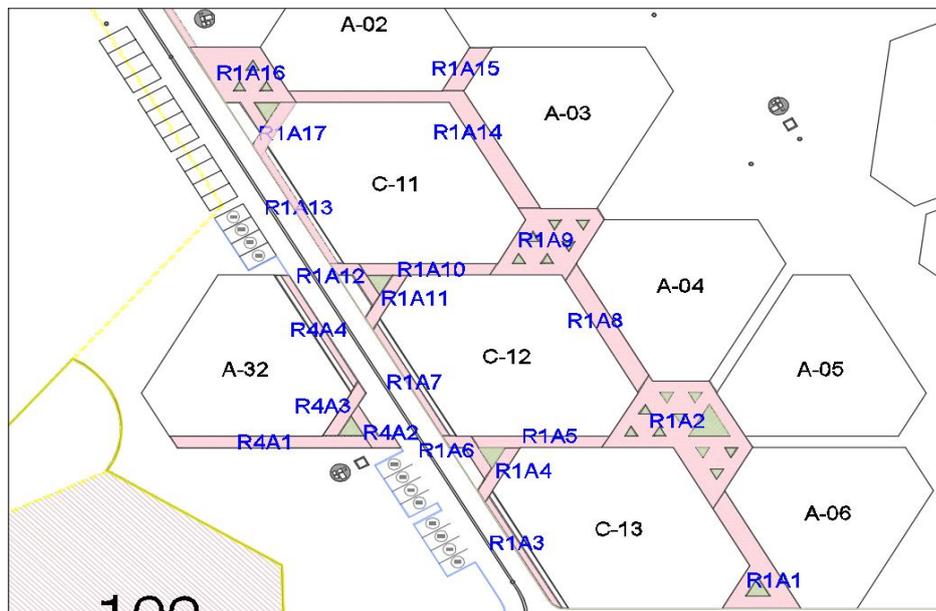


Figura N° 50 Sección ramificadas de veredas - Sector A.⁸⁷

⁸⁷ Obtenido de equipo de planificación Suma Arquitectos.

Al igual que las vías, existen instalaciones que se encuentran debajo de las veredas por lo que son restricciones en algunos tramos de las veredas, tal es el caso de las instalaciones eléctricas, instalación de agua potable e instalación de desagüe, por lo que es necesario, al igual que en la partida de vías, crear un inventario de trabajo libre de restricciones, para poder ejecutar las veredas en los frentes que sea necesario, para lograr dicho objetivo se utiliza la planificación intermedia.

A continuación, se mostrará el diagrama de procesos restrictivos (figura N° 51) que deberán ser tomados en cuenta en la planificación intermedia para crear un inventario de trabajo libre de restricciones para la ejecución de las veredas:

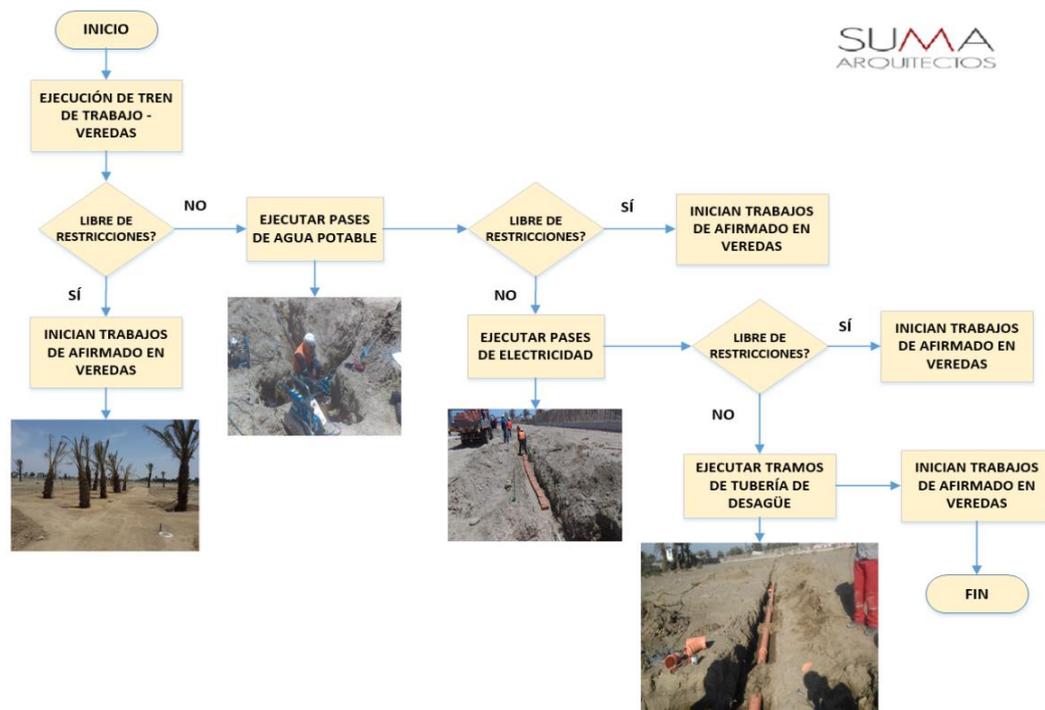


Figura N° 51 Diagrama de procesos restrictivos en veredas.

88

El tema de planificación intermedia o look ahead planning y el análisis de restricciones se tocará con mayor detalle más adelante.

⁸⁸ Obtenido de equipo de planificación Suma Arquitectos.

Tren de Trabajo en Veredas

A continuación se mostrará en la tabla N° 21, el tren de trabajo para el entregable veredas, en el cual se considera las ramas y sectores mas no los tramos ya que ese detalle se aprecia por medio de la programación last planner.

Las actividades que conforman el tren deben limitarse al módulo óptimo considerado por el equipo de planificación y programación de la constructora, para lo cual para dicho entregable, consideraron un módulo de 360 m² de vereda por día.

Tabla N° 21 Tren de trabajo en veredas, Módulo = 360m²/día.⁸⁹

Actividades	Día												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Trazos y replanteos	R1A	R1A	R4A	R4A	R2A	R2A	R3A	R3A	R3A	R1B	R1B	R1B	R2B
Corte de terreno con máquina		R1A	R1A	R4A	R4A	R2A	R2A	R3A	R3A	R3A	R1B	R1B	R1B
Compactación del terreno natural			R1A	R1A	R4A	R4A	R2A	R2A	R3A	R3A	R3A	R1B	R1B
Relleno compactado con afirmado				R1A	R1A	R4A	R4A	R2A	R2A	R3A	R3A	R3A	R1B
Excavación para sardinel					R1A	R1A	R4A	R4A	R2A	R2A	R3A	R3A	R3A
Encofrado de sardinel						R1A	R1A	R4A	R4A	R2A	R2A	R3A	R3A
Vaciado de sardinel							R1A	R1A	R4A	R4A	R2A	R2A	R3A
Compactación de capa de arena								R1A	R1A	R4A	R4A	R2A	R2A
Instalación preliminar de adoquines									R1A	R1A	R4A	R4A	R2A
Remates y fraguado										R1A	R1A	R4A	R4A
Acarreo y eliminación de material excedente											R1A	R1A	R4A

La nomenclatura en el cuadro de tren de trabajo en veredas sería la siguiente:

RnX: Rama número “n”, perteneciente al sector “X”.

Estructuras Variadas Independientes

En el caso de los estacionamientos, Subestaciones eléctricas y canchas deportivas no existe dependencia entre los procesos constructivos de las vías y veredas, por lo que serían tareas en paralelo. En la figura N° 52 se muestra la ubicación de dichas estructuras las cuales serán usadas como buffer de capacidad ya que dichas actividades se encuentran fuera de la ruta crítica.

⁸⁹ Elaboración propia.



Figura N° 52 Ubicación de estructuras independientes. ⁹⁰

5.4 PROGRAMACIÓN LAST PLANNER SYSTEM

La programación last planner nos permite relacionar la planificación general del proyecto con el control de las actividades en campo, por medio de sus jerárquicos niveles de planificación.

En el proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas, se optó por utilizar este sistema que ya se está comprobado, por medio de experiencias bibliográficas internacionales y nacionales, que es sumamente útil, por lo que se piensa que aplicar esta herramienta Lean en el proyecto desértico de CIP, no será una excepción y se podrá cumplir los objetivos de la manera más óptima posible.

El sistema last planner tiene como primer nivel de planificación a la Programación Maestra.

PROGRAMACIÓN MAESTRA

La programación maestra es el primer nivel de la planificación last planner, y consiste en la programación de las actividades que implican realizar el proyecto relacionándose de forma aparentemente óptima basado en una serie de elementos, tales como el EDT del proyecto, las secuencias lógicas constructivas,

⁹⁰ Obtenido de equipo de planificación Suma Arquitectos.

limitaciones endógenas, exógenas y datos propios de la experiencia de la empresa como rendimientos.

Este documento, que forma parte del expediente técnico, tiene un alto grado de detalle de modo que teóricamente se podría indicar en que día se va a realizar la excavación para tuberías de agua HDPE de la rama “1”, dentro del sector “A” tramo 2, pero creer que esto es cien por ciento fiable es no conocer la naturaleza variable de los proyectos, por lo tanto, este primer nivel es el que engloba todo el proyecto y generalmente cuenta con mucho detalle pero es de poca confiabilidad.

A continuación se muestra la programación maestra de la obra resumida en hitos (figura N° 53). La programación desglosada se adjuntará en la parte de anexos. Se aprecia que el proyecto se ha programado para 131 días, iniciando el 03 de julio del 2017 y culminaría el 15 de diciembre del 2017.

Cabe mencionar que para la programación mostrada el equipo de planificación consideró jornadas de 8 horas diarias de lunes a viernes y de 5 horas diarias el día sábado, dando un total de 45 horas semanales.

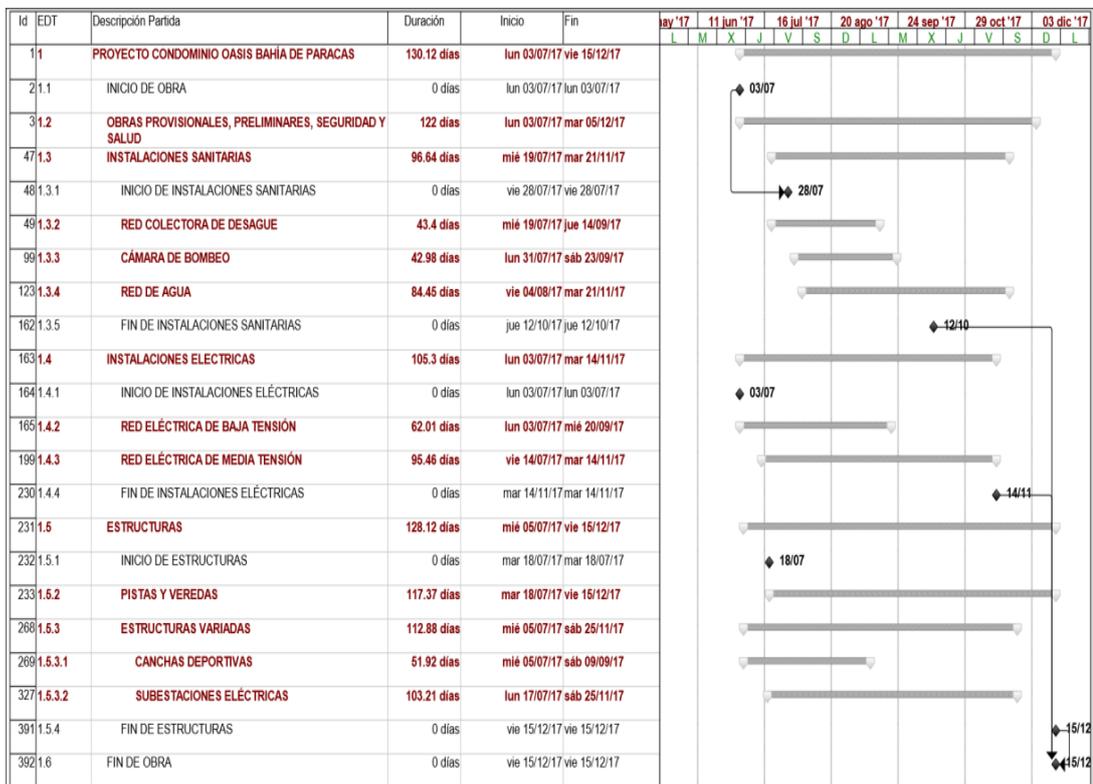


Figura N° 53 Programación del proyecto COBP en hitos. ⁹¹

PROGRAMACIÓN LOOK AHEAD PLANNING

El look ahead planning o programación intermedia es el segundo nivel de programación del sistema last planner, y su duración es variable dependiendo de la magnitud del proyecto, generalmente varía entre 3 a 6 semanas tiempo suficiente para levantar cualquier tipo de restricción.

Esta programación es realizada por el ingeniero residente, y es actualizada cada semana generando un nuevo look ahead planning. En el caso del Proyecto Oasis, se consideró un look ahead planning de 4 semanas.

A continuación (figura N° 54) se muestra una sección del formato de la constructora Suma Arquitectos de las semanas 6 a 9, en la cual se analiza la semana 6, se actualizan el cumplimiento de las restricciones que impiden realizar las actividades programadas quitando las restricciones levantadas y adicionando alguna otra restricción que haya surgido.

En esta programación se prepara el trabajo, se identifica las restricciones y se gestiona la liberación de las mismas. Para esto se trabaja con un documento llamado análisis de restricciones, el cual es un listado donde se analiza las restricciones que evitan el flujo continuo de trabajo en la programación y se designa a un encargado el cual deberá gestionar la liberación de dichas restricciones (Se explicará más detalladamente el análisis de restricciones en las siguientes secciones de la presente tesis).

En el sección del look ahead planning mostrado en la figura N° 58 se indica en la fecha indicada los sectores (SA, SB, SC, SE y SF), las secciones de vías alrededor del sector más cercano (VA, VB, VC, VD, VE y VF), los entregables independientes como cancha de frontón (CF), Cancha de tenis (CT), Cámara de bombeo (CB) o si es una actividad en la cual involucra varios sectores en un mismo día se indica con una "X".

⁹¹ Obtenido de equipo de planificación Suma Arquitectos.

Adicionalmente, se indica las iniciales del responsable de la actividad como del encargado de levantar las restricciones así como la fecha límite para lo cual se necesita tener la restricción levantada. El contar con un equipo de logística y administración en la constructora, facilita bastante el levantamiento de restricciones ya que muchas veces en obra, las restricciones se encuentran en el ámbito de interés mencionado.

LOOK AHEAD PLANNING					SUMA ARQUITECTOS																															
Proyecto: Condominio Oasis Bahía de Paracas		Ubicación: Urb. El Golf, Pisco Paracas																																		
Código: HU01		Propietario: Compañía Inmobiliaria de Paracas			Semana 6							Semana 7							Semana 8							Semana 9										
Del 06/08/17 al 12/08/17		Semana 6		Agosto	Fecha requerida	Responsable	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S						
Actividades		UND	Metrado				6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2		
ESTRUCTURAS																																				
VÍAS Y VEREDAS																																				
CORTE DE TERRENO CON MÁQUINA		m3	5,971.87			WP			VE	VF	VF	VF																								
COMPACTACIÓN DEL TERRENO NATURAL CON MÁQUINA		m2	43,227.56			WP			VA	VA	VB	VB	VB	VC		VC	VC	VD	VD	VE	VE			VF	VF	VF	VF	VF								
RELLENO COMPACTADO CON AFIRMADO H=0.20M		m2	43,227.56			WP											VA	VA	VA	VA	VA			VB	VB	VB	VB	VC	VC		VC	VC	VC	VE	VE	VE
CANCHAS DEPORTIVAS																																				
PINTURA LATEX EN MURO DE FRONTON		m2	64.80			JT				CF	CF																									
DEMARCACIÓN EN MURO E=0.05M FRONTON		m	32.00			JT							CF	CF																						
ACONDICIONAMIENTO Y PINTURA EN LOSA		m2	254.81			JT				CF	CF	CF	CF																							
DEMARCACIÓN EN LOSA DEPORTIVA E=0.05M		m	158.80			JT											CF	CF	CF																	
CUBIERTA DE RESINA ACRILICA IMPORTADO SPORTEK		m2	1,338.00			CV				CT																										
SISTEMA DE TENIS ACERO INOX. OFICIALES ITF		und	2.00			CV					CT	CT																								
INSTALACIONES SANITARIAS																																				
RED DE DESAGÜE																																				
EXCAVACION DE ZANJA Y BUZONES PARA DESAGUE Y RED DE MPULSION (MASIVO)		m3	5,967.33			WP			SF	SF																										
EXCAVACION MANUAL EN ARENA		m3	1,013.60			WP			SF	SF	SF																									
NIVELACION Y COMPACTACION PARA CAMA DE ARENA		m	3,922.80			WP						SA	SA			SA	SB	SB	SC	SC	SD			SE	SE	SF	SF	SF	SF							
RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO		m3	1,255.30			WP														SA	SB			SC	SF	SE	SE	SF	SF							
RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO		m3	5,628.63			WP			SD	SD	SD	SE	SE	SE		SE	SE	SE	SF	SF	SF			SF	SF	SF	SF	SF	SF		SF	SF				
ACARREO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE (MÁQUINA)		m3	96.90			JT																									X	X				
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL CON EQUIPO		m3	98.10			JT																								X	X					
COMPACTACION DEL TERRENO NATURAL CON MÁQUINA		m2	1,779.49			WP																									X	X	X	X		
CONCRETO PREMEZCLADO fc=210 kg/cm2 CEMENTO TIPO V		m3	66.40			WP												X	X	X																
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CIRCULAR		m2	591.26			WP		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X																	
ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60		kg	2,973.76			WP									X	X	X	X	X																	
MARCO F" F" Y TAPA DE CONCRETO ARMADO		und	80.00			JL									X	X																				
SOLAQUEO INTERIOR DE BUZÓN		und	80.00			WP																			X	X	X									
TUBERIA PVC UF DN 200 ISO 4435 - 2005 SN-2 Ø200MM		m	2,000.25			JL									SA	SB	SC	SD	SE	SF																
TUBERIA PVC UF DN 200 ISO 4435 - 2005 SN-2 Ø160 MM		m	535.05			JL									X	X																				
CAJAS DE REGISTRO PREFABRICADO DE 60x30 C/TAPA		und	181.00			JC									X	X	X	X							X	X	X									
PRUEBA HIDRAULICA DE DESAGUE		m	3,982.97			ZV																														
PRUEBA DE ESTANCAMIENTO EN BUZONES DE DESAGÜE		und	80.00			ZV																										X	X	X	X	
PRUEBA DE ESTANCAMIENTO EN CAJA DE REGISTRO DE 30x60CM		und	181.00			ZV																									X	X	X	X		
SUMINISTRO Y TERMOFISIÓN DE TUBERIA HDPE Ø90MM		m	1,401.83			ZV												SA	SA	SB			SC	SC	SD	SE	SE	SF		SF	SF					
SUMINISTRO Y TERMOFISIÓN DE TUBERIA HDPE Ø110MM		m	1,142.50			JC																										SA	SA	SB	SB	SC
PRUEBA HIDRAULICA RED DE DESAGÜE VISIBLE		m	2,544.33			ZV																														
PRUEBA HIDRAULICA RED DE DESAGÜE ENTERRADO		m	2,544.33			ZV																														
CÁMARA DE BOMBEO																																				
RELLENO CON MATERIAL PROPIO		m3	739.16			WP			CB	CB	CB	CB	CB	CB		CB																				
ACARREO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE (MÁQUINA)		m3	894.14			JT																														
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL CON EQUIPO		m3	1,072.97			JT																														
ENCOFRADO		m2	2,524.06			WP																														
ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60		kg	19,150.88			JT																														

Figura N° 54 Look Ahead Plannig - Semana 6 COBP.

92

92 Obtenido de equipo de planificación Suma Arquitectos.

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

El análisis de restricciones está integrado al look ahead planning y se podría decir que es este el que le da el sentido al look ahead, ya que si no existiera un análisis de restricciones, el look ahead sería una programación incapaz de proteger el proyecto de su naturaleza variable y por lo tanto no aportaría confiabilidad al proceso de programación.

Debemos recordar que el LPS busca transformar lo que se debería hacerse a lo que se puede hacer para dar como resultado lo que se hará realmente, precisamente este impedimento que causa que lo que debería hacerse no sea igual a lo que se hará son las restricciones, por tal motivo el LPS gestiona la liberación de estas restricciones por medio del análisis de restricciones (tabla N° 23) el cual en complemento con el look ahead planning generan un inventario de trabajo liberado (lo que puede hacerse) el cual ingresará a la programación semanal.

Según GEPUC⁹³ las restricciones en 11 tipos según la siguiente tabla:

Tabla N° 22 Tipos de Restricciones.⁹⁴

TIPOS DE RESTRICCIONES		
N°	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	MAT	MATERIALES
2	DIS	DISEÑO
3	MO	MANO DE OBRA
4	INS	INSPECCIÓN
5	DOC	DOCUMENTACIÓN
6	EQ	EQUIPOS
7	HZT	HABILITACIÓN ZONA TRABAJO
8	SEG	SEGURIDAD
9	AMB	AMBIENTAL
10	SC	SUBCONTRATO
11	OTRO	OTROS

El análisis de restricciones se realiza, generalmente el último día de trabajo de la semana, en el caso de Suma Arquitectos, los días sábados en los cuales se actualizaba el look ahead planning. Cabe resaltar que debemos centrarnos en las restricciones de la última semana del look ahead (ya que las anteriores 3 semanas ya deben estar con restricciones levantadas, listas para entrar a la

⁹³ Centro de Excelencia de Gestión de Producción de la Universidad Católica de Chile.

⁹⁴ Biblioteca virtual GEPUC.

Programación semanal o como buffer de capacidad) con el fin de crear una anticipación holgada a la variabilidad y hacer más confiable la programación.

Tabla N° 23 Análisis de restricciones 21/ 10 / 17. ⁹⁵

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES					
PROYECTO: CONDOMINIO OASIS BAHÍA DE PARACAS		TIPO: HABILITACIÓN URBANA		FECHA: 21 / 10 / 17	
TIPO DE RESTRICCIONES: Material / Diseño / MObra / Inspección / Documentación / Equipos / Habitación Zona Trabajo / Seguridad / Ambiental / Subcontrato / Otros					
CÓDIGO: HU01		PROPIETARIO: COMPAÑÍA INMOBILIARIA DE PARACAS		UBICACIÓN: URB. EL GOLF, PISCO PARACAS	
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	TIPO DE RESTRICCIÓN	FECHA LÍMITE	RESPONSABLE	FECHA EN OBRA	COMENTARIOS
SARDINEL EN VEREDAS Y ESTACIONAMIENTOS					
ADAPTAR MADERA PARA CURVA R4F7	Mat	13/11/2017	WP	17/11/2017	ES NECESARIO TRAMOS CORTOS PARA SIMULAR LA CURVA
MANTENIMIENTO A LA MOTOCARGA	Eq	14/11/2017	JL	15/11/2017	PRESENTÓ FALLAS DE ENCENDIDO EL 09/11/17
CERRAR VÍA PROVISIONAL VDI2	HZT	15/11/2017	JT	16/11/2017	SE NECESITA ESPACION LIBRE PARA LA MEZCLADORA EN R1D1
ADOQUINES					
ACTUALIZACIÓN DE LAYOUT PLANT	Doc	13/11/2017	CV	16/11/2017	UBICAR EL SUMINISTRO EN UN LUGAR QUE NO INTERFIERA CON LOS DEMÁS TRABAJOS
LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES EN SARDINELES	Ins	15/11/2017	JT	17/11/2017	EL SECTOR A DEBE TENER TODOS LOS SARDINELES APROBADOS POR SUPERVISIÓN
MANTENIMIENTO A LAS MONTACARGAS	Eq	15/11/2017	JL	16/11/2017	MANTENIMIENTO EXTRAORDINARIO ANTES DE INICIAR JORNADA
CARPINTERÍA METÁLICA SUBESTACIONES ELÉCTRICAS					
SOLICITAR LA ULTIMA PUERTA DE LAS SUBESTACIONES	Mat	14/11/2017	JC	16/11/2017	PRESIONAR A LA JOSÉ DE MAQUIHER PARA ACELERAR EL SUMINISTRO
IIIEE EN SUBESTACIONES					
COORDINAR CON JUAN CHOQUE ENERGÍA PROVISIONAL	Otro	16/11/2017	CC	17/11/2017	SE NECESITA ENERGÍA PARA REALIZAR PRUEBAS DENTRO DE LAS SUBESTACIONES SB3 Y S
MOV. TIERRA PARA RED MT					
LIMPIAR EL ESPACIO DONDE SE TRABAJÓ	Amb	13/11/2017	JT	13/11/2017	RESPECTAR LAS 5S
RED LÍNEA DE DERIVACIÓN MT					
LEVANTAR OBSERVACIONES	Ins	13/11/2017	ZV	14/11/2017	EN EL TENDIDO DE RED DE BT FUE OBSERVADO POR JUAN CHOQUE
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA BT					
ORGANIZAR REUNIÓN CON PERSONAL TÉCNICO	Otro	11/11/2017	ZV	13/11/2017	JUAN CHOQUE DEBE INSTRUIR A LA MANO DE OBRA
CONSEGUIR MATERIALES FALTANTES PARA PUESTA TIERRA	Mat	10/11/2017	JC	13/11/2017	SI LA CALIDAD DE LOS MATERIALES NO SON CONFIABLES, BUSCAR EN ICA
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA MT					
CONSEGUIR MATERIALES FALTANTES PARA PUESTA TIERRA	Mat	14/11/2017	JC	16/11/2017	SI LA CALIDAD DE LOS MATERIALES NO SON CONFIABLES, BUSCAR EN ICA

⁹⁵ Obtenido de equipo de planificación Suma Arquitectos.

PROGRAMACIÓN SEMANAL

La programación semanal vendría a ser la expansión de la programación intermedia o look ahead planning, ya que analizaremos una sola semana, encontrando un mayor detalle que en el look ahead planning.

La programación semanal se realiza el último día de la semana en reunión con el equipo de la constructora (desde ingenieros a capataces), con el fin de partir la programación de la semana siguiente con las metas cumplidas de la semana presente. En el caso de la constructora Suma Arquitectos, esta reunión en donde se elabora la programación semanal se realiza los días sábados.

En la reunión de obra, al levantar las restricciones de las actividades se forma un inventario de trabajo libre, es decir, que estas actividades están listas para ser ejecutadas sin restricción alguna, en esta parte del proceso de generación de la programación semanal se reasigna la cantidad de trabajo a cada cuadrilla y se dice reasignar el trabajo, porque lógicamente, este ya estaba asignado con anterioridad en la programación intermedia pero por la naturaleza variable de un proyecto, no siempre coincide la cantidad de trabajo programado y real (puede ser por ejemplo, por un mayor o menor avance de lo esperado, por un evento exógeno como un paraca que no permita pintar el muro de frontón, entre otros variados motivos).

Es importante que la programación semanal sea cumplida, ya que se podría considerar como la unidad mínima significativa del control de avance de un proyecto, por lo que Suma Arquitectos utilizó un buffer de tiempo adicional que consistía en trabajar la jornada completa el día sábado, solo si se consideraba que el atraso no podría ser recuperado en la siguiente semana debido a su magnitud. Las cuadrillas seleccionadas para realizar estos trabajos (no siempre era necesario todo el equipo) se les reconocía el pago de las horas extras trabajadas.

Adicionalmente, en la programación semanal (Figura N° 55) se dedicó una sección al seguimiento de las restricciones y del análisis de cumplimiento con el fin de hacerlo más efectivo.

PROGRAMACIÓN SEMANAL											SUMA ARQUITECTOS				
Proyecto: Condominio Oasis Bahía de Paracas			Ubicación: Urb. El Golf, Paracas			Semana 6									
Fecha: 05/08/17			Agosto			D	L	M	M	J	V	S	¿Liberado?		Tipo
Actividades			UND	Metrado	Responsable	6	7	8	9	10	11	12	Sí	No	
ESTRUCTURAS															
VÍAS Y VEREDAS															
CORTE DE TERRENO CON MÁQUINA	m3	5,971.87	WP		VEE4	VFI1,2,3 y VFE3	VFI4,5 y VFE4	VFI6 y VFE5,6					x		
COMPACTACIÓN DEL TERRENO NATURAL CON MÁQUINA	m2	43,227.56	WP		VAI2 y VAE2	VAI3 y V1H	VBI1 y VBE1	VBE1 y VBI2	V2H	VCI1				x	QA
CANCHAS DEPORTIVAS															
PINTURA LATEX EN MURO DE FRONTON	m2	64.80	JT			CF cara 1	CF cara 2						x		
DEMARCACIÓN EN MURO E=0.05M FRONTON	m	32.00	JT							CF cara1	CF cara2			x	SUP
ACONDICIONAMIENTO Y PINTURA EN LOSA	m2	254.81	JT			CF Cancha 1	CF cancha 1	CF cancha 2	CF cancha 2				x		
CUBIERTA DE RESINA ACRILICA IMPORTADO SPORTEK	m2	1,338.00	CV		CT cancha 1 y 2									x	SC
SISTEMA DE TENIS ACERO INOX. OFICIALES ITF	und	2.00	CV			CT cancha 1	CT cancha 2							x	SC
INSTALACIONES SANITARIAS															
RED DE DESAGÜE															
EXCAVACION DE ZANJA Y BUZONES PARA DESAGUE Y RED DE MPULSION	m3	5,967.33	WP		SF B135-158	SF B158-181							x		
EXCAVACION MANUAL EN ARENA	m3	1,013.60	WP		SF B122-142	SF B142-162	SF B162-181						x		
NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN PARA CAMA DE ARENA	m	3,922.80	WP							SA T1,2	SA T3,4		x		
RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	5,628.63	WP		SD T2,3	SD T3,4	SD T4,5	SE T1	SET1,2	SE T2,3			x		
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CIRCULAR	Sector	6.00	WP		X 3,4	X 5,6	X 7,8	X 9,10	X 11,12	X 14,15				x	PROG
CÁMARA DE BOMBEO															
RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	739.16	WP		CB 1-3	CB 4-7	CB 8-11	CB 12-15	CB 16-19	CB 20-22			x		
ACARREO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE (MÁQUINA)	m3	894.14	JT					CB 1-9	CB 10-19	CB 20-25			x		
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL CON EQUIPO	m3	1,072.97	JT					CB 1-7	CB 8-15	CB 16-21			x		
RED DE AGUA															
TRAZO Y REPLANTEO IISS	m	7,525.26	ZV		SC T1-6	SD T1-3 Y SE T1-3	SD T4-7 Y SE T1-3	SET4-7 Y SET1-12					x		
INSTALACIONES ELECTRICAS															
RED DE BT															
EXCAVACION MANUAL EN ARENA IIEE	m3	3,420.63	JCH		SC T4	SC T4,5	SC T5	SC T6	SC T6,7	SC T7				x	EJEC

Figura N° 55 Programación semanal - Semana 6. ⁹⁶

⁹⁶ Obtenido de equipo de planificación Suma Arquitectos.

PROGRAMACIÓN DIARIA O LAST PLANNER

La programación diaria parte de la programación diaria del día anterior, por lo que es común realizarla al final del día de trabajo, ya que en ese momento se conoce el avance real del día.

En la constructora Suma Arquitectos se le designa la realización de la programación diaria al ingeniero de campo el cual hace la labor del último planificador y este debe estar muy coordinado principalmente con el capataz y el equipo de obra deben estar presentes en la reunión con el fin de buscar una alineación entre todo el equipo de obra al igual que de poder brindar observaciones y recomendaciones valiosas para la programación.

Cabe resaltar que el capataz es el más cercano a las cuadrillas conociendo las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de manera global sobre las cuadrillas que estén bajo su cargo, por lo que él es el que puede programar con mayor exactitud un compromiso de avance diario, lamentablemente muchas veces el capataz no cuenta con las herramientas formales para crear el documento de programación diaria por lo que es necesario que el ingeniero de campo lo realice en coordinación con el capataz y así poder dejar un archivo a la oficina técnica de las programaciones realizadas a modo de control.

En la programación diaria, al ser la última jerarquía del Last Planner System se detalla a nivel de horario además de contar con mayor información que nos ayude a formar las cuadrillas y a administrar los recursos.

A continuación se mostrará en la figura N° 56 la programación diaria del día 07 de agosto del 2017, uno de los días trascendentes debido a la gran cantidad de mano de obra que se manejó exitosamente debido a la división del trabajo por equipos de obra, conformado principalmente por el ingeniero de campo quien tiene a su cargo como máximo a 5 capataces, y estos a su vez tienen como máximo a 10 trabajadores.

PROGRAMACIÓN DIARIA														
Proyecto: Condominio Oasis Bahía de Paracas			Ubicación: Urb. El Golf, Paracas			DÍA LUNES 07, AGOSTO 2017								
Fecha: 05/08/17		Agosto		Cuadrilla unitaria	f	8:00am	9:00am	10:00am	11:00am	12:00am	1:00pm	2:00pm	3:00pm	4:00pm
Actividades	UND	Metrado diario	HH			8:00am	9:00am	10:00am	11:00am	12:00am	1:00pm	2:00pm	3:00pm	4:00pm
ESTRUCTURAS														
VÍAS Y VEREDAS														
CORTE DE TERRENO CON MÁQUINA	m3	426.56	24.80	0.1cap+1op+2pe	1	VEE4	VEE4	VEE4	VEE4		VEE4	VEE4	VEE4	VEE4
COMPACTACIÓN DEL TERRENO NATURAL CON MÁQUINA	m2	2.401.53	148.80	0.1cap+1op+2pe	6	VAI2	VAI2	VAI2	VAI2		VAE2	VAE2	VAE2	VAE2
CANCHAS DEPORTIVAS														
CUBIERTA DE RESINA ACRILICA IMPORTADO SPORTEK	m2	446.00		Subcontrato		CT can1	CT can1	CT can1	CT can1		CT can2	CT can2	CT can2	CT can2
INSTALACIONES SANITARIAS														
RED DE DESAGÜE														
EXCAVACION DE ZANJA Y BUZONES PARA DESAGUE Y RED DE MPULSION	m3	745.92	176.00	0.4cap+1op+3pe	5	SFB135-137	SFB138-140	SFB141-143	SFB144-146		SFB147-149	SFB150-151	SFB152-154	SFB155-158
EXCAVACION MANUAL EN ARENA	m3	112.62	88.00	0.1cap+1pe	10	SFB122-124	SFB125-127	SFB128-130	SFB131-133		SFB134-136	SFB137-139	SFB140-141	SFB142
RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	156.35	408.00	0.1cap+1of+4pe	10	SD T2	SD T2	SD T2	SD T2		SD T2	SD T3	SD T3	SD T3
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CIRCULAR	m2	49.27	124.00	0.1cap+1op+1of+1pe	5	X 3	X 3	X 3	X 3		X 4	X 4	X 4	X 4
CÁMARA DE BOMBEO														
RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	92.40	204.00	0.1cap+1of+4pe	5	CB 1	CB1	CB1,2	CB2		CB2	CB3	CB3	CB3
RED DE AGUA														
TRAZO Y REPLANTEO IISS	m	1.254.21	200.00	1cap+1op+3pe	5	SC T1	SC T1,2	SCT2,3	SCT3,4		SCT4	SCT5	SC T5,6	SC T6
INSTALACIONES ELECTRICAS														
RED DE BT														
EXCAVACION MANUAL EN ARENA IIEE	m3	53.45	132.00	0.1cap+1pe	15	SC T4	SC T4	SC T4	SC T4		SC T4	SC T4	SC T4	SC T4

Figura N° 56 Programación diaria 07/ 08/ 17.⁹⁷

⁹⁷ Obtenido de equipo de planificación Suma Arquitectos.

EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Contando con la programación diaria, en donde se encuentra información más detallada y práctica para la ejecución como metrados, horas-hombre, recursos, entre otros, se organiza las cuadrillas y se inicia los trabajos en los frentes especificados por programación. A continuación en la figura N° 57, la ubicación de la ejecución dentro del esquema planteado:



Figura N° 57 Esquema de etapas del proyecto COBP (Ejecución).⁹⁸

Durante el avance físico del proyecto, se debe tener presente el tiempo de ejecución de las actividades programadas; la seguridad que se brindará a los trabajadores, actualmente regida por la Ley 29783 (D.S. 005-2012-TR) de Seguridad y Salud en el Trabajo (en Perú); un alto nivel de calidad que tácitamente se busca obtener para beneficio del cliente y para no generar mudas a la constructora, para lo cual se utilizó el Reglamento Nacional de Edificaciones GE.030 Calidad en Construcción; y rendimiento siempre enfocado a producir más con igual o menos recursos en cuanto sea posible y en el caso de no

⁹⁸ Elaboración propia.

coincidir negativamente con el rendimiento meta, tomar nota de los posibles causas de dicho acontecimiento para ser solucionado con el equipo de obra en la posterior etapa (control). A continuación se mostrará en las figuras N° 58 y 59, la ejecución de algunas actividades en el proyecto COBP:



Figura N° 58 Ejecución de la actividad: Excavación manual de zanja.⁹⁹



Figura N° 59 Ejecución de la actividad: Instalación de adoquines en veredas.¹⁰⁰

Continuando con la organización del proyecto planteada, continúa la etapa de control del proyecto, se utiliza la curva “S” base y la teoría del Valor Ganado (Earned Value Management) para controlar el costo y el desempeño del cronograma, adicionalmente a ello también se utiliza el índice de confiabilidad de la programación o Porcentaje de Plan Completado (%PPC) para poder controlar que tanto se anticipa la programación al trabajo efectivamente realizado. A

⁹⁹ Foto propia.

¹⁰⁰ Foto propia.

continuación se mostrará en la figura N° 60 la ubicación de esta etapa en el esquema del proyecto COBP:

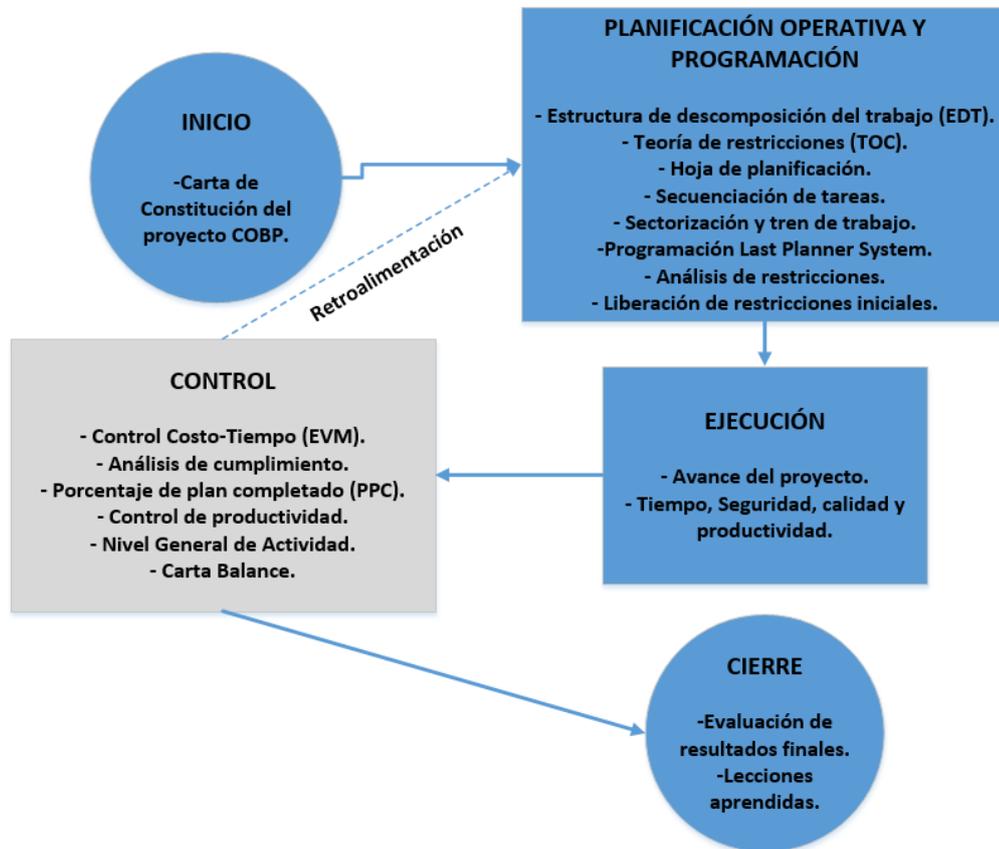


Figura N° 60 Esquema de etapas del proyecto COBP (Control).¹⁰¹

VALOR GANADO (EARNED VALUE MANAGEMENT)

La herramienta más utilizada para control de proyectos desde los años 60, es el método del valor ganado, en el cual por medio de 3 variables en unidades monetarias que se comparan entre sí, obtenemos variables que nos da información cuantitativa sobre el estatus del proyecto en tiempo y costo.

En el proyecto COBP realizamos 5 “cortes de análisis” en la semana 7, 14, 21, 26 (en la cual se debió culminar el proyecto según lo programado) y en la semana 28 (fecha en la que se culminó el proyecto) para analizar si se obtuvo ahorros o pérdidas globales. A continuación se mostrará el corte en la semana 14, figura N° 61:

¹⁰¹ Elaboración propia.

En la figura se logra apreciar la línea base o el costo presupuestado del trabajo programado (CPTP o PV), el costo presupuestado del trabajo realizado (CPTR o EV), el costo real del trabajo realizado (CRTR o AC), de los cuales se desglosan las variables de control SV, CV, SPI, CPI; y las variables de proyección ETC, EAC y VAC.

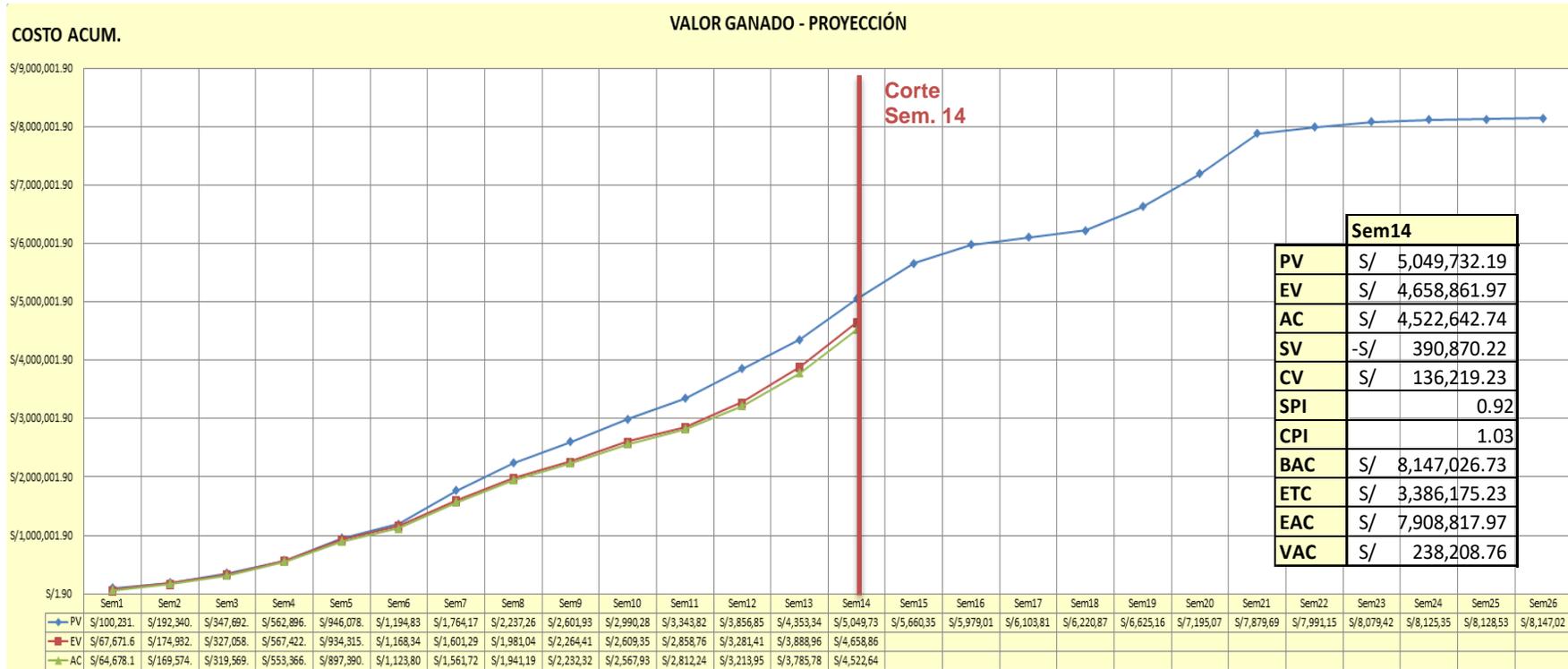


Figura N° 61 Corte del proyecto a la semana 14.¹⁰²

Con los valores del corte a la semana 14 podemos afirmar vamos retrasados en el proyecto (-SV), pero a pesar de ello con respecto a costos ya contamos con un ahorro de S/. 136,219.23.

¹⁰² Datos obtenidos del control realizado por la constructora Suma Arquitectos.

ÍNDICE DE CONFIABILIDAD

El LPS propone medir el desempeño de cada programa de trabajo semanal con el fin de poder estimar la confiabilidad de todo el proceso de planificación y programación. El LPS utiliza un indicador índice de confiabilidad el cual es llamado Porcentaje de Plan Completado (PPC), este indicador evalúa hasta qué punto el LPS puede ser capaz de anticiparse al trabajo de la semana siguiente por medio de comparaciones entre las tareas programadas y las tareas que realmente se lograron hacer dando como resultado un porcentaje que indica el grado de confiabilidad de la programación.

En la práctica resulta muchas veces sorprendente que no se suele sobrepasar el 50% de confiabilidad y a veces incluso ni se llega al 30%. El problema de la planificación tradicional es que muchas veces se proyectan actividades que se saben que no se cumplirán, como si todas las actividades se fueran a realizar realmente, generando como consecuencia atrasos dramáticos en la ruta crítica.¹⁰³ (Alarcón Cárdenas, 2003)

El LPS afirma que el mejorar el cumplimiento de las actividades semanales podría mejorar de manera significativa el aumento de la productividad y desempeño en el proyecto y esto se debe a que al tener un mejor cumplimiento con la planificación, se estabiliza el ambiente de trabajo creándose un flujo de trabajo continuo eficiente.

Para elaborar el análisis de confiabilidad se analiza semanalmente, ya que la semana es una unidad significativa para el caso. Al final de la semana se verifica la cantidad de actividades que se lograron cumplir y las que no. Para las actividades que no se lograron cumplir se busca encontrar el punto en el cual se está fallando por medio de medidas correctivas y así poder aumentar el cumplimiento.

¹⁰³ Datos extraídos del texto "Planificación y Control de Producción Para la Construcción". L. Alarcón.

Una vez determinado las actividades realizadas y las que no, se contabiliza las actividades que si se lograron realizar según el programa y se divide por el total de actividades programadas, generando así un porcentaje, el PPC.

En la tabla N° 24 se logra apreciar la programación semanal de la semana del 07 al 12 de agosto, en el cual se aprecia el PPC y una distribución por tipo de causa de incumplimiento.

Tabla N° 24 Programación semanal y análisis de cumplimiento.

104

PROGRAMACIÓN SEMANAL											SUMA ARQUITECTOS					
Proyecto: Condominio Oasis Bahía de Paracas		Ubicación: Urb. El Golf, Paracas		Semana 6							Análisis de Cumplimiento					
Fecha: 05/08/17		Agosto		Responsable	D	L	M	M	J	V	S	¿Liberado?		Tipo	Causa de Incumplimiento	Medida Correctiva
Actividades		UND	Metrado		6	7	8	9	10	11	12	Sí	No			
ESTRUCTURAS																
VÍAS Y VEREDAS																
CORTE DE TERRENO CON MÁQUINA		m3	5,971.87	WP		VEE4	VFI1,2,3 y VFE3	VFI4,5 y VFE4	VFI6 y VFE5,6				x			
COMPACTACIÓN DEL TERRENO NATURAL CON MÁQUINA		m2	43,227.56	WP		VAI2 y VAE2	VAI3 y V1H	VBI1 y VBE1	VBE1 y VBI2	V2H	VCI1		x	QA	Último tramo de VB no cumplió pasó prueba de compactación.	Rehacer.
CANCHAS DEPORTIVAS																
PINTURA LATEX EN MURO DE FRONTON		m2	64.80	JT			CF cara 1	CF cara 2					x			
DEMARCACIÓN EN MURO E=0.5M FRONTON		m	32.00	JT						CF cara1	CF cara2		x	SUP	Supervisión observó algunas partes de la demarcación.	Levantar las observaciones y llevar más control de calidad.
ACONDICIONAMIENTO Y PINTURA EN LOSA		m2	254.81	JT			CF Cancha 1	CF cancha 1	CF cancha 2	CF cancha 2			x			
CUBIERTA DE RESINA ACRILICA IMPORTADO SPORTEK		m2	1,338.00	CV		CT cancha 1 y 2							x	SC	Se retrasó la importación al llegar a aduanas.	Seguimiento constante a Sportek.
SISTEMA DE TENIS ACERO INOX. OFICIALES ITF		und	2.00	CV			CT cancha 1	CT cancha 2					x	SC	Deben instalar la cubierta antes.	
INSTALACIONES SANITARIAS																
RED DE DESAGÜE																
EXCAVACION DE ZANJA Y BUZONES PARA DESAGÜE Y RED DE IMPULSION		m3	5,967.33	WP		SF B135-158	SF B158-181						x			
EXCAVACION MANUAL EN ARENA		m3	1,013.60	WP		SF B122-142	SF B142-162	SF B162-181					x			
NIVELACION Y COMPACTACION PARA CAMA DE ARENA		m	3,922.80	WP						SA T1,2	SA T3,4		x			
RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO		m3	5,628.63	WP		SD T2,3	SD T3,4	SD T4,5	SE T1	SET1,2	SE T2,3		x			
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CIRCULAR		Sectr	6.00	WP		X 3,4	X 5,6	X 7,8	X 9,10	X 11,12	X 14,15		x	PROG	Programación muy optimista.	Tomar en cuenta la confiabilidad de la programación.
CÁMARA DE BOMBEO																
RELLENO CON MATERIAL PROPIO		m3	738.16	WP		CB 1-3	CB 4-7	CB 8-11	CB 12-15	CB 16-19	CB 20-22		x			
ACARREO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE (MÁQUINA)		m3	884.14	JT					CB 1-9	CB 10-19	CB 20-25		x			
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL CON EQUIPO		m3	1,072.97	JT					CB 1-7	CB 8-15	CB 16-21		x			
RED DE AGUA																
TRAZO Y REPLANTEO IJSS		m	7,525.26	ZV		SC T1-6	SD T1-3 Y SE T1-3	SD T4-7 Y SE T1-3	SET4-7 Y SET1-12				x			
INSTALACIONES ELECTRICAS																
RED DE BT																
EXCAVACION MANUAL EN ARENA IIEE		m3	3,420.63	JCH		SC T4	SC T4,5	SC T5	SC T6	SC T6,7	SC T7		x	EJEC	Traslape de actividades.	Dar prioridad a los tramos donde existan traslapes.
											11		6			
											PPC (%)		65%			

104 Obtenido de equipo de planificación Suma Arquitectos.

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO

Se ha dado un énfasis sistemático con respecto a la variabilidad de los proyectos, y el proyecto Oasis Bahía de Paracas no es la excepción. Debido a la variabilidad de los proyectos se presentan causas, motivos o circunstancias que generan un impacto negativo en la programación de las actividades produciendo que no se puedan realizar en la fecha esperada, siendo estas las conocidas causas de incumplimiento.

Para tratar estas causas de incumplimiento se realiza el análisis de cumplimiento el cual toma como unidad mínima de análisis a una semana, por lo que generalmente la programación semanal tiene una extensión dedicada al análisis de cumplimiento donde se irá formando, semana a semana, una base de datos de causas de incumplimiento.

Tomando las experiencias de la constructora EDIFICA, ellos clasifican estas causas de incumplimiento en 9, los cuales serán descritos en la tabla N° 25:

Tabla N° 25 Catálogo de causas de incumplimientos.¹⁰⁵

CATÁLOGO DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO				
CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	PROGRAMACION(PROG)	LOGISTICA (LOG)	CONTROL DE CALIDAD (QA/QC)	EXTERNOS (EXT)
DESCRIPCION	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, herramientas o materiales en obra, 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)	
DESCRIPCION	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)		
DESCRIPCION	Todas las causas que implican averías o fallos 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.		

¹⁰⁵ Obtenido de información de experiencia de constructora EDIFICA en edificio Barranco 360°, información publicada en tesis de grado del ingeniero Abner Guzmán.

Contando con una clasificación de causas de incumplimiento, semanalmente se clasifican las causas que evitaron llegar a un 100% de PPC, para ir llevando un control y así formar una base de datos, como ejemplo se muestra la programación semanal de la semana 6, donde se clasificará las causas de incumplimiento, tabla N° 26:

Tabla N° 26 Distribución de causas de incumplimiento semana 6. ¹⁰⁶

PROG	PROGRAMACIÓN	1
LOG	LOGISTICA	
QA/AC	CONTROL DE CALIDAD	1
EXT	EXTERNOS	
SUP/CLI	SUPERVISOR/CLIENTE	1
EJEC	ERRORES DE EJECUCIÓN	1
SC	SUBCONTRATOS	2
EQ	EQUIPOS	
ADM	ADMINISTRATIVOS	

Con los datos de distribución de causas de incumplimiento se realiza el gráfico estadístico de las causas de incumplimiento, figura N° 62:

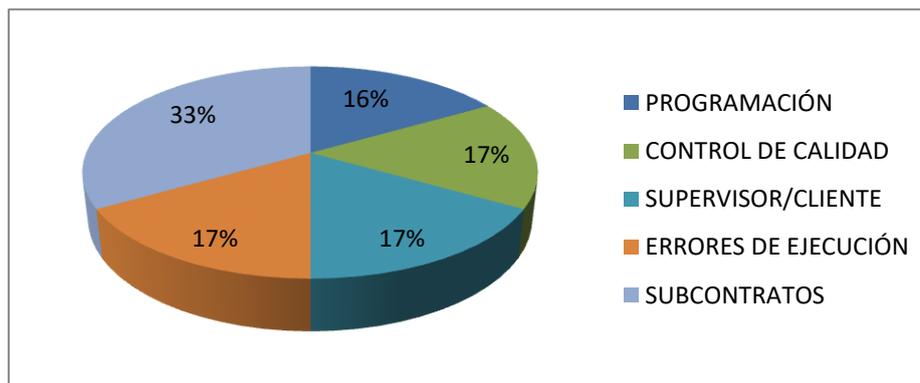


Figura N° 62 Diagrama circular de causas de incumplimiento semana 6. ¹⁰⁷

Debe mencionarse que este análisis que se realiza a las causas de no cumplimiento es por dos motivos principales, el primero para hallar y solucionar las causas de incumplimiento incidentes e importantes (principio de Pareto), en tiempo real o en la semana siguiente, por el equipo a donde corresponda el problema (Obra, administración o logística) por medio de reuniones en el cual se aplican las herramientas Lean como los 5 porqués, Ishikawa, tormenta de ideas, entre otros. Estas reuniones se realizan al final de la semana (sábado) con el fin de proponer

¹⁰⁶ Obtenido de la programación semanal número 6, por Suma Arquitectos.

¹⁰⁷ Obtenido de distribución de causas de incumplimiento semana 6, por Suma Arquitectos.

potenciales soluciones a las causas de incumplimiento reincidentes las cuales serán aplicadas al comienzo de la semana siguiente.

Como segundo motivo de porque realizar el presente análisis es para realizar un proceso de mejora continua al formar una lista de lecciones aprendidas, el cual servirá como experiencia a Suma Arquitectos y así utilizarlo como ventaja competitiva al participar en licitaciones futuras con otras empresas constructoras. Se tocará con mayor detalle el tema de lecciones aprendidas en el siguiente tema.

5.5 PRODUCTIVIDAD

La curva de productividad es un formato de control en el cual se relacionan el tiempo, la mano de obra y la producción. Este curva está conformado por las productividades o rendimientos diarios (recordemos que una es la inversa de la otra) los cuales a lo largo de los días va cambiando y formando una curva de productividad o de rendimiento (dependiendo de con qué indicador se trabaje) la cual es comparado con una productividad o rendimiento meta o presupuestado que es fijado en la etapa de planificación por la misma constructora en base a sus experiencias en proyectos similares.

Se conoce la variabilidad de los proyectos, y en ámbito de la productividad es muy fácil que esta varíe conforme pasan los días y esto se podría dar por el aumento de personal en una determinada actividad o caso contrario una disminución del personal por faltas de los mismos (causa muy común en cualquier tipo de trabajo). Entonces, la curva formada por las productividades o rendimientos diarios reúne los efectos presentes en un proyecto y los traslada en un formato gráfico.

A continuación se mostrará en la tabla N° 27 los datos de productividad y rendimiento obtenido en una de las actividades principales en el proyecto, la instalación de los adoquines en veredas, de los cuales se desglosa los indicadores IP, IR e información acumulada, reflejada en las figuras N° 63 y 64:

Tabla N° 27 Control de productividad, partida de instalación de adoquines.

108

Metrado:		13,737.00		Control de Productividad													
Metrado Acumulado:		13,737.00															
Partida: Instalación de Adoquines				IPO = 2.62		IRO = 0.38											
Día	Und	Producción diaria	N° cuadrillas	Cuadrilla Unitaria				Jornada (H)	HH	Productividad	Rendimiento	IP	IR	Metrado Acumulado	HH Acumulado	Productividad Acumulada	Rendimiento acumulado
				Cap.	Ope.	Ofi.	Pe.										
17/11/2017	m2	523	4	0.5	1	3	3	8	240	2.18	0.46	0.83	1.20	523	240	2.18	0.46
18/11/2017	m2	323	4	0.5	1	3	3	5	150	2.15	0.46	0.82	1.22	846	390	2.17	0.46
20/11/2017	m2	524	4	0.5	1	3	3	8	240	2.18	0.46	0.83	1.20	1370	630	2.17	0.46
21/11/2017	m2	546	4	0.5	1	3	3	8	240	2.28	0.44	0.87	1.15	1916	870	2.20	0.45
22/11/2017	m2	553	4	0.5	1	3	3	8	240	2.30	0.43	0.88	1.14	2469	1110	2.22	0.45
23/11/2017	m2	548	4	0.5	1	3	3	8	240	2.28	0.44	0.87	1.15	3017	1350	2.23	0.45
24/11/2017	m2	568	4	0.5	1	3	3	8	240	2.37	0.42	0.90	1.11	3585	1590	2.25	0.44
25/11/2017	m2	338	4	0.5	1	3	3	5	150	2.25	0.44	0.86	1.16	3923	1740	2.25	0.44
27/11/2017	m2	582	4	0.5	1	3	3	8	240	2.43	0.41	0.92	1.08	4505	1980	2.28	0.44
28/11/2017	m2	593	4	0.5	1	3	3	8	240	2.47	0.40	0.94	1.06	5098	2220	2.30	0.44
29/11/2017	m2	614	4	0.5	1	3	3	8	240	2.56	0.39	0.97	1.03	5712	2460	2.32	0.43
30/11/2017	m2	625	4	0.5	1	3	3	8	240	2.60	0.38	0.99	1.01	6337	2700	2.35	0.43
01/12/2017	m2	634	4	0.5	1	3	3	8	240	2.64	0.38	1.01	0.99	6971	2940	2.37	0.42
02/12/2017	m2	367	4	0.5	1	3	3	5	150	2.45	0.41	0.93	1.07	7338	3090	2.37	0.42
04/12/2017	m2	640	4	0.5	1	3	3	8	240	2.67	0.38	1.02	0.98	7978	3330	2.40	0.42
05/12/2017	m2	646	4	0.5	1	3	3	8	240	2.69	0.37	1.03	0.98	8624	3570	2.42	0.41
06/12/2017	m2	650	4	0.5	1	3	3	8	240	2.71	0.37	1.03	0.97	9274	3810	2.43	0.41
07/12/2017	m2	638	4	0.5	1	3	3	8	240	2.66	0.38	1.01	0.99	9912	4050	2.45	0.41
08/12/2017	m2	642	4	0.5	1	3	3	8	240	2.68	0.37	1.02	0.98	10554	4290	2.46	0.41
09/12/2017	m2	376	4	0.5	1	3	3	5	150	2.51	0.40	0.96	1.05	10930	4440	2.46	0.41
11/12/2017	m2	636	4	0.5	1	3	3	8	240	2.65	0.38	1.01	0.99	11566	4680	2.47	0.40
12/12/2017	m2	724	4	0.5	1	3	3	9	270	2.68	0.37	1.02	0.98	12290	4950	2.48	0.40
13/12/2017	m2	723	4	0.5	1	3	3	9	270	2.68	0.37	1.02	0.98	13013	5220	2.49	0.40
14/12/2017	m2	724	4	0.5	1	3	3	9	270	2.68	0.37	1.02	0.98	13737	5490	2.50	0.40
		13737				5490											
								<div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: #e0f0ff;"></div> Levantamiento de información para Carta Balance <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: #e0e0e0;"></div> Horas Extras </div>									

¹⁰⁸ Obtenido de datos de control de obra, Suma Arquitectos.

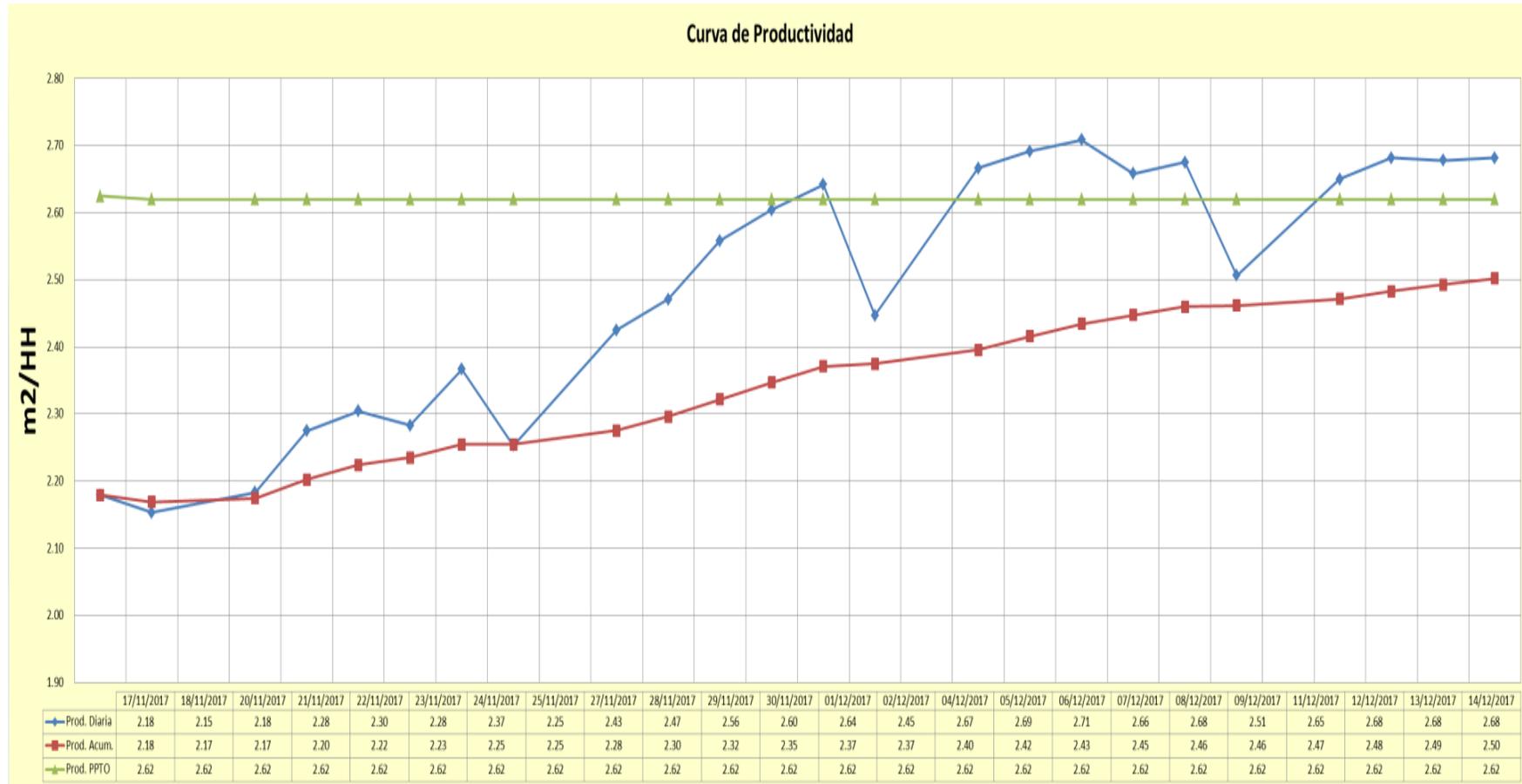


Figura N° 63 Curva de productividad - Instalación de adoquines. ¹⁰⁹

¹⁰⁹ Elaboración propia en función a datos del control de obra, Suma Arquitectos.

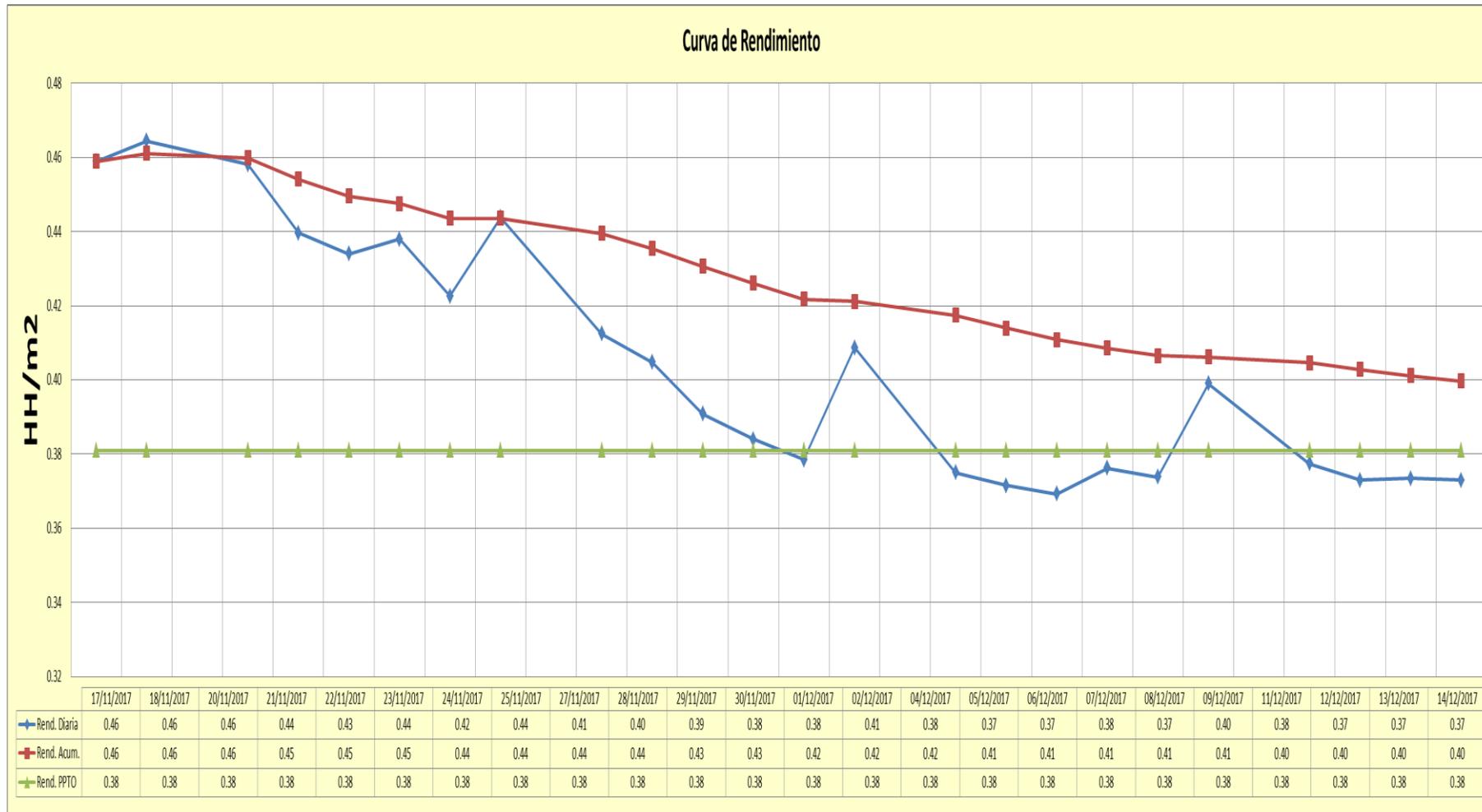


Figura N° 64 Curva de rendimiento - instalación de adoquines. ¹¹⁰

¹¹⁰ Elaboración propia en función a datos del control de obra, Suma Arquitectos.

Cabe mencionar que también se suele comparar el rendimiento o productividad diaria con el rendimiento o productividad meta o presupuestado, el cual genera un indicador para cada uno, en el caso del rendimiento es el índice de rendimiento (IR) y para la productividad, el índice de productividad (IP). Lo mencionado se puede apreciar en la figura N° 65 y 66, en donde se aprecia la curva formada por los IP diarios comparados con el IP meta o presupuestado (IPo) y análogamente el IR comparado con el IR meta o presupuestado (IRo):

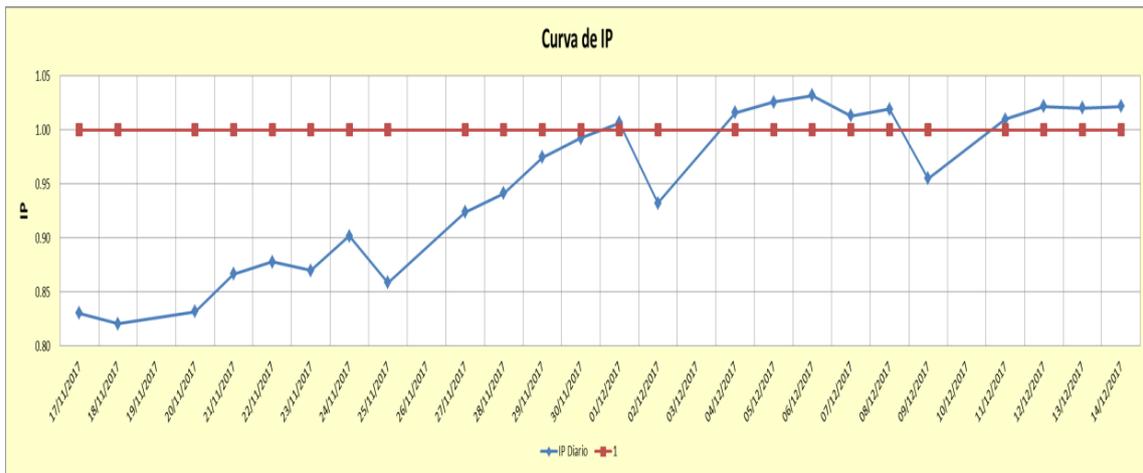


Figura N° 65 Curva de IP - Instalación de adoquines. ¹¹¹

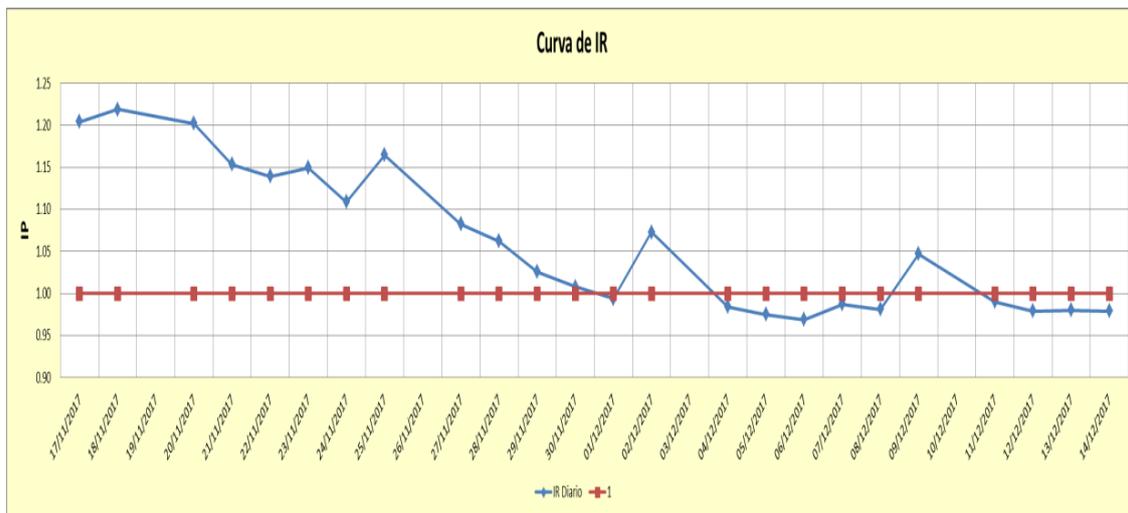


Figura N° 66 Curva IR - Instalación de adoquines. ¹¹²

¹¹¹ Elaboración propia en función a datos del control de obra, Suma Arquitectos.

¹¹² Elaboración propia en función a datos del control de obra, Suma Arquitectos.

Nivel General de Actividades (NGA)

Es una herramienta estadística con la cual dentro de Lean Construction se utiliza con el fin de encontrar tendencias sobre la distribución del trabajo y la productividad del mismo, dividido según Lean en tiempo productivo (TP), tiempo contributorio (TC) y tiempo no contributorio (TNC).

Para realizar dicho muestreo se toma datos cada minuto de TP, TC y TNC a lo largo de toda la obra y a todas las cuadrillas de forma aleatoria. Se desglosa las actividades que generen tiempos contributorios y no contributorio más no los tiempos productivos ya que serían tantas que solo entorpecería el muestreo.

Se mostrará en la tabla N° 28 el formato que se utilizó en Suma Arquitectos, donde se aprecia el levantamiento de información para NGA que se realizó en el proyecto en 3 oportunidades (en el capítulo 6 se analizarán dichos resultados). Donde posteriormente se obtiene el gráfico del nivel general de actividades y con dicha información, por medio de herramientas como Ishikawa o 5 porqués proponer medidas para disminuir los TNC y TC en lo máximo posible y así verificar en los próximos muestreos el impacto que la solución o medidas correctiva logra en el flujo de trabajo de la actividad analizada.

Es recomendable levantar la información en diferentes días de la semana y en condiciones típicas, además se debe realizar por lo menos 384 mediciones para que sea estadísticamente válido (Serpell, 1993), con el fin de conseguir un muestreo válido se realizaron 400 mediciones por cada muestreo.

Tabla N° 28 Porción del formato de NGA. ¹¹³

NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES											
Proyecto: Conominio Oasis Bahía de Paracas											
Fecha: 02/10/17											
Dato	Cuadrilla	Tipo	Dato	Cuadrilla	Tipo	Dato	Cuadrilla	Tipo	Dato	Cuadrilla	Tipo
1	ES	I	101	ES	TP	201	IIEE	TP	301	ES	TP
2	ES	I	102	IISS	T	202	IIEE	V	302	ES	T
3	ES	I	103	IISS	P	203	IIEE	V	303	IISS	P
4	ES	ST	104	IISS	TP	204	ES	TP	304	IISS	TP
5	IISS	ST	105	IIEE	TR	205	ES	TP	305	IISS	TR
6	IISS	R	106	IIEE	E	206	ES	R	306	IIEE	E
7	IISS	R	107	ES	TP	207	IISS	PR	307	IIEE	TP
8	IIEE	T	108	IIEE	TP	208	IISS	ST	308	ES	TP
9	IIEE	T	109	IIEE	E	209	ES	ST	309	IIEE	E
10	ES	LS	110	IISS	E	210	ES	T	310	IIEE	E
11	ES	LS	111	ES	LS	211	IISS	P	311	IISS	LS
12	ES	TP	112	ES	LS	212	IISS	P	312	ES	LS
13	IISS	TP	113	IISS	S	213	IISS	V	313	ES	S
14	IISS	TP	114	ES	TP	214	IIEE	TR	314	IISS	TP
15	ES	S	115	ES	TP	215	IIEE	I	315	ES	E

¹¹³ Elaboración propia.

Carta Balance

Para el levantamiento de información de carta balance, es necesario identificar a todo el equipo que realice la actividad trascendente, como se aprecia en la tabla N° 29 en la actividad de instalación de adoquines, además de identificar las actividades del proceso analizado y clasificarlos según el tipo de tiempo que generan:

Tabla N° 29 Cuadrilla de instalación de adoquines.¹¹⁴

Cargo	Nombre y Apellido
Cap1	Jairo Muñantes
Ope1	Guillermo Curiñaupa
Ofi1	Edgar Curiñaupa
Ofi2	Raymon Quispe
Ofi3	José Oliva
Pe1	David Camus
Pe2	Jhon Carbajal
Pe3	Javier Tamayo

La cuadrilla formada es bastante particular debido a la cantidad de personas involucradas en ella, esto se debe por estudios previos gracias a las lecciones aprendidas en otras obras en la que se llegó a la conclusión que una cuadrilla óptima para la instalación de adoquines es $0.5\text{Cap}+1\text{Ope}+3\text{Ofi}+3\text{Pe}$, de tal forma el capataz (0.5Cap) se encarga de la dirección y designación del trabajo, un operario maneja exclusivamente un montacarga el cual distribuirá los pallets con adoquines en lugares estratégicos siempre acompañado de un ayudante en tiempo parcial ($1\text{Ope}+\% \text{Pe}$), los restantes 3 oficiales y ($3-\%$) peones forman subcuadrillas de $1\text{Ofi}+1\text{Pe}$ que avanzarán por 3 frentes diferentes, a los que se les suministrará los adoquines y todo este equipo tiene una producción diaria aproximada de 157.6m^2 instalados al 100%.

A continuación el formato de carta balance (tabla N° 30) para la cuadrilla, elegidas aleatoriamente, realizado el 23 de noviembre del 2017, durante la ejecución de la partida:

¹¹⁴ Elaboración propia en función a información tomada en campo.

Tabla N° 30 Carta balance - instalación de adoquines. ¹¹⁵

CARTA BALANCE									
Muestreador: Ing. Luis R. Yika					Cuadrilla: 0.5 Cap + 1 Ope + 3Ofi + 3 Pe				
Partida: Instalación de adoquines					Hora de inicio: 08:08am				
Fecha : 23 / 11 / 2017					Hora final: 09:28 am				
Cuadrilla	Cap1	Ope1	Ofi1	Ofi2	Ofi3	Pe1	Pe2	Pe3	
Nombre	J. M.	G. C.	R. Q.	J. O.	D. C.	P. G.	C. S.	R. T.	
1	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS
2	DI	RI	RI	RI	RI	RI	RI	RI	RI
3	DI	RI	RI	RI	RI	RI	RI	RI	RI
4	DI	RI	RI	RI	RI	RI	RI	RI	RI
5	DI	RI	RI	RI	RI	RI	RI	RI	RI
6	DI	RI	RI	RI	RI	RI	RI	RI	RI
7	E	TMH	TMH	TMH	TMH	TMH	TMH	TMH	TMH
8	VM	TMH	LS	TMH	TMH	LS	LS	LS	LS
9	VM	TMH	LS	LS	TMH	LS	LS	LS	LS
10	TP	VM	LS	LS	LS	E	LS	E	E
11	TP	VM	RM	E	LS	RM	RM	RM	RM
12	TP	TMH	RM	RM	TP	RM	TMH	TMH	TMH
13	TP	TMH	RM	RM	TP	TMH	TMH	TMH	TMH
14	TP	VM	E	TP	TP	VM	TMH	TMH	TMH
15	TP	VM	RM	TP	TP	VM	TP	TP	TP
16	TP	TMH	TP	TP	VM	RM	TP	TP	TP
17	VM	TMH	TP	E	NF	TP	DS	TP	TP
18	VM	TMH	TP	TP	NF	TP	DS	DS	DS
19	TP	VM	TP	TP	VM	TP	RM	DS	DS
20	TP	VM	TP	TP	DS	TP	E	RM	RM
21	TP	VM	TP	DS	DS	TP	TP	E	E
22	TP	TMH	DS	DS	TP	TP	TP	TP	TP
23	TP	TMH	DS	RM	TP	RI	RI	TP	TP
24	VM	TMH	RM	RM	TP	DS	DS	TP	TP
25	VM	TMH	TP	TP	TP	VM	VM	DS	DS
26	VM	TP	TP	TP	TP	VM	VM	RI	RI
27	DI	TP	TP	TP	TP	THM	THM	VM	VM
28	TP	VM	TP	TP	E	THM	THM	VM	VM
29	TP	VM	DS	VM	E	E	TMH	THM	THM
30	VM	TP	RM	NF	RM	HV	E	THM	THM
31	DI	TP	RM	NF	RM	HV	HV	TMH	TMH
32	TP	TP	RM	NF	E	RM	TMH	E	E
33	TP	TP	RM	VM	RM	RM	VM	HV	HV
34	TP	TP	TP	RM	RM	VM	VM	HV	HV
35	TP	TP	TP	RM	TP	VM	TP	TMH	TMH
36	VM	DS	TP	RM	TP	TP	TP	TP	TP
37	VM	NF	DS	TP	TP	TP	TP	E	E
38	VM	NF	TP	TP	TP	E	TP	AME	AME
39	RO	NF	TP	TP	TP	TP	BF	AME	AME
40	RO	NF	RM	DS	DS	DS	BF	AME	AME
TP	45%	20%	38%	33%	38%	23%	20%	18%	
TC	20%	45%	50%	43%	38%	50%	63%	60%	
TNC	35%	35%	13%	25%	25%	28%	18%	23%	
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

Item	Descripción de Trabajos	Símbolo
1.0	Trabajo Productivo	TP
2.0	Trabajo Contributorio	TC
2.1	Recibir instrucciones	RI
2.2	Dar instrucciones	DI
2.3	Transporte de material o herramientas	TMH
2.4	Replanteo de medidas	RM
2.5	Acopio de material excedente	AME
2.6	Limpieza y seguridad	LS
2.7	Barrer fragua excedente de arena	BF
2.8	Humedecer veredas	HV
3.0	Trabajos No Contributorio	TNC
3.1	Viajes con manos vacías	VM
3.2	Esperas	E
3.3	Descansos	DS
3.4	Trabajos rehechos	TR
3.5	Necesidades fisiológicas	NF
3.6	Tiempo ocioso	TO
3.7	Reuniones en oficina técnica	RO

¹¹⁵ Formato de carta balance utilizado en Suma Arquitectos.

Para llenar un formato de carta de balance se necesita levantar la información por cada persona que participe en el proceso analizado, y para ello es importante ubicarse de preferencia en lugares donde se pueda apreciar todo el proceso y a todas las personas involucradas, adicionalmente no se puede levantar la información de más de 10 personas por muestreador el cual debe ser una persona lo suficientemente capacitados para levantar la información de manera seria y confiable.

En la tabla mostrada (tabla N° 30) se logra apreciar el resultado del levantamiento de información el cual es la distribución de los tiempos (TP, TC y TNC) de forma individual y también se podría generar de esta información la distribución de estos tiempos en las actividades determinadas previamente.

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS

La etapa final del proyecto es el cierre, en el cual se evalúan los resultados finales, pero estos resultados carecerían de objeto si no se usara para generar un aprendizaje a la empresa ejecutora (Suma Arquitectos), por lo que se deben almacenar e interiorizar las experiencias obtenidas a lo largo de la ejecución del proyecto para aprender de los errores y hacer aún mejor lo que ya se considera aceptable.

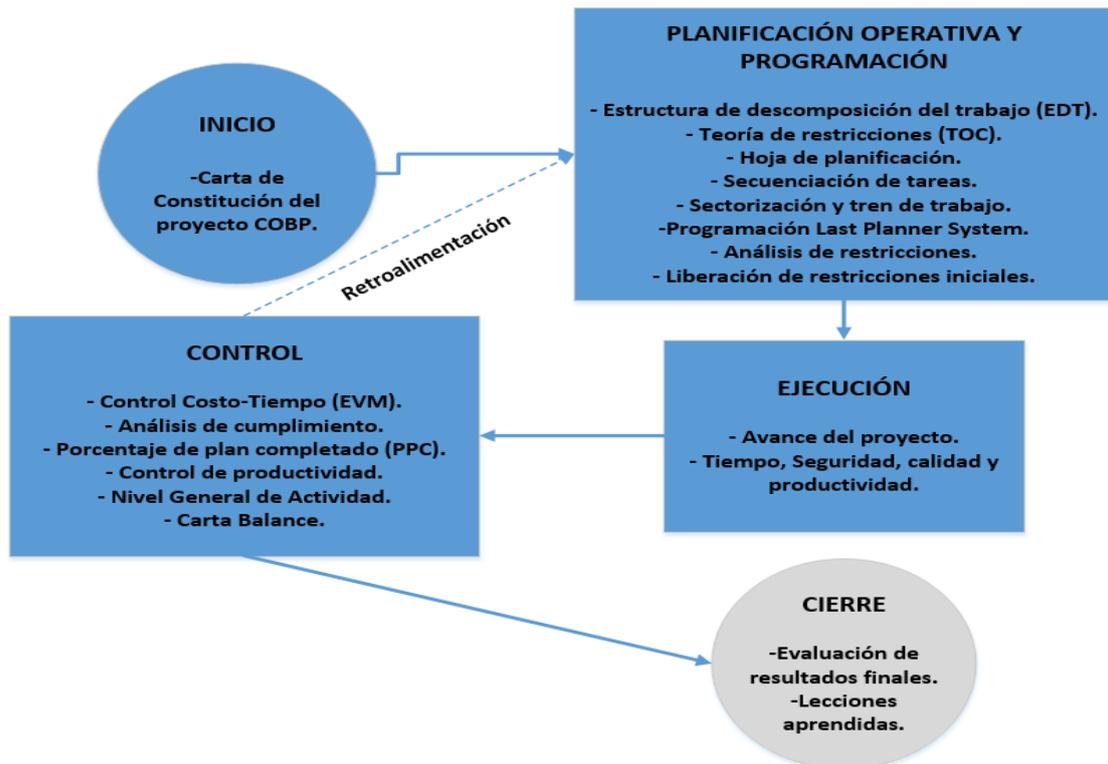


Figura N° 67 Esquema de etapas del proyecto COBP (Cierre). ¹¹⁶

6.1 NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD

Niveles de Productividad

El nivel general de actividades nos da datos estadísticos generales con respecto a la distribución del trabajo realizado en toda la obra. Para realizar una tendencia más exacta se realizó tres mediciones en fechas diferentes con el fin de obtener un

¹¹⁶ Elaboración propia.

promedio entre ellas. Las fechas fueron 02, 04 y 06 de octubre del 2017, fechas pertenecientes a la semana 14.

Durante el levantamiento de información para el NGA, Suma Arquitectos se encontraba realizando las siguientes actividades:

- Vías y veredas (relleno, acarreo y eliminación).
- Excavación para encofrado de sardinel.
- Encofrado de sardinel.
- Estructura de Subestaciones eléctricas (acero, encofrado, concreto).
- Red de agua (excavaciones, suministro e instalación tuberías HDPE).
- Red de agua (instalación de accesorios y válvulas).
- Pruebas hidráulicas.
- Excavaciones para BT y MT.

Cada actividad tiene sus propios tiempos contributorios y tiempos no contributorios, pero sería sumamente complejo realizar considerar a todos ellos ya que se generaría un listado enorme de TC y TNC, por lo que se opta por homogenizar las actividades contributorias y no contributorias en actividades genéricas para todas y así hacer más práctico el levantamiento de información.

Se logró agrupar las actividades que generan TC y TNC en la siguiente lista:

- Tiempos Contributorios:
 - Instrucciones
 - Preparación de materiales y herramientas.
 - Replanteos.
 - Transportes.
 - Limpieza y seguridad.
 - Soportes (amarres, apuntalamientos, entre otros).
 - Desencofrado.
 - Protocolos.

- Tiempos no Contributorios:

- Esperas, descansos o ausencias.
- Viajes con manos vacías.
- Trabajos rehechos.
- Simulación de trabajo.

Con la clasificación mencionada se realiza el levantamiento de información aleatoriamente en toda la obra cada 30 segundo, hasta juntar 400 datos. El resultado del muestro de NGA promedio (promedio de los 3 días) se muestra en la figura N° 68 (Los formatos usados se encuentran en la parte de anexos):

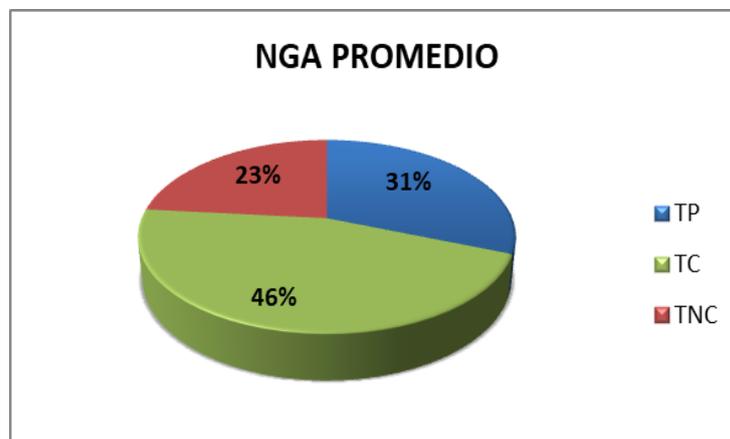


Figura N° 68 NGA promedio en el proyecto COBP. ¹¹⁷

Para conocer si los resultados obtenidos en el NGA son positivos o negativos es necesario realizar un benchmarking externo, el cual consiste en comparar el NGA obtenido en el proyecto ejecutado por Suma Arquitectos con otros proyectos nacionales e internacionales.

Cabe resaltar que lo más adecuado sería comparar los NGA de otros proyectos de habilitación urbana, pero existe poca información tan específica ya que la mayoría de estudios sobre productividad se han realizado en proyectos de edificación, no obstante, al ser un muestreo a nivel general de actividades, se hace referencialmente comparable.

Benchmarking Externo Competitivo

¹¹⁷ Elaboración propia.

Existe una serie de estudios de productividad realizado en proyectos nacionales, los cuales serán mencionados y presentado sus resultados de NGA a continuación:

El ingeniero Virgilio Ghio, en el año 2000 publicó su libro “Productividad en Obras de Construcción, Diagnóstico, Crítica y Propuesta”, en donde realiza un estudio de productividad a 50 obras en Lima, obteniendo los siguientes resultados de NGA (figura N° 69):

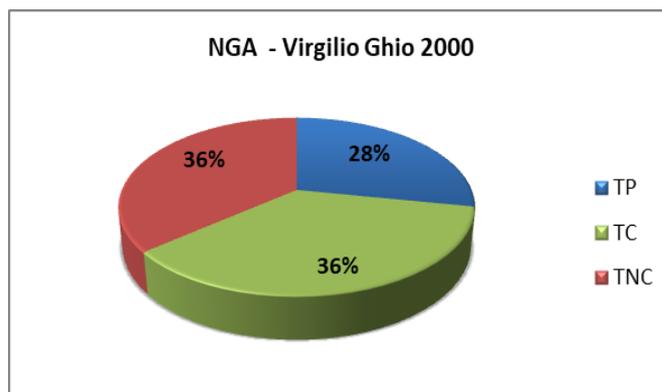


Figura N° 69 NGA por Virgilio Ghio.

Los ingenieros Morales y Galeas, en su tesis de grado PUCP publicado el 2005, “Diagnóstico y Evaluación en la Relación Entre el Grado de Industrialización y los Sistemas de Gestión con el Nivel de Productividad en Obras de Construcción”, en la cual realizaron mediciones a 26 obras de lima, obtuvieron los siguientes resultado de NGA (figura N° 70):

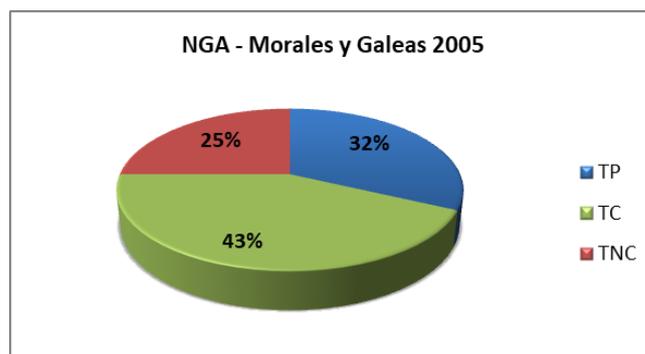


Figura N° 70 NGA por Morales y Galeas.

El ingeniero Carlos Ramírez Herrada, en su tesis de grado URP publicado el 2012, “Optimización de Procesos Constructivos en el Condominio Bolognesi - Puente

Piedra”, en la cual realizó mediciones en tres etapas del proyecto, obtuvo los siguientes resultados promedio de NGA (figura N° 71):

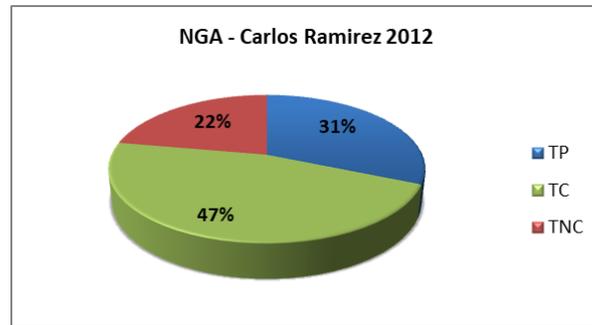


Figura N° 71 NGA por C. Ramírez.

El ingeniero Abner Guzmán, en su tesis de grado PUCP publicado en el 2014, en el cual aplica herramientas Lean en su proyecto de edificación “Barranco 360°”, y obtuvo los siguientes datos de NGA (figura N° 72):

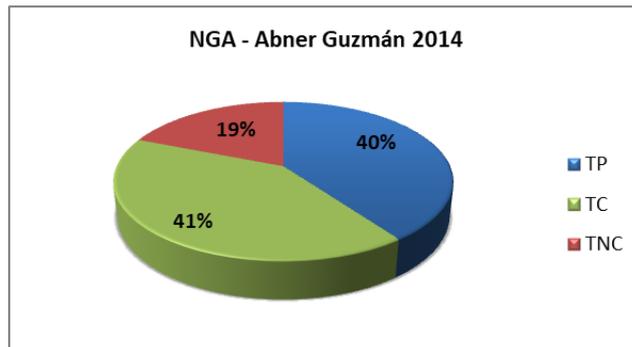


Figura N° 72 NGA por A. Guzmán.

La ingeniera Delia Merino, en su tesis de grado USS publicado en el 2015, en la cual aplica herramientas Lean para la mejora de la productividad en un tanque elevado, obteniendo los siguientes resultados de NGA (figura N° 73):

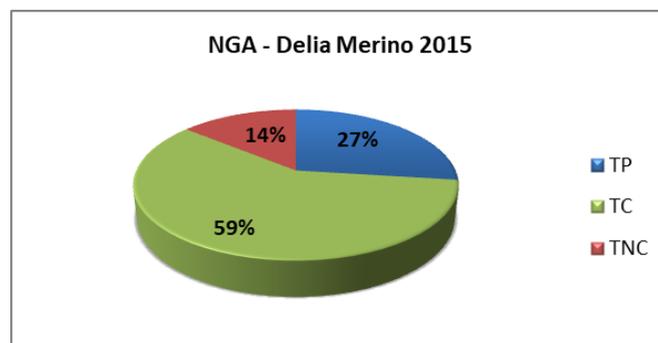


Figura N° 73 NGA por D. Merino.

Se logra apreciar que a excepción de los resultados del ingeniero Abner Guzmán, todos los NGA mostrados cuentan con una distribución similar en la cual predomina indiscutiblemente los tiempos contributorios, tiempos que según el enfoque Lean, se deben reducir al máximo ya que a pesar de ser necesarios, no agregan valor al producto final. Por lo tanto, concluir que en general a las constructoras nacionales (de mediana y pequeña capacidad de contratación) aún les falta mucho por mejorar a nivel de procesos ya que no logran establecer un correcto flujo de valor expresado en una mejor distribución de NGA.

Como resultado de benchmarking externo competitivo, Suma Arquitectos tiene un NGA que se encuentra dentro de la media en proyectos nacionales, lo cual es un aparente logro ya que es la primera vez que se implementa LPS en la empresa y por lo tanto se encuentra en un estado de aprendizaje que tenderá a subir con el tiempo, mejorándose y consolidándose como una empresa competitiva en la región Ica.

Benchmarking Externo Global

Existen datos de NGA a nivel internacional y es de suma importancia realizar una comparación con el nivel alcanzado por Suma Arquitectos para conocer cuáles serían la meta de la empresa a mediano plazo con respecto a optimización de procesos y mejora continua, viéndose reflejado en un NGA más óptimo.

El ingeniero Alfredo Serpell realizó estudios de productividad en dos oportunidades en Chile (1995 y 2002), obteniendo los siguientes niveles de NGA (figura N° 74):

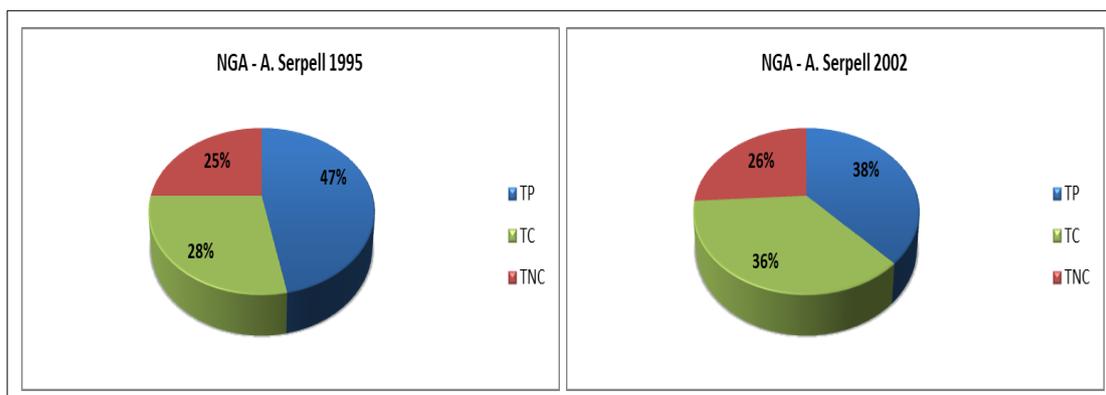


Figura N° 74 NGA por A. Serpell.

El ingeniero Luis F. Botero también realizó estudios de productividad en obra, pero en Colombia, dando resultados aún más superiores a los de Chile (figura N° 75):

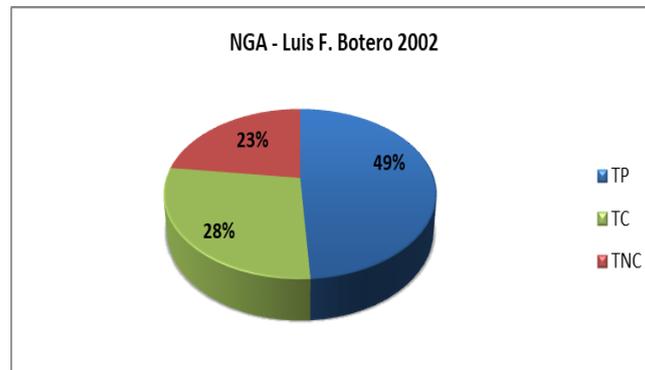


Figura N° 75 NGA por L. Botero.

Se concluye que en comparación a países vecinos, el NGA en proyectos nacionales están aún muy por debajo, ya que en el caso de Colombia casi logra alcanzar el 50% del tiempo en actividades que generan valor. También se aprecia la relatividad que hay en este tipo de análisis ya que A. Serpell obtuvo un NGA parecido al de Botero (1995), pero 7 años después, en lo cual cualquiera asumiría que los NGA tendrían que ser todavía más óptimos, lo cual no ocurre, por lo tanto, los NGA no son un indicador definitivo de una buena gestión de actividades ya que este variará en el tiempo, así como también dependiendo del tipo de proyecto.

6.2 OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS

Actividades Seleccionadas

Se mencionó inicialmente la importancia de tomar acción sobre actividades influyentes sobre el proyecto y esto es sustentado por el principio de Pareto en el cual para nuestro caso, nos centramos en aproximadamente un 20% de actividades los cuales deben reunir las características de impactar en relevancia en el proyecto con respecto al resto (ya se mencionó en capítulos anteriores aquellas características), y esto traería como respuesta un efecto positivo en aproximadamente un 80% de aspectos del proyecto incluyendo costo y tiempo.

Como es de suponerse, los recursos son limitados en cualquier obra, sea por costo, tiempo, espacio, e infinidad de restricciones variables dependiendo de factores

exógenos y endógenos al proyecto, por lo que surge la necesidad de seleccionar estratégicamente las actividades relevantes con el fin de optimizarlas al máximo posible y así poder obtener mayor impacto positivo al proyecto en sí de manera económica. Por ejemplo generando ahorros por productividad superior a lo presupuestado (debido a la curva de aprendizaje u optimización de proceso por medio de cartas balances) lo cual se traduce como horas hombre ahorradas.

Con todo lo desarrollado hasta el momento, se llegó a la conclusión que las actividades de mayor impacto en el proyecto los cuales fueron seleccionados para ser optimizados, son principalmente:

- Relleno compactado con afirmado h=20cm.
- Encofrado de sardinel.

Como se analizó en el capítulo anterior, la partida de estructuras es la partida con mayor cantidad de trabajo, es decir, cuenta con mayor cantidad de horas hombres y horas maquinas, adicionalmente, es la partida más cara de todo el presupuesto debido a las cantidades masivas que se debe producir entre veredas adoquinadas, pistas de afirmado, sardineles en veredas y en estacionamientos, una gran cantidad de movimiento de tierra entre excavación, rellenos, compactaciones y eliminaciones de material.

En la tabla N° 31 se brinda mayor información sobre las actividades mencionadas las cuales se consideran de mayor impacto en el proyecto.

Tabla N° 31 Actividades más relevantes en la ejecución del COBP. ¹¹⁸

EDT	ACTIVIDAD	UND	METRADO	P.U.	C.D.	HH	Especialidad	Tp
02.01.02.03	RELLENO COMPACTADO CON AFIRMADO H=0.20M	m2	43,227.56	S/ 33.51	S/ 1,448,555.54	9,913.52	Estructuras	48.03
02.01.03.03.02	ENCOFRADO DE SARDINEL	m	16,723.00	S/ 30.24	S/ 505,703.52	21,182.47	Estructuras	46.45
02.01.03.03.03	CONCRETO TIPO V EN SARDINELES f'c=175 kg/cm2	m	16,723.00	S/ 27.48	S/ 459,548.04	7,358.12	Estructuras	20.90
02.01.05.02	INSTALACIÓN DE ADOQUINES 6X10X20	m2	13,737.00	S/ 23.56	S/ 323,643.72	5,578.48	Estructuras	21.79

A diferencia de los proyectos de edificación en la cual las partidas predominantes son la partida de encofrado y concreto, en un proyecto de HU (en la cual no incluya la

¹¹⁸ Elaboración propia, deducido de la hoja de programación Suma Arquitectos.

construcción de viviendas) predominan otras, en nuestro caso dentro del movimiento de tierra la actividad más relevante debido al costo que representa y a las horas hombre sería el “relleno compactado con afirmado $h=20\text{cm}$ ”, no obstante existe una gran cantidad de sardineles sea como borde de veredas o como límite en estacionamientos, por lo que a diferencia de las demás partidas relevantes, la partida de encofrado involucra una cantidad de horas hombres mucho mayor al resto.

Al centrarnos principalmente en la optimización de los procesos que conforman las actividades de relleno y encofrado, se podría considerar que se estaría asegurando tiempo y costos ya que estas actividades son las de mayor costo (costo directo), trabajo (HH), tiempo (Tp) y adicionalmente, conservando un concepto convencional, a modo de aumentar la confiabilidad de éxito del proyecto, estas actividades conforman la ruta crítica en la programación maestra, lo cual es un concepto referencial ya que como se mencionó en capítulos anteriores la programación maestra es de poca confiabilidad pero si nos sirve como un indicador de importancia entre las actividades.

Por lo tanto, a continuación se mostrarán los resultados, en la cual se realizó un levantamiento de información inicial para cartas balance en las dos partidas mencionadas, con el fin de tener un punto de partida de esas actividades trascendentes, analizarlas y poder hacer benchmarking (TP, TC y TNC) con datos recopilados de tesis nacionales y estudios internacionales.

Posteriormente al análisis previo de los resultados obtenidos de la carta balance, se aplicará conceptos de mejora continua con el fin de aumentar la productividad y optimizar la distribución de los tiempos dentro de las actividades mencionadas. Iniciando con la identificación del problema por medio de herramientas como 5whys o Ishikawa complementándose con el principio de Pareto, para que una vez identificado el problema, se proponga estrategias de mitigación las cuales serán aplicadas (proceso “plan” de PDCA).

Cabe resaltar que también se complementó el monitoreo de las actividades por medio de factores de productividad, como la productividad diaria, productividad acumulada, rendimientos diarios, rendimientos acumulados, índices de productividad y rendimiento con el fin de evidenciar la curva aprendizaje y llevar un monitoreo referencial con respecto a los posibles progresos debido a las medidas mitigantes planteadas e implementadas (proceso “do” de PDCA) ya que un aumento de la productividad es un

efecto directo de una mejor distribución de tiempo (TP, TC, TNC) por lo que si la productividad no aumentaba en el tiempo hubiese sido un indicador de haber utilizado una medida mitigante irrelevante la cual tendría que ser cambiado o complementado por otra propuesta mitigante.

Finalmente, se volvió a realizar un levantamiento de información, a cada actividad analizada, para generar una nueva carta balance y poder verificar que las medidas mitigantes propuestas hicieron efecto en los procesos dentro del flujo de trabajo (proceso “check” de PDCA).

En el último proceso de mejora continua PDCA se realiza el “Adjust” o ajuste en el cual se realiza feedback o retroalimentación en el cual se analiza los resultados positivos y negativos de haber aplicado medidas mitigantes, se aprende de los errores realizados y vuelve a empezar el ciclo de mejora continua.

Para el caso particular del presente estudio, la retroalimentación se dio a nivel de lecciones aprendidas las cuales quedarán a beneficio de la constructora Suma Arquitectos, ya que se realizó mediciones (carta balance) al inicio y al final de la ejecución de las partidas.

Finalmente, es sumamente importante analizar la curva de confiabilidad ya que este es un gráfico que mide la confianza en la programación, y así poder hacer benchmarking con datos bibliográficos internacionales y poder conocer si la programación se encuentra dentro del estándar, un poco mejor o peor, o si se realizó incorrectamente.

RESULTADOS – RELLENO COMPACTADO CON AFIRMADO H=20CM

Proceso Constructivo

En esta partida se realiza posteriormente a la compactación del terreno natural con máquina, por lo que ya se encuentra una superficie nivelada y definida.



Figura N° 76 Nivelación del afirmado.¹¹⁹

La partida inicia distribuyendo el material de afirmado en cúmulos en lugares estratégicos en la cual cubra una cierta cantidad de área, la motoniveladora esparce y nivela el material dejándolo suelto y con un espesor mayor a 20 centímetros, se escarifica o remueve el afirmado con agua para obtener una humedad homogénea óptima para realizar la compactación por medio de un rodillo liso autopropulsado dejando la superficie en espesor requerido, 20cm. Finalmente se realiza las pruebas de compactación aleatoriamente para verificar las calidad del producto.



Figura N° 77 Prueba de compactación según normas técnicas.¹²⁰

Datos Generales - Carta Balance

Para realizar la carta balance se definió y agrupó las actividades que generan tiempos productivos, contributorios y no contributorios. A continuación en la tabla N° 32 se muestran dichos grupos:

¹¹⁹ Foto tomada en obra.

¹²⁰ Foto tomada en obra.

Tabla N° 32 Identificación y clasificación de actividades. ¹²¹

Item	Descripción de Trabajos	Símbolo	Formulación	
1.0	Trabajo Productivo	TP	TP	CA+EM+ES+CO
1.1	Colocación de afirmado	CA	TC	IL+T+R+AME+LS+H+P
1.2	Extendido de material	EM	TNC	VM+E+DS+TR+NF+RO+A
1.3	Escarificado de material	ES		
1.4	Compactación de afirmado	CO		
2.0	Trabajo Contributorio	TC		
2.1	Instrucciones / lectura de plano	IL		
2.3	Transporte de material o herramientas	T		
2.4	Replanteo	R		
2.5	Acopio de material excedente	AME		
2.6	Limpieza y seguridad	LS		
2.7	Humedecer superficie	H		
2.8	Pruebas de Compactación	P		
3.0	Trabajos No Contributorio	TNC		
3.1	Viajes con manos vacías	VM		
3.2	Esperas	E		
3.3	Descansos	DS		
3.4	Trabajos rehechos	TR		
3.5	Necesidades fisiológicas	NF		
3.6	Reuniones en oficina	RO		
4.6	Ausente	AME		

Teniendo definido las actividades y su clasificación, se realiza la toma de datos a una cuadrilla elegida aleatoriamente (tabla N° 33):

Tabla N° 33 Cuadrilla seleccionada - Relleno Compactado con afirmado. ¹²²

Cargo	Nombre y Apellido
Cap1	Pedro Carbajal
Ope1	Welinton Pachas
Ofi1	Guillermo Curiñaupa
Pe1	Rodrigo Montes
Pe2	Luis Cabezado

Según Serpell, se necesitan 384 mediciones¹²³ para obtener resultados estadísticamente válidos por lo que se optó por realizar 400 mediciones.

El muestreo inicial se realizó en la semana 8, más exactamente, el 23 de agosto del 2017 en la cual era mediados de la segunda semana ejecutando dicha partida de un total de nueve semanas (según la programación). Por lo tanto, se puede considerar que en la segunda semana, el flujo de trabajo era lento por lo que la curva de aprendizaje recién iniciaba.

¹²¹ Elaboración propia.

¹²² Elaboración propia.

¹²³ Concepto publicado en "Administración de Obras de Construcción", publicado en 1993 por Alfredo Serpell.

Resultados iniciales – Carta Balance

De la medición a la cuadrilla mostrada en la tabla N° 33, se obtuvieron los siguientes resultados de distribución de tiempos, figura N° 78:

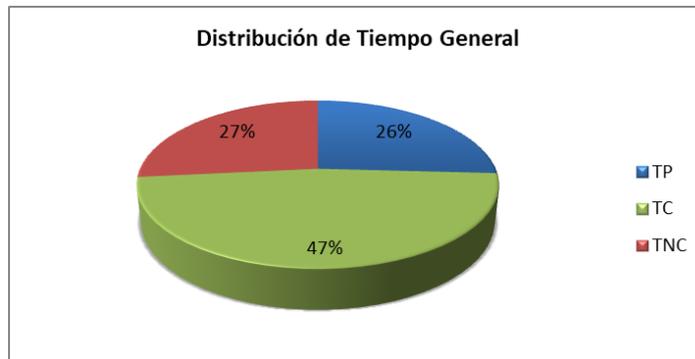


Figura N° 78 Distribución de tiempo - Relleno compactado con afirmado.

124

Se hace evidente que hay mucho por optimizar en el flujo de trabajo, ya que casi la mitad del tiempo que dedican a realizar dicha partida se utiliza en tiempos contributorios, pero lo más alarmante es que el menor de las proporciones le corresponde al tiempo productivo.

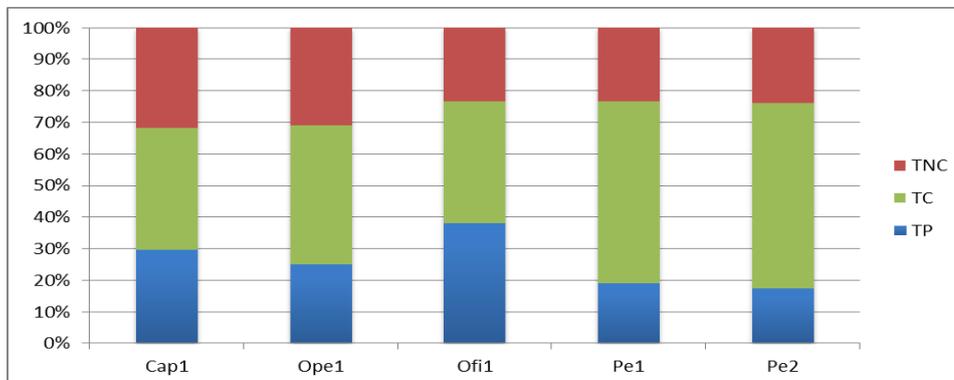


Figura N° 79 Distribución individual de tiempos.

125

Por medio del muestreo realizado se organiza la información para disgregar los datos en la clasificación de actividades para identificar el problema.

A continuación la información disgregada de los tiempos en la figura N° 80:

¹²⁴ Elaboración propia.

¹²⁵ Elaboración propia.

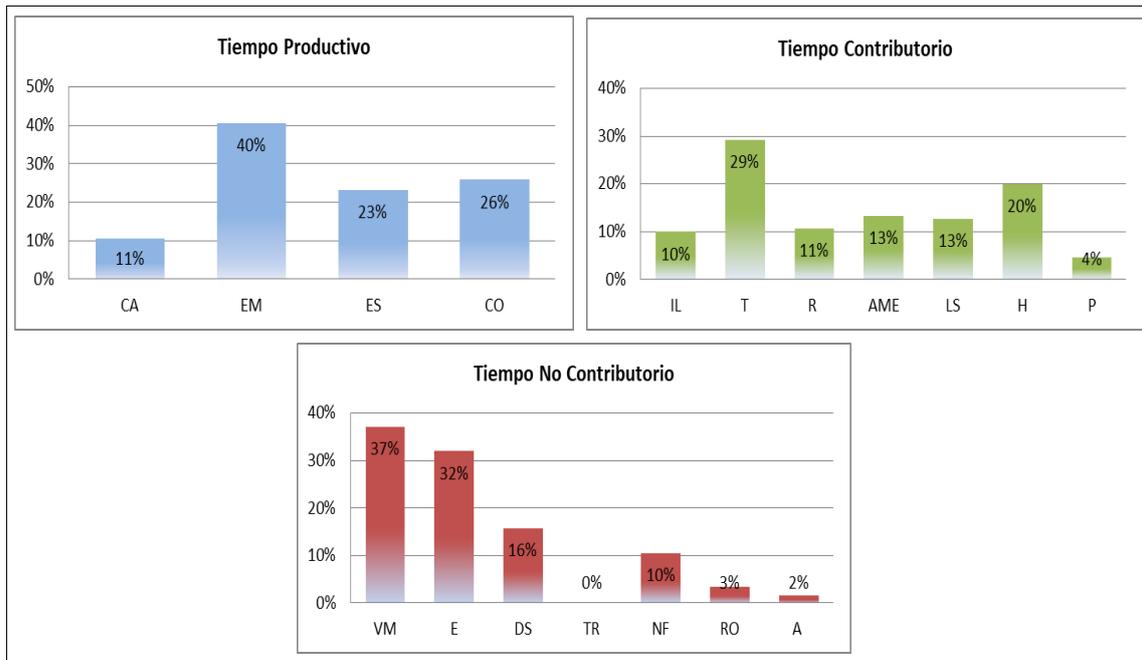


Figura N° 80 Distribución general de tiempo según cada actividad. ¹²⁶

Es más importante darle más importancia a los tiempos no contributorios ya que muchas veces estos se relacionan directa o indirectamente con otros tiempos no contributorio y también tiempos contributorios. Esta mala distribución de tiempo tiene como resultado factible una productividad por debajo de lo presupuestado.

Productividad _{23/08/17} = 3.94m²/HH < **Productividad** _{PPTO} = 5.68m²/HH

Productividad _{23/08/17} = 0.25HH/m² > **Productividad** _{PPTO} = 0.18HH/m²

Medida Mitigante

Es conveniente intentar solucionar directamente las causas que generan la baja productividad y en complemento con la distribución de tiempos no contributorios, proponer una medida mitigante que relacione a los dos. Conocido las tendencias en mudas, se realiza reuniones estratégicas con el fin de optimizar el flujo de procesos. Por medio de un brainstorming se proponen una serie de posibles causas que generan los tiempos muda y así se estructura el diagrama causa – efecto de Ishikawa (figura N° 81):

¹²⁶ Elaboración propia.

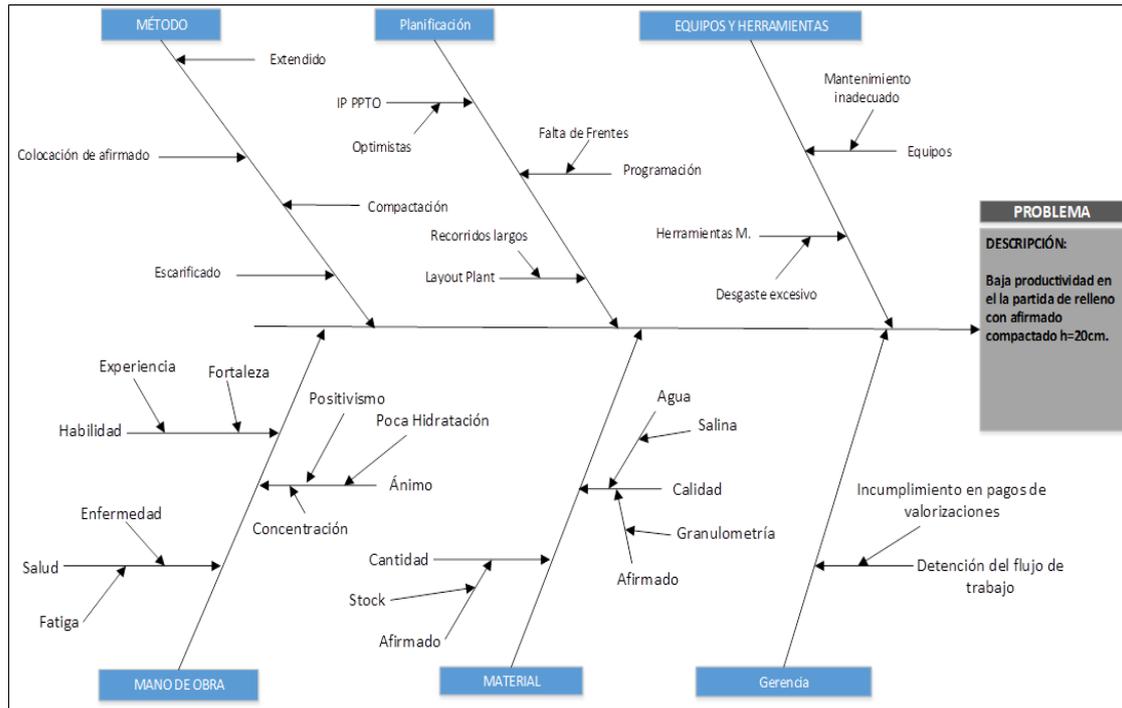


Figura N° 81 Diagrama causa efecto (Ishikawa) - relleno compactado con afirmado. ¹²⁷

Teniendo una visión general de los posibles problemas, se ordenan y valorizan considerando en gran medida las actividades más incidentes en la distribución del tiempo no contributorio, los cuales son “viajes con manos vacías” y “esperas” en orden descendente. Con ello se genera el cuadro valorizado (tabla N° 34):

Tabla N° 34 Posibles causantes de problemas en relleno compactado con afirmado. ¹²⁸

Tipo de falla o defecto	Valoración (1-20)	Total acumulado	% Parcial	% Acumulado
Recorridos largos	20.00	20.00	13.07%	13.07%
Falta de frentes	18.00	38.00	11.76%	24.84%
Poca Experiencia	16.00	54.00	10.46%	35.29%
Stock escaso	15.00	69.00	9.80%	45.10%
IP PPTO muy optimistas	14.00	83.00	9.15%	54.25%
Poca Hidratación	12.00	95.00	7.84%	62.09%
Mantenimiento inadecuado en equipos	11.00	106.00	7.19%	69.28%
Granulometría inadecuada en afirmado	10.00	116.00	6.54%	75.82%
Agua demasiado salinas	9.00	125.00	5.88%	81.70%
Desgaste excesivo en H.M.	8.00	133.00	5.23%	86.93%
Enfermedad en trabajadores	6.00	139.00	3.92%	90.85%
Fatiga en trabajadores	5.00	144.00	3.27%	94.12%
poca concentración	4.00	148.00	2.61%	96.73%
Poco positividad	3.00	151.00	1.96%	98.69%
Incumplimiento en pagos	2.00	153.00	1.31%	100.00%

Y con el cuadro valorizado se realiza el gráfico de Pareto (figura N° 82):

¹²⁷ Elaboración propia en coordinación con equipo de planeamiento Suma Arquitectos.

¹²⁸ Elaboración propia en coordinación con equipo de planeamiento Suma Arquitectos.

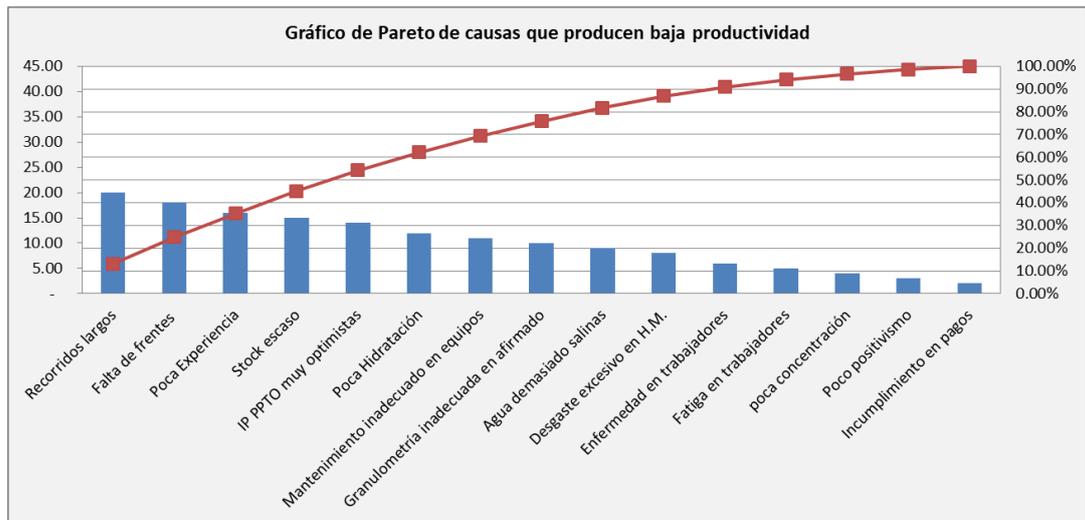


Figura N° 82 Diagrama de Pareto - relleno compactado con afirmado. ¹²⁹

Con el resultado del análisis de la partida de relleno compactado con afirmado se obtiene que el principal causante de la baja productividad, como también el causante de la mayor incidencia en tiempos de “viajes con manos vacías” y por lo tanto dejando en “espera” parcial o totalmente al resto de la cuadrilla, son los recorridos largos.

Cabe resaltar que en obra de diseñó un layout plant inicial (figura N° 83) en la cual se destinó una zona de descarga de agregados en el caso que entren a un estado de espera, inicialmente, quizá fue una buena propuesta ya que descargar el material en otra zona podría haber implicado interrupción parcial o total al avanzar otras partidas como por ejemplo líneas de IIEE o IISS, debido a la cantidad masiva de afirmado, pero, conforme el proyecto avanza se van liberando zonas en la mayoría de áreas destinadas a paisajismo (los cuales no se realizará hasta que Suma Arquitectos acabe con su labor contractual), por lo tanto, en función a las zonas liberadas se debe actualizar el layout plant centrándonos en las descargas, de modo que idealmente, el layout plant actualizado (figura N° 84) para cada zona en función del levantamiento de restricciones, creen un flujo de trabajo en el cual descarguen afirmado directamente en la vía donde se requiera y en el caso que entre a un stock de material, ubicarlo en las zonas de paisajismo liberadas más cercana, con el fin de acortar distancias y minimizar el tiempo más incidente de las mudas.

¹²⁹ Elaboración propia en coordinación con equipo de planeamiento Suma Arquitectos.

LAYOUT PLANT DE DESCARGA

SUMA
ARQUITECTOS

Proyecto: Condominio Oasis Bahía de Paracas

Código: HU01

Ubicación: Urb. El Golf, Paracas

Fecha: 07/08/17

Descripción: Descarga de material granular (afirmado).

LEYENDA

Zona de descarga



Ruta de Distribución



Ruta de descarga



Obras Provisoriales



Zona inaccesible

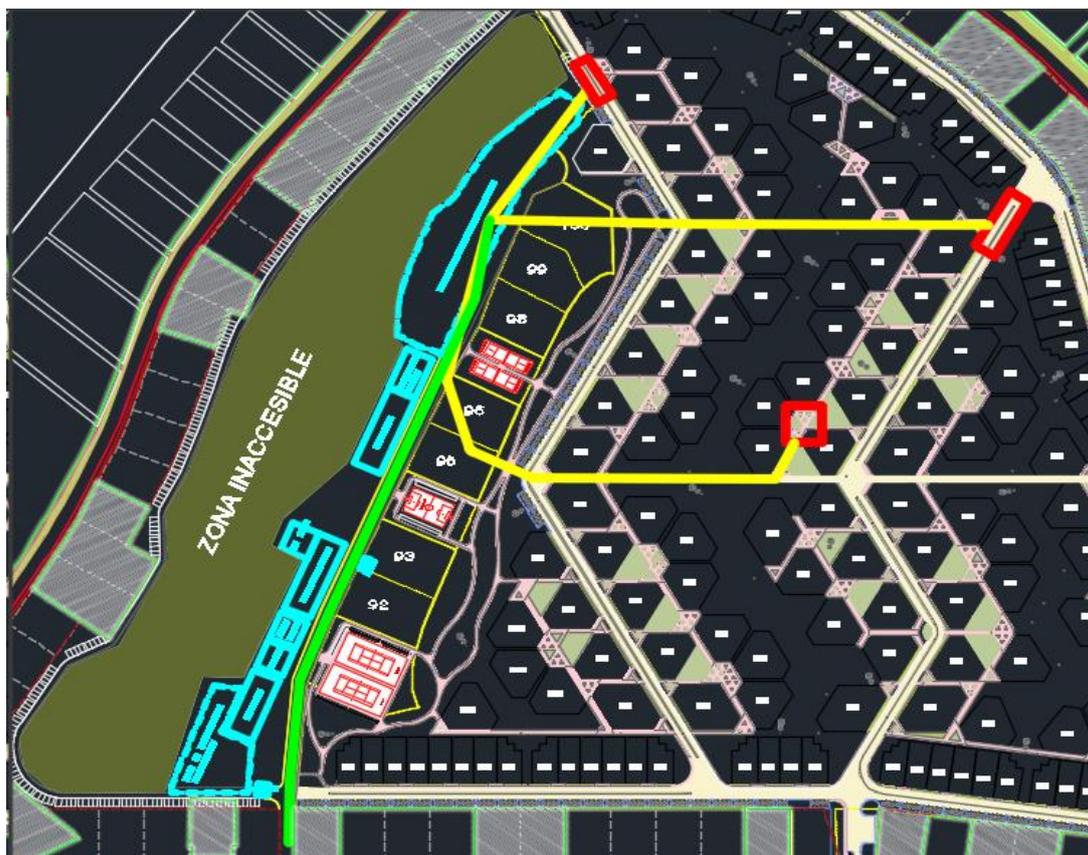


Figura N° 83 Layout plant - descarga de material granular en espera.

130

¹³⁰ Obtenido del equipo de planeamiento Suma Arquitectos.

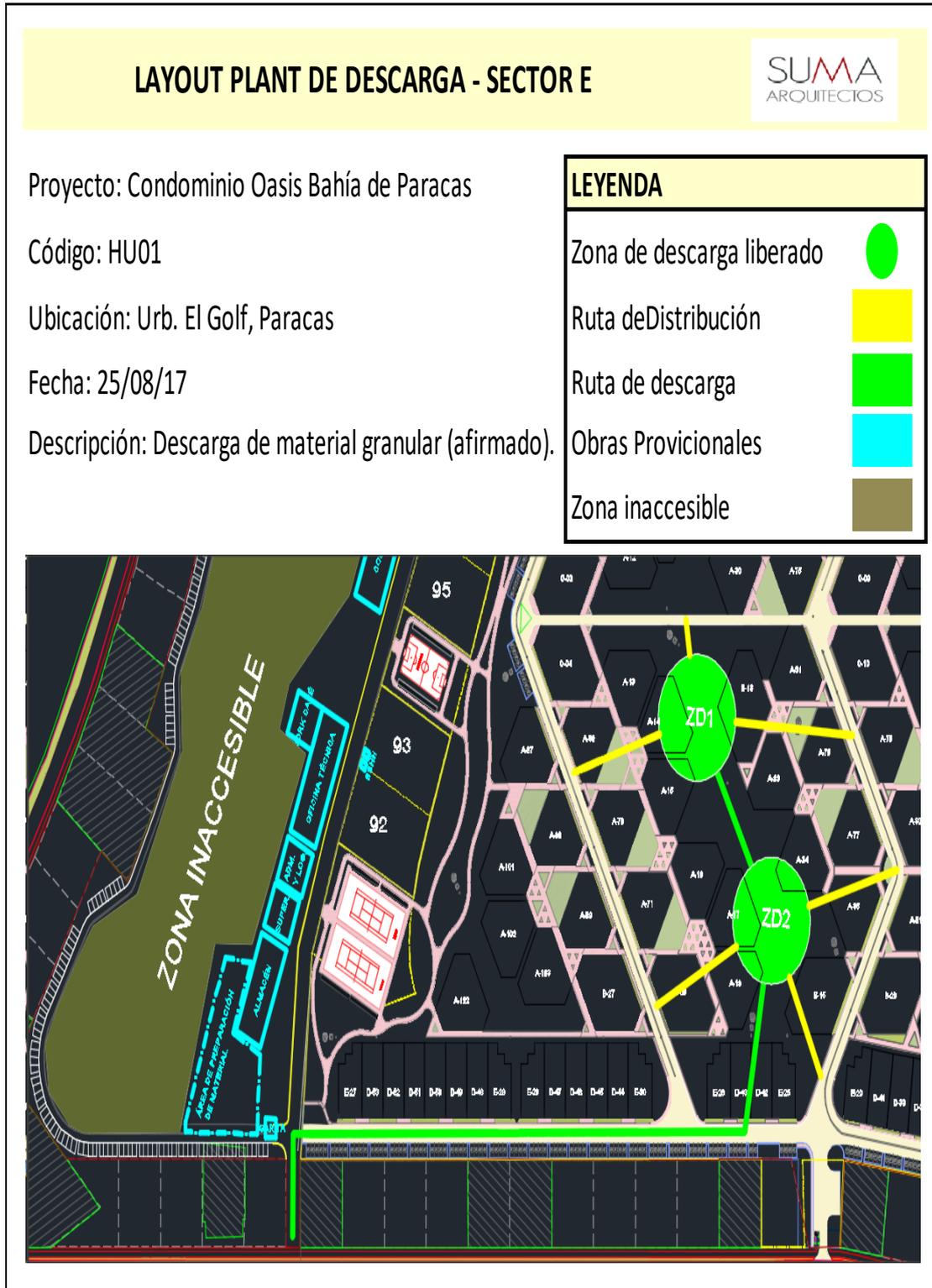


Figura N° 84 Layout plant - descarga de afirmado en función a la liberación de restricciones. ¹³¹

¹³¹ Obtenido del equipo de planeamiento Suma Arquitectos.

Resultado Finales – Carta Balance

El 06 de octubre (Semana 14), una semana antes de terminar con la actividad analizada, se volvió a levantar datos con el fin de evidenciar los resultados de la medida mitigante y se obtuvieron los siguientes resultados:

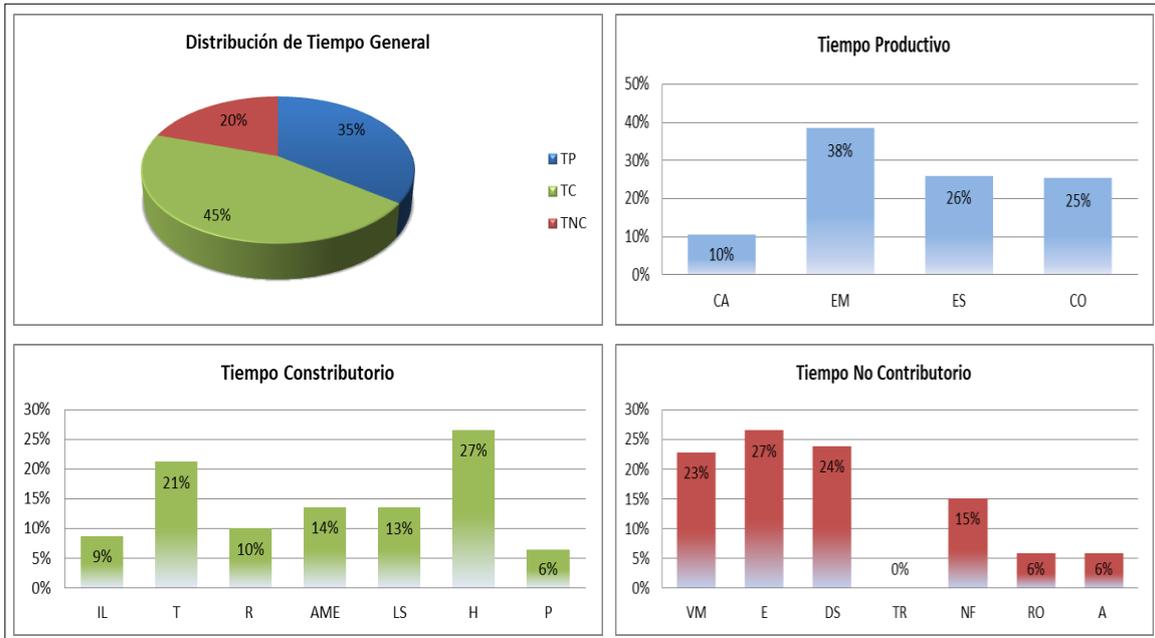


Figura N° 85 Resultados de carta balance - relleno compactado con afirmado. ¹³²

Se puede apreciar un aumento significativo de 9% en tiempos productivos, una disminución de 7% en tiempos no contributorios y una variación aparentemente insignificante de 2% menos en tiempos contributorios, pero debemos recordar que al aumentar los tiempos productivos también aumentan los tiempos contributorios por lo que al haber aumentado positivamente los tiempos productivos y prácticamente mantener casi constante los tiempos contributorios es un logro importante.

También se logra apreciar como el tiempo más incidente (viajes con manos vacías) disminuyó en 14% lo cual es bastante significativo.

¹³² Elaboración propia.

Como consecuencia a la optimización del proceso de relleno compactado con afirmado, se terminó la partida con una productividad incluso mayor a la presupuestada a partir del 18 de setiembre (semana 12).

Productividad $_{19/10/17} = 6.36\text{m}^2/\text{HH} > \text{Productividad}_{\text{PPTO}} = 5.68\text{m}^2/\text{HH}$
Rendimiento $_{19/10/17} = 0.16\text{HH}/\text{m}^2 < \text{Rendimiento}_{\text{PPTO}} = 0.18\text{HH}/\text{m}^2$

Como es lógico al haber estado casi el 50% del tiempo destinado para dicha partida por debajo de la productividad presupuestada, se tuvo que utilizar un buffer de 4 días en la semana 16 y aumentar la jornada a 9 horas diarias (incluyendo sábados) desde el día 29 de setiembre.

A continuación, la curva de rendimiento de la partida analizada (figura N° 86) y la curva del índice de rendimiento de la partida (figura N° 87):

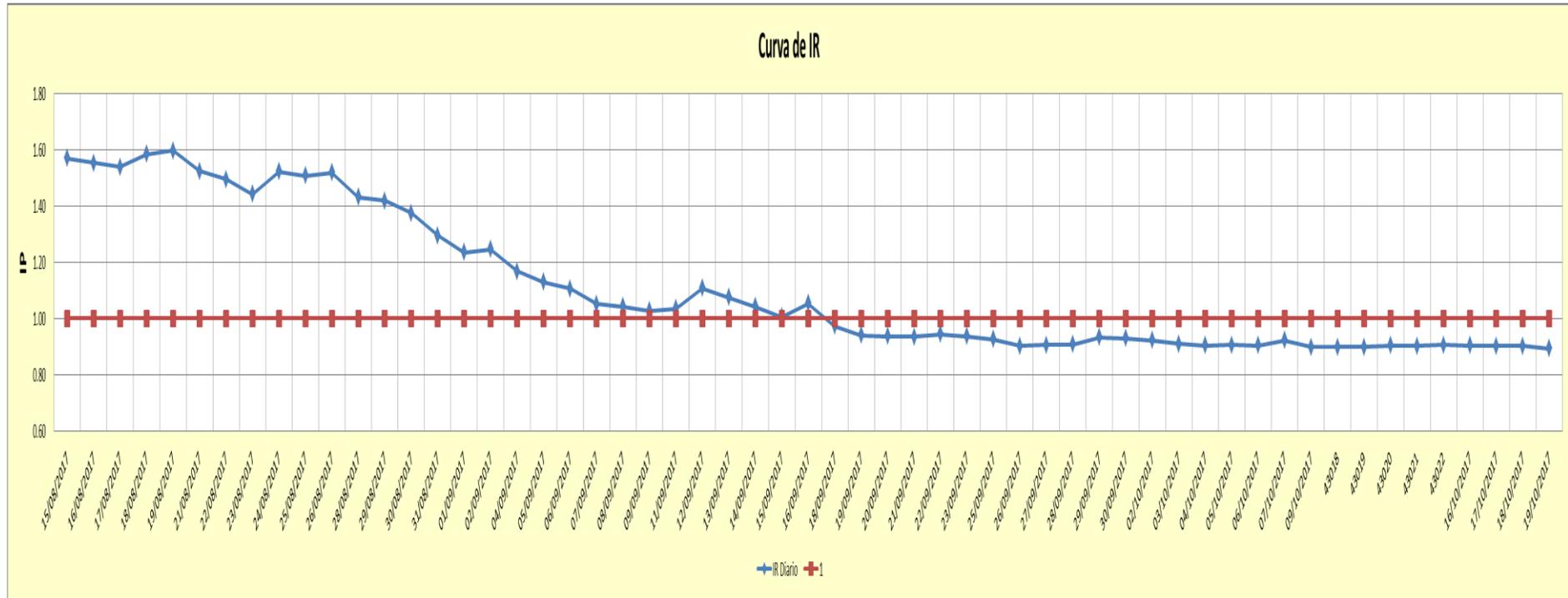


Figura N° 87 Curva IR- relleno compactado con afirmado. ¹³⁴

¹³⁴ Elaboración propia.

A continuación se analizará una partida más que se intentó optimizar pero por practicidad se mostrará solo los gráficos más significativos, pudiendo encontrar el resto en la parte de anexos.

RESULTADOS – ENCOFRADO DE SARDINELES

Proceso constructivo

Esta partida consiste en encofrar o instalar moldes de madera de las dimensiones adecuadas con el fin de dejar fijo el encofrado y soportar la presión de la mezcla de concreto al ser vaciada además de los posibles golpes que pueda recibir durante el proceso constructivo de vaciado.



Figura N° 88 Encofrado de sardineles en veredas.¹³⁵

En esta partida se debe encofrar 16,723 metros lineales con 35cm de alto y por los dos lados, lo cual es una tarea bastante repetitiva pero solo aparentemente ya que debido a la geometría curva de las veredas trae consigo una segmentación de las tablas de madera con el fin de simular la curva, pero esto debe ser después de haber utilizado las tablas, el número de veces que se haya planificado.

Cabe resaltar que en el análisis de precios unitarios se calculó el encofrado por metro lineal por mayor practicidad.

¹³⁵ Foto tomada en obra.

Datos Generales – Carta Balance

Se definió y se agrupó las actividades según el tipo de tiempo que generan, al igual que se eligió a una cuadrilla aleatoriamente para realizar el levantamiento de información (tabla N° 35), para el caso de esta partida, se seleccionó a dos cuadrillas, debido a que la cuadrilla está compuesto por tan solo dos personas (1Ope + 1Pe):

Tabla N° 35 Identificación de cuadrilla y clasificación de actividades. ¹³⁶

Item	Descripción de Trabajos	Símbolo	Formulación	
1.0	Trabajo Productivo	TP	TP	CE+NF+CS
1.1	Colocación de encofrado	CE	TC	IL+T+R+LS+A+D+PM
1.2	Nivelado	N	TNC	VM+E+DS+TR+NF+RO
1.3	Colocación de soportes	CS		
2.0	Trabajo Contributorio	TC		
2.1	Instrucciones / lectura de plano	IL	Cargo	Nombre y Apellido
2.3	Transporte de material o herramientas	T	Ope1	José Yataco
2.4	Replanteo	R	Ope2	Fernando Saavedra
2.5	Limpieza y seguridad	LS	Pe1	Jhon Quispe
2.6	Amarrado	A	Pe2	Victor Vargas
2.7	desencofrado	D		
2.8	Preparación de material	PM		
3.0	Trabajos No Contributorio	TNC		
3.1	Viajes con manos vacías	VM		
3.2	Esperas	E		
3.3	Descansos	DS		
3.4	Trabajos rehechos	TR		
3.5	Necesidades fisiológicas	NF		
3.6	Reuniones en oficina técnica	RO		

Resultados Iniciales – Carta Balance

Se realizaron las 400 mediciones a la cuadrilla seleccionada, el día 10 de octubre (semana 15) y se obtuvieron los siguientes resultados.

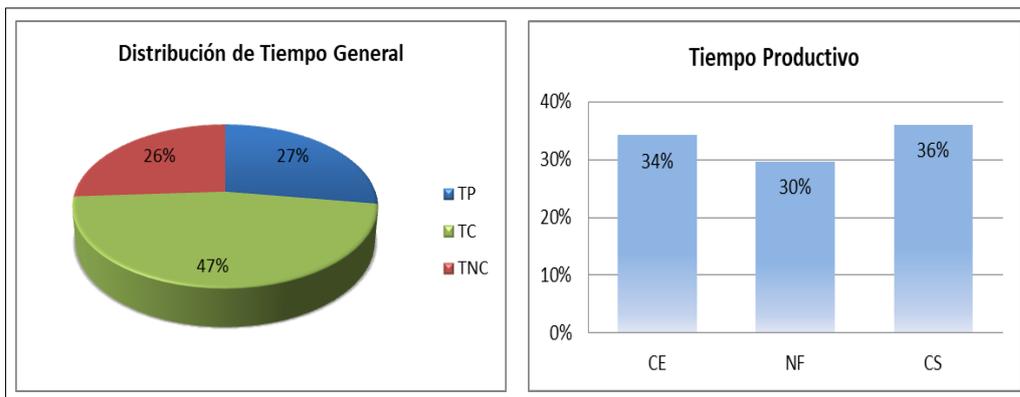


Figura N° 89 Distribución de tiempos - encofrado de sardineles (1 de 2). ¹³⁷

¹³⁶ Elaboración propia.

¹³⁷ Elaboración propia.

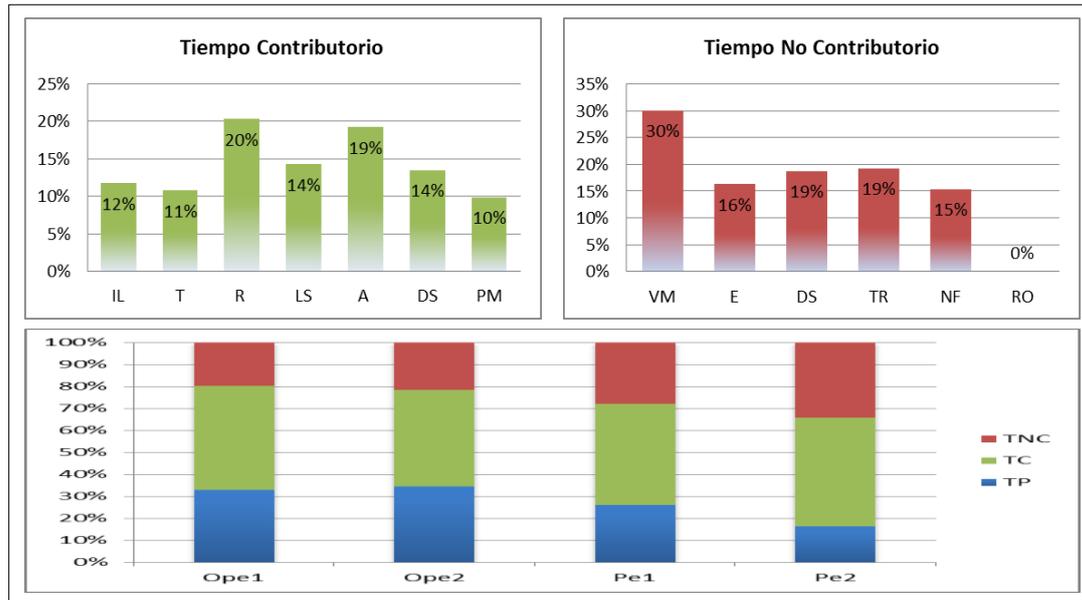


Figura N° 90 Distribución de tiempos - encofrado de sardinel (2 de 2).¹³⁸

Se aprecia que casi un 50% del tiempo dedicado para encofrar los sardineles se destinan a actividades que no generan valor en sí (TC) y casi el mismo tiempo que utilizamos en tiempos que si generan valor (TP) se utiliza en tiempos totalmente perdidos (TNC), por lo que hay mucho por optimizar en este flujo de procesos.

Por otra parte, la productividad hallada no se iguala con la presupuestada, lo cual es una consecuencia de la mala distribución de tiempos en el proceso constructivo.

Productividad $_{10/10/17} = 0.98\text{m/HH} < \text{Productividad}_{\text{PPTO}} = 1.12\text{m/HH}$

Rendimiento $_{10/10/17} = 1.03\text{HH/m} > \text{Rendimiento}_{\text{PPTO}} = 0.89\text{HH/m}$

Medida Mitigante

Después de realizar un proceso análogo a las causas posibles del bajo rendimiento y mala distribución de tiempo, se hace evidente una marcada tendencia de distribución en los tiempos no contributorios, siendo liderados estos por los viajes con manos vacías, eso quiere decir que gastan una cantidad considerable de tiempo, transportando la materiales y herramientas, en este caso, madera para el encofrado. A diferencia de la partida anterior, era más sencilla la solución ya que se podía dejar el material en lugares estratégicos ignorando el efecto de erosión climático ya que el

¹³⁸ Elaboración propia.

material de afirmado es incomparablemente más resistente que la madera a la erosión en el contexto climático pisqueño. En el caso de la madera, es necesario mantenerla protegida del sol y la brisa, ya que esto genera un estado de gran resequead dando como resultado alabeos y desgastes excesivos en la madera generando la inutilización de estos (mudas). Por lo que crear pequeños almacenes para maderas en lugares estratégicos generaría gastar más recursos de lo presupuestado por lo que se opta por agilizar el transporte con un vehículo menor, motocargas (figura N° 91).



Figura N° 91 Foto de motocarga. ¹³⁹

Se implementaron 2 motocargas a la disposición de las cuadrillas de encofrado prioritariamente, además de poder ser utilizado por cualquier otra partida si no se encontrase en uso.

Resultados Finales – Carta Balance

Se realizó el levantamiento final de datos el 22 de noviembre (semana 21), para poder conocer el impacto de la medida mitigante en la partida (figura N° 92 y 93):

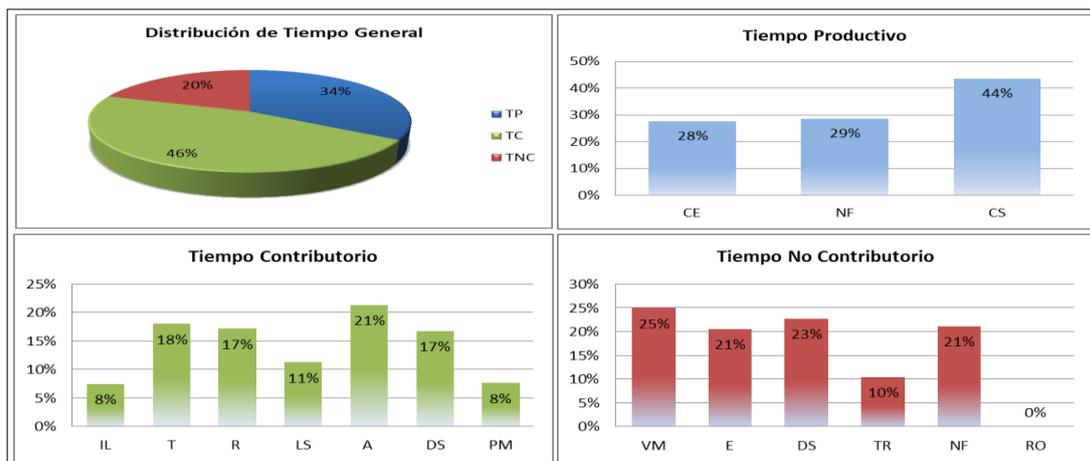


Figura N° 92 Distribución de tiempo - encofrado de sardinel. ¹⁴⁰

¹³⁹ Fuente propia.

¹⁴⁰ Elaboración propia.

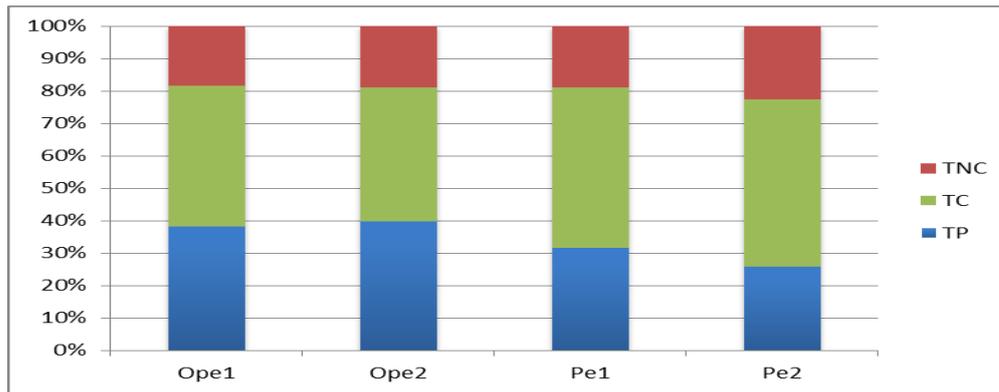


Figura N° 93 distribución individual de tiempo - encofrado de sardinel. ¹⁴¹

Se aprecia un aumento de 7% en tiempos productivos, una disminución del 6% en tiempos no contributorios, y una disminución de 1% en tiempos no contributorios. Analizando los tiempos no contributorios vemos como la actividad de “viajes con manos vacías” ha disminuido tan solo 5% además de haber aumentado los tiempos de “espera” en un 5%, pero sin embargo ha impactado en los tiempos productivos en 7% y esto es debido a que las personas encargadas de realizar las movilizaciones en motocarga eventualmente dejará a una cantidad de trabajadores esperando sea por material o herramientas pero la capacidad de la motocarga trae materiales suficientes como para que las cuadrillas trabajen una mayor cantidad de tiempo y le permita traer más antes de que las cuadrillas terminen de utilizar el material que ya se le fue entregado.

Como consecuencia de la optimización del proceso constructivo y probablemente también por la naturaleza de la curva de aprendizaje, la productividad se elevó eventualmente generando picos pero no fue constante, debido a que se avanzó con los tramos rectos primero y se dejó los tramos curvos para el final, ya que haciendo eso se podían sacrificar las tablas en tamaños más pequeños simulando las curvas necesarias.

Productividad máx _{02/11/17} = 1.18m/HH > **Productividad** _{PPTO} = 1.12m/HH

Rendimiento máx _{02/11/17} = 0.85HH/m < **Rendimiento** _{PPTO} = 0.89HH/m

A continuación el gráfico de rendimiento (figura N° 94) a lo largo de la ejecución de toda la partida, al igual que el gráfico de IR (figura N°95).

La base de datos de rendimientos se encuentra en la parte de anexos.

¹⁴¹ Elaboración propia.

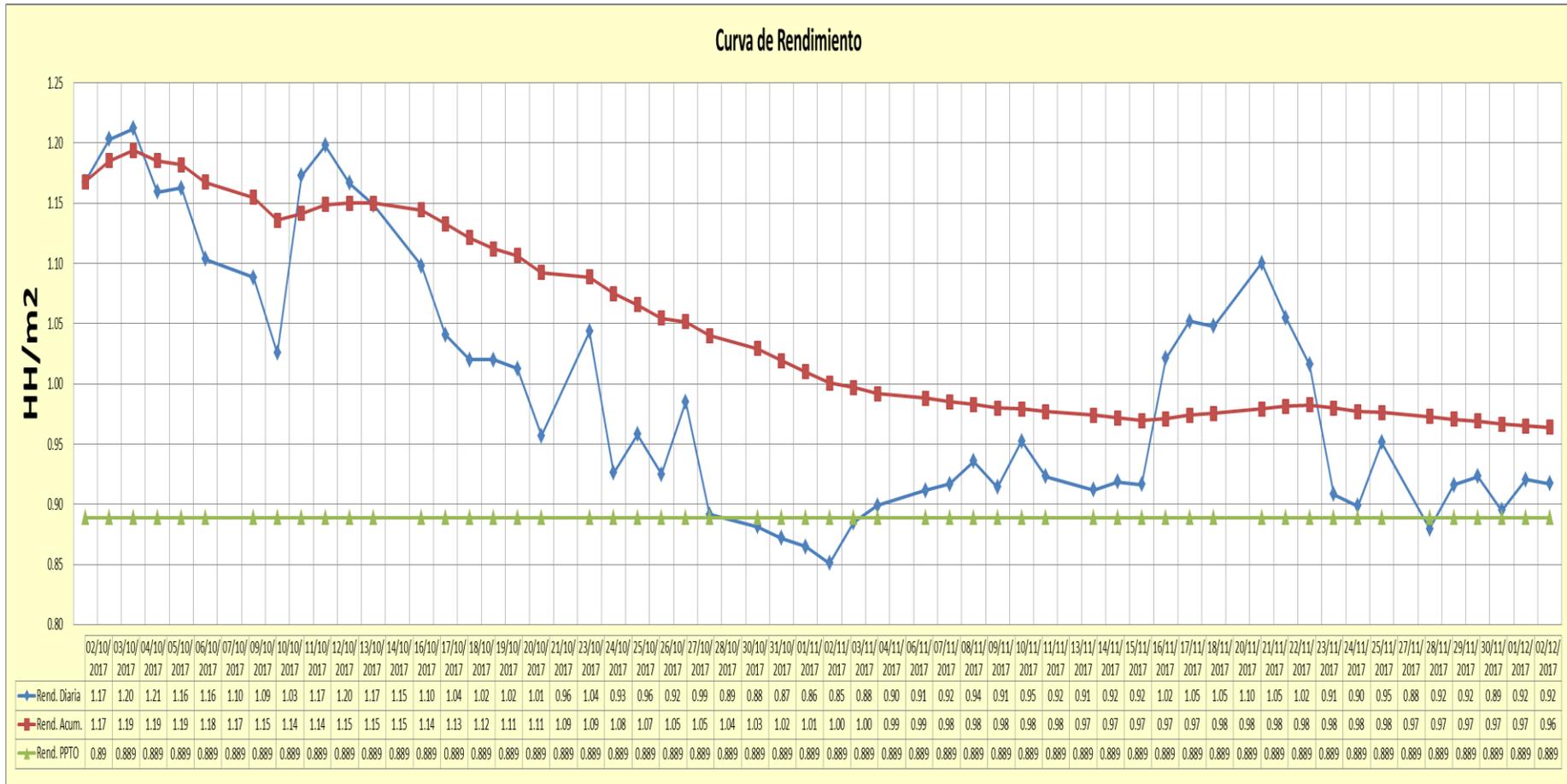


Figura N° 94 Curva de rendimiento - encofrado de sardinel.

142

¹⁴² Elaboración propia.

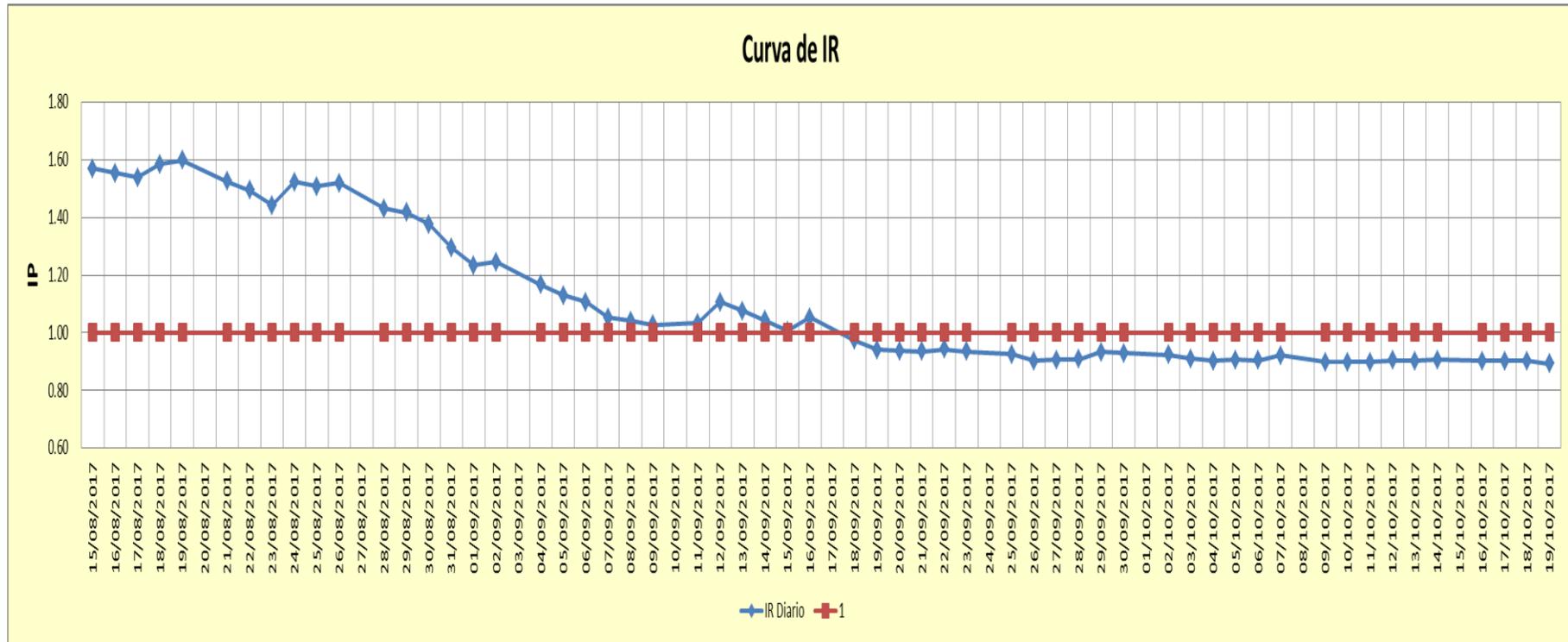


Figura N° 95 Curva IR - encofrado de sardinel.

143

¹⁴³ Elaboración propia.

6.3 ANÁLISIS DE COSTO – TIEMPO (VALOR GANADO)

Al final de la realización del seguimiento diario del proyecto por medio del método del Valor Ganado se puede visualizar en forma completa el comportamiento tanto en costos como en desempeño del cronograma a lo largo de todo el proyecto, y lo más importante, si es que se obtuvo ahorros o pérdidas al durante y en la culminación.

En la tabla N° 36 siguiente se observa el control que se realizó en semana 7, 14, 21, 26 (semana en donde se debió haber culminado el proyecto) y la semana 28, semana de culminación:

Tabla N° 36 Resultado de valor ganado en proyecto COBP. ¹⁴⁴

CONTROL COSTO - TIEMPO					
	Sem7	Sem14	Sem21	Sem26	Sem28
PV Acum.	S/ 1,764,176.14	S/ 5,049,732.19	S/ 7,879,692.15	S/ 8,147,026.73	
EV	S/ 1,601,298.47	S/ 4,658,861.97	S/ 7,759,199.23	S/ 8,140,995.89	S/ 8,147,026.73
AC	S/ 1,561,720.88	S/ 4,522,642.74	S/ 7,510,614.68	S/ 7,876,445.12	S/ 7,880,746.82
SV	S/ -162,877.67	S/ -390,870.22	S/ -120,492.92	S/ -6,030.84	S/ -
CV	S/ 39,577.59	S/ 136,219.23	S/ 248,584.55	S/ 264,550.77	S/ 266,279.91
SPI	0.91	0.92	0.98	1.00	1.00
CPI	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
BAC	S/ 8,147,026.73				
ETC	S/ 6,383,944.48	S/ 3,386,175.23	S/ 375,402.52	S/ 5,834.86	S/ 0.00
EAC	S/ 7,945,665.36	S/ 7,908,817.97	S/ 7,886,017.20	S/ 7,882,279.98	S/ 7,880,746.82
VAC	S/ 201,361.37	S/ 238,208.76	S/ 261,009.53	S/ 264,746.75	S/ 266,279.91

Se puede apreciar de la tabla N° 36 la evolución del proyecto a lo largo de las 28 semanas, se aprecia que desde la semana 7 ya se encontraba ahorros (+CV) que fueron incrementándose hasta la semana 28 al monto de S/. 266,279.91. Este beneficioso ahorro se logró gracias al autoalquiler del patrimonio de la constructora en equipos (1 retroexcavadora, 1 rodillo liso vibratorio autopropulsado, 1 volquete de 15 m³ y 2 mezcladoras), ello sumado a que prácticamente el movimiento de tierra es necesario para realizar todas las actividades de habilitación urbana fueron los factores relevantes para generar dicho ahorro; por otra parte, con respecto al tiempo nos encontramos retrasados desde el primer control hasta la fecha supuesta de culminación (semana 26). A continuación la curva de valor ganado obtenida al final del proyecto, figura N°96:

¹⁴⁴ Datos obtenidos del control de obra de Suma Arquitectos.

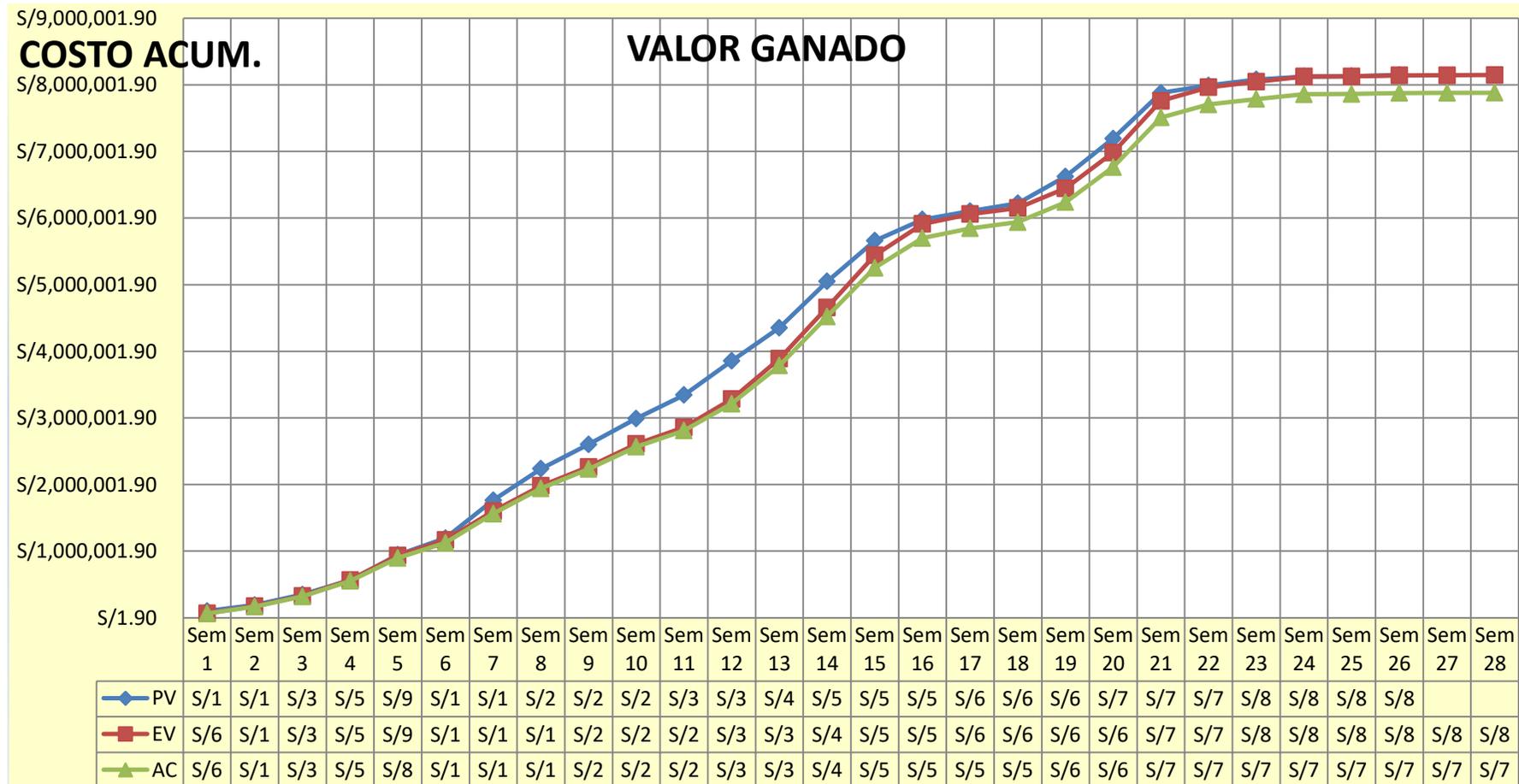


Figura N° 96 valor ganado del proyecto COBP.¹⁴⁵

¹⁴⁵ Obtenido de datos de control por Suma Arquitectos.

6.4 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD (%PPC)

Para hallar los resultados del análisis de confiabilidad formamos una tabla con la base de datos que se va formando con los análisis de cumplimiento semanales que está adjunto al formato de look ahead planning y con ello ordenamos los índices de confiabilidad o PPCs como se aprecia en la tabla N° 37, obteniendo PPC semanales y acumulados para luego graficarlos juntos y poder visualizar la tendencia del PPC y si esta se encuentra en los rangos aceptables.

Tabla N° 37 Análisis de confiabilidad.¹⁴⁶

		ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD					
		TAREAS PROGRAMADAS		TAREAS REALIZADAS		PPC	
MES	SEMANA	SEMANAL	ACUMULADO	SEMANAL	ACUMULADO	SEMANAL	ACUMULADO
03-Jul-17	Semana1	18	18	11	11	61%	61%
	Semana2	17	35	11	22	65%	63%
	Semana3	14	49	10	32	71%	65%
	Semana4	10	59	7	39	70%	66%
01-Ago-17	Semana5	28	87	17	56	61%	64%
	Semana6	18	105	12	68	67%	65%
	Semana7	21	126	14	82	67%	65%
	Semana8	16	142	11	93	69%	65%
	Semana9	15	157	10	103	67%	66%
01-Set-17	Semana10	9	166	6	109	67%	66%
	Semana11	7	173	5	114	71%	66%
	Semana12	16	189	10	124	63%	66%
	Semana13	19	208	13	137	68%	66%
01-Oct-17	Semana14	23	231	17	154	74%	67%
	Semana15	26	257	19	173	73%	67%
	Semana16	18	275	13	186	72%	68%
	Semana17	13	288	9	195	69%	68%
01-Nov-17	Semana18	12	300	8	203	67%	68%
	Semana19	10	310	7	210	70%	68%
	Semana20	8	318	5	215	63%	68%
	Semana21	8	326	5	220	63%	67%
	Semana22	6	332	4	224	67%	67%
01-Dic-17	Semana23	3	335	2	226	67%	67%
	Semana24	3	338	2	228	67%	67%
	Semana25	4	342	3	231	75%	68%
	Semana26	3	345	2	233	67%	68%
01-Ene-18	Semana27	3	348	2	235	67%	68%

En la figura N° 97 se aprecia la información gráfica que el análisis de confiabilidad (tabla N° 39) refleja:

¹⁴⁶ Elaboración propia en coordinación con equipo de obra.

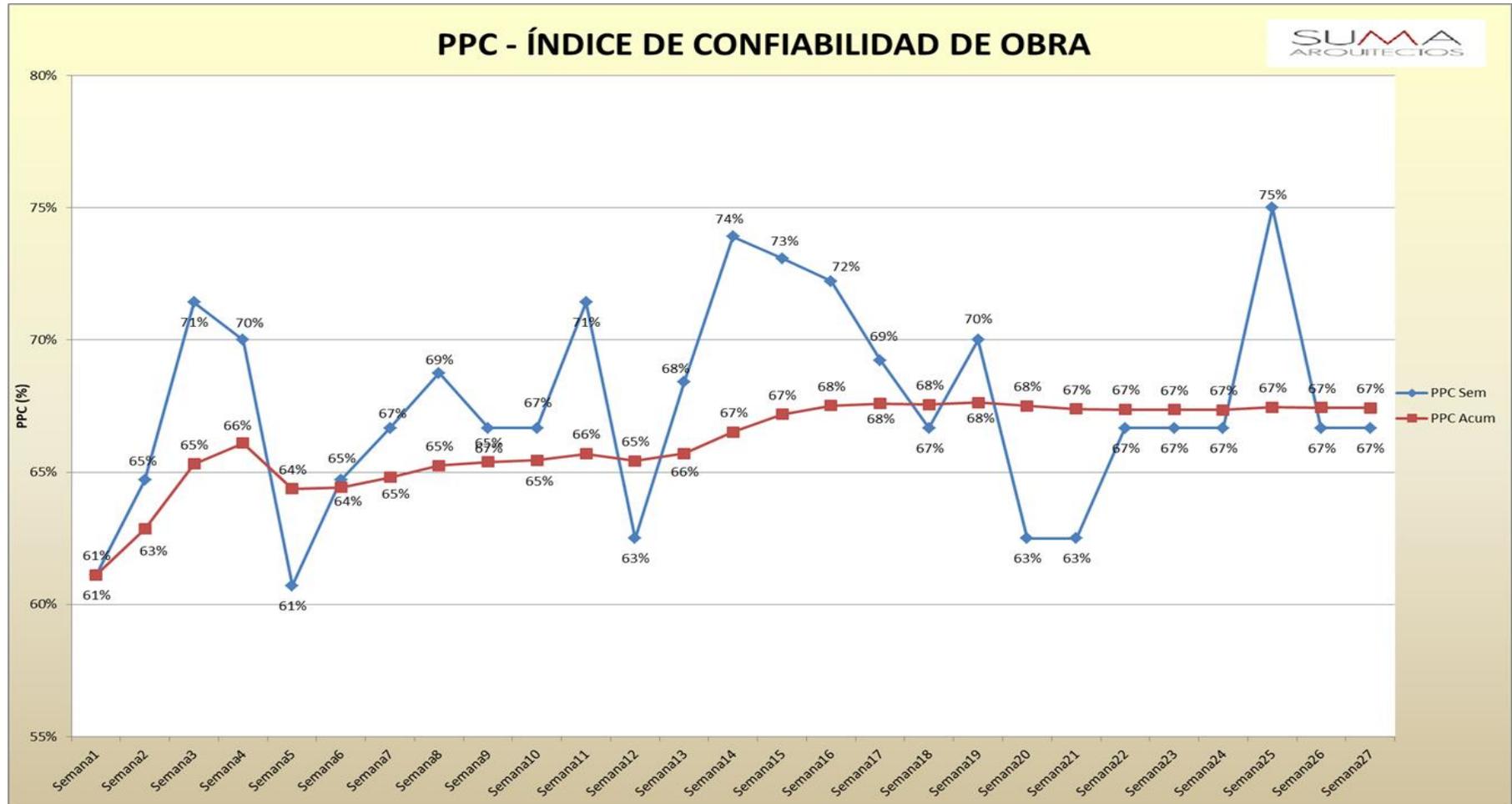


Figura N° 97 Gráfico de índice de confiabilidad en proyecto COBP.

147

¹⁴⁷ Elaboración propia.

Glenn Ballard decía que generalmente un tercio de las tareas programadas en una semana no se cumplen, por lo tanto, si aplicamos su teoría a las actividades de una programación, por lo general dos de tres actividades se cumplirían y esto sería $2/3$ o 67% de las actividades, por lo tanto, podemos basarnos en el resultado de su estudio para afirmar que se puede tomar referencialmente como un margen aceptable un PPC de 67%.

Podemos apreciar de la figura N° 97, que el PPC semanal es bastante variable y esto tiene origen en que el análisis de confiabilidad mostrada es global incluyendo la gran cantidad de actividades de diferentes especialidades que se realizan simultáneamente y eso conlleva que no se pueda apreciar un mejoramiento progresivo debido a la curva de aprendizaje como en otros proyectos, sin embargo, en el PPC acumulado si se puede observar un aumento progresivo del PPC por el efecto de la curva de aprendizaje que se genera independientemente en cada especialidad.

Como se mencionó con anterioridad se está considerando al 67% de PPC como un estándar aceptable según los estudios de Glenn Ballard, convenientemente los PPCs semanales oscilan entre este valor estando el 74.07% de las semanas, igual o mayor a al 67% de PPC. Con respecto al PPC acumulado fue creciendo progresivamente hasta superar el 67% de PPC acumulado en un 51.85% de las semanas, lo cual nos indica que la confiabilidad de la programación está por encima del estándar en la mayoría de semanas del proyecto.

Debemos tomar en cuenta un punto muy importante con respecto a la calibración de la cantidad de actividades que se programan semanalmente, se logra apreciar en la figura N° 103, que existen picos altos como el 75% de PPC semanal, lo cual no necesariamente indique que la programación sea efectiva ya que podría caerse en el error de programar una cantidad de actividades inadecuada programando menos actividades de las que el equipo de producción pueda realizar, pudiéndose generar teóricamente, un 100% de PPC. De manera análoga puede ocurrir con una programación muy exigente e irreal que podría causar problemas contractuales con respecto al incumplimiento de los plazos.

Adicionalmente, para contar con una tendencia de incidencias globales con respecto a las causas de incumplimiento de las actividades programadas, en otras palabras, para conocer donde se está fallando y por lo tanto, se genera la mayor cantidad de causas de incumplimiento, debemos de realizar un análisis global de la totalidad de las semanas al finalizar el proyecto.

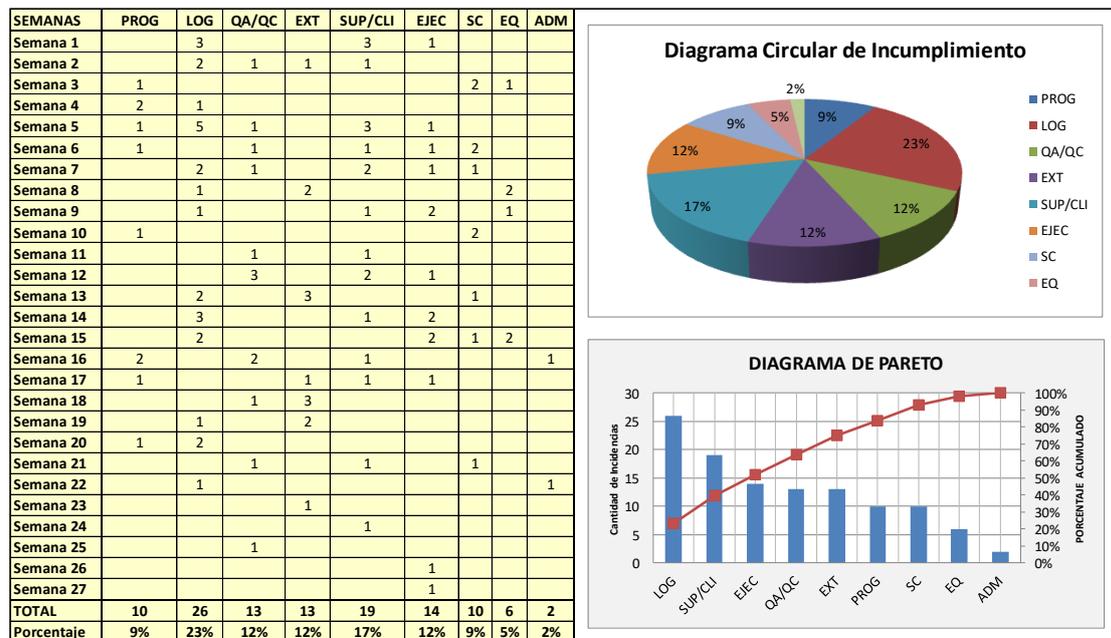


Figura N° 98 Panel de Análisis de Causas de Incumplimientos. 148

Se aprecia de la figura N° 98 que la causa más reincidente y que podría impactar positivamente si se erradicara, serían los problemas logísticos, y esto se debe principalmente a que muchas veces durante el proyecto se recurría a proveedores locales que generalmente son empresas pequeñas con stock limitado sea tanto en materiales como en equipos, por lo que reiteradas veces se utilizó materiales y/o equipos provenientes de Ica, a pesar de representar un mayor costo para la empresa pero a su vez menor costo que conseguirlo de cualquier otro destino.

6.5 MEJORA CONTINUA – LECCIONES APRENDIDAS

Lean Construction a través de sus métodos y herramientas busca la mejora de la producción aumentando el valor del producto minimizando los desperdicios, esta filosofía no hubiera sido posible sin uno de los pilares fundamentales del TPS, Kaizen,

¹⁴⁸ Elaboración propia, con datos de Suma Arquitectos.

el cual es un proceso de mejora continua que muchas veces se resume a ciclos en el cual se aprende de los errores o en el mejor de los casos se busca mejorar lo que ya está bien.

En el proyecto Oasis se utilizó un formato de lecciones aprendidas, en el cual se enumera cada incidente, producto no conforme, en general problemas que hayan surgido en la obra con el fin de llevar un control de problemas así como de las medidas correctivas y recomendaciones.

Con la herramienta lecciones la empresa constructora se beneficia enormemente ya que quedará en su base de datos y experiencia para poder consolidarse cada vez más como una empresa competitiva en la región Ica contando como fortaleza principal las experiencias obtenidas (lecciones aprendidas).

LECCIONES APRENDIDAS (pág 3)						
PROYECTO: CONDOMINIO OASIS BAHÍA DE PARACAS						
CÓDIGO: HU01 UBICACIÓN: URB. EL GOLF, PISCO PARACAS						
ITEM	PARTIDA	FECHA	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS CORRECTIVAS	RECOMENDACIÓN	FOTOGRAFÍA
18	Sardinel en veredas	30/11/2017	Deterioro en empalme sardinel-sardinel	Resane de los sardineles observados como productos no conformes	Realizar los resanes despues de lla instalación de adoquines, debido al tránsito inminente de vehículos y personas	
19	Obras preliminares	03/12/2017	Quiñaduras en las esquinas de las placas superiores del cerco prefabricado	Se adaptó escalones a los andamios con el fin de disminuir el riesgo de mala manipulación	Utilizar esta adaptación desde el principio	
20	Obras preliminares	07/12/2017	Manchas de pintura en adoquines	Al no salir dichas manchas, se opta por cambiar los adoquines	Limitar el tránsito de trabajadores a los sectores donde realizan sus tareas diarias	
21	Todas	08/12/2017	Basura en áreas de trabajo	Respetar la metodologia japonesa 5S, "seiso" limpiar el ambiente de trabajo	concientizar a los trabajadores sobre el tema y establecer puntos de acopio.	

Figura N° 99 Lecciones aprendidas a calidad y procesos constructivos. 149

¹⁴⁹ Obtenido de equipo de obra Suma Arquitectos.

6.6 RESULTADO GERENCIALES

Los resultados gerenciales son un conjunto de parámetros reales (costo directo real, plazo real, utilidades reales, gastos generales reales) obtenido al finalizar el proyecto, los cuales al ser comparados con esos mismos parámetros pero del presupuesto ofertado inicial, nos dan indicadores de ganancia monetaria al igual que el reflejo de buena o mala gestión de obra en general.

Resultados de Presupuesto

El presupuesto real al finalizar el proyecto varía con respecto al presupuesto base debido a la optimización de procesos reflejando un ahorro en las partidas, al igual que al simular auto alquileres de maquinarias y herramientas manuales, las cuales son suministrados por Suma Arquitectos S.A.C. generando ahorro y a su vez utilidades para la constructora.

$$\frac{\text{PPTO real(CD)}}{\text{PPTO base(CD)}} = \frac{\text{S/. } 7'880,746.82}{\text{S/. } 8'147,026.73} = 0.967$$

Resultados de Plazo

Se consideró un plazo contractual preliminar de 180 días calendarios (6 meses), los cuales resultaron ser en realidad 185 (al realizar el conteo oficial de días). Desafortunadamente la etapa de levantamiento de observaciones duró más de lo esperado (a causa de la supervisión externa) por lo que se obtuvo un plazo real de 198 días calendarios.

$$\frac{\text{Plazo real}}{\text{Plazo base}} = \frac{198\text{dc}}{185\text{dc}} = 1.07$$

Resultados de Gastos Generales

Los gastos generales son parte de los costos indirectos de la obra, el cual, la empresa Suma Arquitectos ya tiene un valor definido en función al costo proveniente de su actividad empresarial y al volumen de contratación que dicha constructora percibe

anualmente, con ello la empresa utilizó un porcentaje de gastos generales de 5.8% (el cual incluye los gastos generales fijos y variables).

Del resultado de plazo real, notamos que existe una diferencia de 13 días calendarios, lo que laboralmente hablando cuenta como una quincena de trabajo, por lo que se adiciona la proporción correspondiente de los gastos generales variables ya que estos dependen del tiempo, en este caso, una quincena más de trabajo para algunas personas relevantes que aún siguen participando del proyecto.

Finalmente se obtienen los siguientes resultados:

$$\frac{\text{GG real}}{\text{GG base}} = \frac{\text{S/. 473,420.82}}{\text{S/. 472,527.55}} = 1.002$$

Resultados de Utilidad

La utilidad es un porcentaje del costo directo el cual será percibido por la empresa constructora, en el caso de la constructora Suma Arquitectos utilizaron una utilidad del 9.2% del costo directo, por lo cual para hallar la utilidad real debemos aplicar dicho porcentaje al costo directo real, adicionarle el las utilidades por auto alquileres de equipos y herramientas y restarle el exceso de gastos generales reales con respecto al gasto general base, obteniendo como resultado:

$$\frac{\text{U real}}{\text{U base}} = \frac{\text{S/. 1'014,913.10}}{\text{S/. 749,526.46}} = 1.354$$

Ventaja de Programación Lean vs Programación Clásica

Ya se ha mencionado las características de un sistema clásico tanto en la gestión de un proyecto como en su programación. El sistema clásico se basa en priorizar el camino crítico, lo cual deja holuras en el resto de actividades que termina resultando, generalmente, un aumento de variabilidad del proyecto al dejar la ejecución de las tareas tan tarde como sea posible (ALAP), adicionalmente la programación clásica deja un vacío con respecto a si una actividad debería, se puede o si se hará debido a que predomina el sistema de empuje o push, en donde la prioridad es avanzar sin

prevenir por ejemplo la falta de espacio al almacenar demasiado inventario, dejar productos a medias debido a que el siguiente proceso no puede ser realizado por alguna restricción previa no prevista, entre una infinidad de casos negativos que podría presentarse.

A diferencia de la programación clásica y la poca confiabilidad que existe en el cumplimiento de lo programado, la programación Lean cuenta con varios niveles de programación en donde se descompone el programa y se logra visualizar mejor las restricciones, restricciones que serán levantadas por medio de un filtro en la etapa de programación intermedia o look ahead planning, el análisis de restricciones.

La programación Lean es sumamente ventajoso a comparación de la programación clásica, porque utiliza un sistema totalmente contrario al sistema de clásico, la programación Lean utiliza el sistema de jale o pull, en el cual las actividades aguas abajo solicitan producción de las actividades aguas arriba, que al complementarse con los niveles de la programación last planner system y el filtro de restricciones, se obtiene como resultado, una programación mucho más confiable gracias al flujo de trabajo continuo generado y al compromiso de cada integrante del equipo, características propias de la filosofía Lean Construction.

Una ventaja importante en la programación Lean es que trabaja con hitos en vez de una programación estricta como la clásica, en la cual el retraso de una actividad puede traer como consecuencia atrasos en toda la obra (si es que el atraso se dio en la ruta crítica). En la programación Lean no existe una actividad crítica propiamente dicha, debido a que todas las actividades tienen la misma importancia, por lo que teóricamente, nunca se entrará a un estado de "atraso" siempre que haya tareas libre de restricciones y se cumplan los hitos planteados.

CONCLUSIONES

1. Como conclusión general, no se logró culminar el proyecto según lo programado ya que se realizó en 152 días útiles, lo cual supero en 2 días al tiempo más pesimista destinado para dicha labor (150 días útiles); pero cabe resaltar, que cada herramienta Lean utilizada, proceso optimizado, compromiso del equipo técnico y de la integración con los involucrados, evitaron un retraso mayor, lo cual no es digno de presumir, pero sí de mencionar, ya que se logró asegurar a nivel de costo y calidad el producto para los usuarios finales. A pesar de no haber cumplido con el requerimiento temporal se puede afirmar que al utilizar Lean Construction se disminuyó desperdicios, generó menores costos y se evitó mayores tiempos de ejecución, por lo tanto, se puede emplear para proyectos similares.
2. Se logró implementar por primera vez en la historia de la constructora Suma Arquitectos el sistema del último planificador en la planificación, programación, ejecución y control del proyecto (lo cual era un objetivo específico de la presente tesis); obteniendo un índice de confiabilidad igual y/o mayor al estándar de 67% (planteado por Glenn Ballard), en un 74.04% del tiempo en el cual se ejecutó el proyecto.
3. Se evidenció pruebas factibles de mejora continua en la constructora a nivel de procesos constructivos, por medio de las herramientas lean: cartas balance, brain storming, Ishikawa, principios de Pareto, entre otros. Obteniéndose mejoras en la productividad y distribución de tiempos (TP, TC y TNC) en todos los procesos estratégicamente seleccionados (partidas relevantes que impactan en el presupuesto y plazos). Adicionalmente, también se evidencia la mejora continua a nivel de calidad y normas de trabajo por medio de la documentación acumulada de lecciones aprendidas.
4. Se puede realizar un control del cronograma más óptimo por medio de la complementación del SPI y el PPC, dando el SPI el desempeño del tiempo consumido con respecto al programado tendiendo cada vez más a 1 conforme más se parece lo ejecutado a lo programado; y por otra parte el PPC brindándonos valores de confiabilidad que responden a la pregunta ¿qué tanto pudo anticipar lo

planificado a lo programado por medio de LPS?; Se concluye también que existe una relación entre estos indicadores por lo que los picos negativos como positivos se ven reflejados en ambos (disminuyendo esta relación conforme va avanzando el proyecto, ya que por lo general la mayor cantidad de actividades se realizan del 25% al 75% del proyecto), tales son los casos de la semana 5 donde se obtuvo un pico bajo de 61% de confiabilidad al igual que un pico en el SPI de 0.524; pico bajo en semana 12 de 63% de confiabilidad y SPI de 0.763; semana 14, pico alto de 74% de confiabilidad y 0.95 de SPI; y finalmente se pudo visualizar como en la semana 25 a pesar de tener un pico alto de confiabilidad (75%) no genera impacto alguno en el SPI debido a que es fácil cumplir con las pocas actividades programadas al final del proyecto pero probablemente estas actividades no sean de una cantidad impactante de dinero como para reflejarse en el SPI.

5. Se evidencia el impacto en el presupuesto y cronograma de la actividad más costosa que coincidentemente es una de las más restrictivas (alta cantidad de HH), relleno con afirmado en vías $h=20\text{cm}$. Se aprecia en el gráfico de valor ganado como generó el máximo retraso, al no cumplir en la mayoría de tiempo de ejecución con los rendimientos presupuestados; por otro, con respecto al costo el CPI nos refleja como a pesar de utilizar las maquinarias patrimonio de la empresa generando un AC o costo real del trabajo realizado menor al valor ganado, se obtuvo una tendencia a disminuir por dicho periodo (Semana 7 a la 11) hasta que el proceso se logró optimizar por medio de la carta balance.
6. Se puede concluir que el uso de herramientas Lean en obras de habilitación urbana trae mejoras factibles a nivel de productividad, tiempo y costos. Sin embargo, cabe resaltar que implementar dicha filosofía y el uso correcto de sus herramientas trae consigo una inversión hacia el personal de la empresa, inversión que por lo general las empresas pequeñas y en mayor escala si se trata de empresas que laboran en provincia como es el caso de Suma Arquitectos, no optan por invertir, probablemente por la falta de información de los aspectos positivos (incluyendo un aumento de competitividad de la empresa al ser más eficientes) que contrae implementar dicha filosofía, por lo que muchas veces prefieren mantener el sistema push o convencional, conviviendo con la gran cantidad de mudas que genera.

7. El uso de las herramientas complementarias sectorización y trenes de trabajo, son fundamentales si se desea optimizar la productividad en las partidas más incidentes, ya que la combinación de ambas genera lo que se conoce como especialización, y esta a su vez trae como efecto la muy conocida curva de aprendizaje (siempre y cuando, la partida incidente tenga un plazo suficientemente largo como para evidenciar dicha curva natural del aprendizaje). Un ejemplo factible de dicho efecto es como en la partida de relleno compactado con afirmado el IP comenzó 0.64 y terminó en 1.12, después de 57 días.

8. Se concluye que el Last Planner System permite reducir la variabilidad del proyecto ya que por medio de todos sus niveles de planificación y programación se logra anticipar las restricciones y poder trabajar con un flujo de trabajo continuo. A pesar de que sea la primera vez que la constructora Suma Arquitectos implemente la programación Last Planner System se logró un índice de confiabilidad inicial de 61%, que fue aumentando obteniendo hasta un pico de 75%, estableciéndose finalmente en el 67%. A pesar de contar con una tendencia de 67% en el índice de confiabilidad acumulado, se logró concluir el proyecto dentro del plazo contractual (utilizando el buffer de 12%), objetivo que según la oficina técnica, hubiese sido difícil de cumplir sin la presente implementación de LPS. Cabe resaltar que dicho aumento de confiabilidad en la programación se debió a la solución de las causas de incumplimiento, las acciones correctivas y la mejora de productividad de las actividades relevantes.

9. Se concluye que el NGA logrado en el proyecto Oasis Bahía de Paracas por la constructora Suma Arquitectos se encuentra dentro de la media nacional y por debajo de las media latinoamericanas (Chile y Colombia). La distribución poco óptima de los tiempos indica que existe mucho por mejorar a nivel de flujo de procesos.

10. El NGA es un indicador variable a lo largo de la obra, y esto depende de muchos factores como, la cantidad de personas trabajando, el tipo de actividad que se esté realizando, la designación de actividades de cada integrante de una cuadrilla, entre otros factores. Por lo que es importante tener presente que el NGA es tan solo un indicador referencial y no definitivo.

11. Se concluye que la causa de incumplimiento más incidente se dio por problemas logísticos, y esto debido a la realidad que se vive en las muchas provincias del país (provincias relativamente pequeñas), en donde no se encuentran empresas de poca capacidad de stock en materiales y equipos, por lo que se hace necesario incrementar el radio de búsqueda de proveedores en el siguiente orden, Paracas, Pisco, Chincha, Ica; aumentando los precios debido a las distancias también en dicho orden. Esta realidad requiere una gran exigencia de parte del equipo logístico, lo cual quedará como una lección aprendida ya que por primera vez en la empresa Suma Arquitectos se ha podido tener pruebas factibles de la gran incidencia de esta causa de incumplimiento y de las repercusiones en la programación, por medio de los análisis implementados (23% de incidencia del total de las causas de incumplimiento).
12. Se concluye que en un proyecto de habilitación urbana, destacarán en mayor medida, las actividades de viajes con manos vacías (TNC) y transporte de material o herramientas (TC), con respecto a los proyectos verticales como las edificaciones y esto debido a que en un proyecto de edificación, generalmente, se intenta optimizar todo el espacio posible aprovechando los niveles superiores y para ello casi siempre el análisis costo beneficio implica utilizar grúas, lo cual simplifica y soluciona en gran manera el problema de gastar tiempo en viajes con manos vacías y traslados a diferencia de los proyectos de HU.
13. Se concluye que al implementar medidas correctivas o mitigantes como solución a una poca óptima distribución de tiempos, puede generar el aumento de tiempos contributorios en algunos integrantes de la cuadrilla analizada, pero esto podría ser positivo si genera un aumento significativo de los tiempos productivos en toda la cuadrilla. Tal es el caso de la partida de encofrado de sardinel la cual fue optimizada agilizando el flujo de materiales por medio de motocargas, lo cual implicaba que algunos ayudantes los cuales manejarían estas motos, aumentarían sus tiempos contributorios, generando posiblemente el aumento de esperas en el resto de trabajadores pero nada comparado con el aumento de tiempo productivo debido al flujo de trabajo más continuo que intenta lograr la provisión constante de materiales por medio de estos ayudantes motorizados.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que las empresas constructoras interioricen, en todos sus niveles, las experiencias acumuladas a lo largo de los proyectos ejecutados por medio de lecciones aprendidas, ya que con ello se obtendrá una constructora eficiente capaz de ofrecer una oferta económica al alcance de los usuarios finales, manteniendo la calidad y sin incumplimientos temporales.
2. Con respecto al porcentaje de plan completado (%PPC) o índice de confiabilidad de cronograma, se recomienda no alcanzar el 100% ya que eso indica que podríamos estar programando menos actividades de las que podemos ejecutar y por lo tanto no estamos aprovechando los recursos de una manera óptima. Antagónicamente, estar por debajo del 67% podría significar una sobreasignación de actividades o la ocurrencia de problemas de productividad que ameritan ser analizados si fueran actividades relevantes.
3. Para analizar la productividad de cuadrillas existen muchas formas para intentar hallar el problema de la baja productividad, usando Ishikawa, 5whys, brainstorming, pero con la presente tesis se demostró que esos análisis por lo general proponen posibles causas que afecta a la cuadrilla en sí pero solo a nivel de equipo, más no independientemente como en el caso de una carta balance en el cual se logra tener una visión global de la funcionabilidad de los procesos y el desempeño de cada trabajador, por lo que se hace fácil poder distinguir cuando hay una sobredimensión de cuadrilla, caso que podría ser imperceptible con las primeras herramientas mencionadas. Por lo tanto, se recomienda analizar la productividad de cuadrillas complementando más de una herramienta lean, pero sin llegar a redundar, por ejemplo: Ishikawa y carta balance.
4. No existe definiciones exactas de actividades que conforman los TP, TC y TNC para cada partida en un proyecto, lo que significa que la creación de cartas balance así como del nivel general de actividades es relativo dependiendo del enfoque de cada profesional. Por lo que es recomendable que los profesionales encargados de esta labor sean lo más objetivos posibles al definir las actividades y al clasificarlos a nivel del tiempo que producen.

5. El NGA es un indicador variable a lo largo del tiempo en una obra, por lo tanto, si se desea realizar benchmarking externo es preferible que se realice el levantamiento de información en una semana en la cual haya moderada actividad involucrada.
6. Como se mencionó en la conclusión número 12, en la mayoría de actividades que se realicen en la HU tenderán los viajes con manos vacías (TNC) y traslado de materiales o herramientas (TC), por lo que se recomienda que el equipo de planificación asuma de antemano estas incidencias, las cuales podrían ser mitigados desde un inicio se apoyándose en la actualizaciones constantes del layout plant y herramientas lean.
7. Con respecto a la conclusión 13, se debe tener presente que los trabajadores que presentan mayor cantidad de tiempos contributorios, por lo general, son los ayudantes u obreros, por lo que si se va a “sacrificar” a algún recurso humano, aumentando su tiempo contributorio para generar un impacto positivo en el resto de la cuadrilla, es recomendable que sean recursos de tipo ayudante, ya que caso contrario el tiempo productivo obtenido no sería el más óptimo por sacrificar a un operario u oficial, los cuales generan mayor tiempo productivo y costo a comparación de los ayudantes.
8. Los problemas ocurrirán en todo proyecto y en todos los niveles, desde la gerencia hasta el equipo operativo de obra, por lo que es necesario saber cómo manejarlos y reconocer su magnitud, ya que dependiendo de ello, se utilizará diferentes herramientas, yendo desde las más sencillas hasta algunas más elaboradas. Por ejemplo no es lo mismo intentar de hallar la causa de por qué no se obtuvo un determinado material en la fecha indicada, que hallar la causa de la baja productividad en una partida, por tal motivo se recomienda utilizar las herramientas de identificación de causa de problemas en el siguiente orden: 5 porqués, revisión de lecciones aprendidas, Ishikawa y carta balance.
9. Vivimos en un contexto profesional en el cual si uno se queda quieto, significa retroceder, por lo que es necesario que los ingenieros, en general, no se conformen con los conocimientos suficientes como para realizar su labor diaria sino que un profesional debe buscar siempre como hacerlo mejor que ayer, por lo que es necesario interiorizar el concepto de mejora continua a nuestros conocimientos y por qué no, a nuestra vida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alarcón Cárdenas, Luis Fernando. "Planificación y Control de Producción para la Construcción", Guía para la Implementación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile, 2003.
2. Ballard, Glenn. "The Last Planner system of Production Control", Thesis submitted to the Faculty of Engineering of The University of Birmingham, The University of Birmingham, United Kingdom, 2000.
3. Ballard, Glenn. "The Lean Project Delivery System: an update", Lean Construction Institute, Journal, EEUU, 2008.
4. Ballard, Glenn, & Zabelle, Todd. "Project Definition", Project Definition White Paper #9 Lean Construction Institute, Lean Construction Institute, EEUU, 2000.
5. Chávez Espinoza, Jhonny, & De la Cruz Aquije, Christian. "Aplicación de la Filosofía Lean Construction en una Obra de Edificación (Caso: Condominio Casa Club Recrea - El Agustino)", Tesis para optar por el título profesional de ingeniero civil, USMP, Lima, Perú, 2014.
6. Chávez Rimarachín, Saulo. "Aplicación de la Metodología de Construcción Sin Pérdidas (Lean Construction) en el Mejoramiento de la Productividad de una Obra de Edificación Urbana", Informe de suficiencia para optar por el título profesional de ingeniero civil, FIC-UNI, Lima, Perú, 2015.
7. Eckstein, Otto. "The Great Recession", Editorial: Noth - Holland, Holanda, 1979.
8. Escuela de Ingeniería Civil Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. "Administración de Proyectos - Muestreo del Trabajo y Carta de Balance", Editorial: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 2017.
9. Ghio Castillo, Virgilio. "Productividad en Obras de Contrucción, Diagnóstico, Crítica y Propuesta", PUCP, Perú, 2000.
10. Goldratt, Eliyahu. "La Meta", Ediciones Castillo, México, 2004.

11. Gotuzzo, Hugo. Suma Arquitectos. Recuperado el septiembre de 2017, de esa.pe/suma/, 2014.
12. Guzmán Tejada, Abner. "Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control de Proyectos", Tesis para optar por el título profesional de ingeniero civil, PUCP, Lima, Perú, 2014.
13. Koskela, Lauri "Aplicación de la Nueva Filosofía de Producción para la Construcción" ,Stanford University, EEUU, 1992.
14. Lean Construction Institute. "LCI Lean Project Delivery Glossary", Editorial: LCI, EEUU, 2016.
15. Macedo, Christian Altamirano. "Aplicación del Sistema de Planificación Último Planificador en proyectos de Construcción", Tesis para optar por el título profesional de ingeniero civil, FIC-UNI, Lima, Perú, 2010.
16. Morales Galiano, Nayda Susana., & Galeas Peñaloza, John Christian. "Diagnóstico y Evaluación de la Relación Entre el Grado de Industrialización y los Sistemas de Gestión con el Nivel de Productividad en Obras de Construcción", Tesis para optar por el grado de ingeniero civil, PUCP, Lima, Perú, 2006.
17. Orihuela, Pablo. "Construcción Integral", Boletín N°12, Editorial: Lean Construction en el Perú, Lima , Perú, 2011.
18. PMI. "Guía Para los Fundamentos de Gestión de Proyectos (Guía PMBOK)", Editorial: Project Management Institute, Pensilvania, EE.UU, 2013.
19. Pons Achell, Juan Felipe. "Introducción a Lean Construction", Editorial: Fundación Laboral de la Construcción, Madrid, España, 2014.
20. Ramírez Herrada, Carlos Antonio. "Optimización de Procesos Constructivos en el Condominio Bolognesi - Puente Piedra", Tesis para optar por el título de profesional de ingeniero civil, URP, Lima, Perú, 2012.
21. Rodríguez Castillejo, Walter, & Valdez Cáceres, Doris. "Mejoramiento de la Productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction, Trenchless, CYCLONE, EZStroke, BIM", Editorial: Culturabierta, Lima, Perú, 2012.

22. Rodríguez Castillejo, Walter. "Gerencia de Construcción y del Tiempo - Costo Programación y Control de Obras", 2da edición, Editorial: Macro, Lima, Perú, 2013.
23. Rojas Anaya, Javier Edelpino. "Metodología para la Implementación del Sistema Last Planner en un Proyecto Inmobiliario de Habilitación Urbana", Informe de suficiencia para optar al grado de ingeniero civil, FIC-UNI, Lima, Perú, 2015.
24. Serpell, Alfredo. "Administración de Obras de Construcción", Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, Chile, 1993.
25. Velarde, Jesús. "Apuntes de Clase Gestión de Proyectos de Construcción II", FIC-UNI, Lima, Perú, 2015.
26. Womack, James, & Jones, Daniel. "Lean Thinking: Como utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa", Editorial: Free Press, New York, EEUU, 1996.
27. Womack, James; Jones, Daniel, & Roos, Daniel. "La Máquina que Cambió al Mundo", Editorial: McGraw-Hill, EEUU, 1992.
28. Yepes, Victor. "Análisis del Valor Ganado (EVM)", Publicado en Procedimientosconstructivos.blogs.upv.es, España, 2014.
29. Zubiato, Andrés (20 de mayo de 2015). "Boom Inmobiliario y la Supuesta Burbuja Inmobiliaria", Publicado en Semanaeconómica.com, Perú, 2015.

ANEXOS

ANEXO 1 – NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES

Actividades	Cuadrillas
Vías y veredas (relleno, acarreo y eliminación).	ES
Excavación para encofrado de sardinel.	ES
Encofrado de sardinel.	ES
Estructura de Subestaciones eléctricas (acero, encofrado, concreto).	ES
Red de agua (excavaciones, suministro e instalación tuberías HDPE.	IISS
Red de agua (instalación de accesorios y válvulas).	IISS
Pruebas hidráulicas.	IISS
Excavaciones para BT y MT.	IIEE

Tiempo Productivo	TP
Tiempo Contributorio	
Instrucciones	I
Preparación de materiales y herramientas.	P
Replanteos.	R
Transportes.	T
Limpieza y seguridad.	LS
Soportes (amarres, apuntalamientos, entre otros).	S
Desencofrado.	D
Protocolos.	PR
Tiempo No Contributorio	
Esperas, descansos o ausencias.	E
Viajes con manos vacías.	V
Trabajos rehechos.	TR
Simulación de trabajo.	ST

Fecha	02/10/2017	04/10/2017	06/10/2017	Prom.	%
TP	132	120	116	123	31%
TC	179	184	182	182	46%
I	13	12	11		
P	20	19	19		
R	43	43	41		
T	23	26	28		
LS	27	20	26		
S	21	16	22		
D	20	25	22		
PR	12	23	13		
TNC	85	93	102	93	23%
E	42	35	48		
V	19	30	23		
TR	14	14	17		
ST	10	14	14		

NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES



Proyecto: Conominio Oasis Bahía de Paracas

Fecha: 02/10/17

Dato	Cuadrilla	Tipo									
1	ES	I	101	ES	TP	201	IIEE	TP	301	ES	TP
2	ES	I	102	IISS	T	202	IIEE	V	302	ES	T
3	ES	I	103	IISS	P	203	IIEE	V	303	IISS	P
4	ES	ST	104	IISS	TP	204	ES	TP	304	IISS	TP
5	IISS	ST	105	IIEE	TR	205	ES	TP	305	IISS	TR
6	IISS	R	106	IIEE	E	206	ES	R	306	IIEE	E
7	IISS	R	107	ES	TP	207	IISS	PR	307	IIEE	TP
8	IIEE	T	108	IIEE	TP	208	IISS	ST	308	ES	TP
9	IIEE	T	109	IIEE	E	209	ES	ST	309	IIEE	E
10	ES	LS	110	IISS	E	210	ES	T	310	IIEE	E
11	ES	LS	111	ES	LS	211	IISS	P	311	IISS	LS
12	ES	TP	112	ES	LS	212	IISS	P	312	ES	LS
13	IISS	TP	113	IISS	S	213	IISS	V	313	ES	S
14	IISS	TP	114	ES	TP	214	IIEE	TR	314	IISS	TP
15	ES	S	115	ES	TP	215	IIEE	I	315	ES	E
16	ES	S	116	IISS	V	216	ES	I	316	ES	LS
17	ES	E	117	IIEE	V	217	IIEE	TP	317	IIEE	LS
18	IISS	E	118	ES	ST	218	ES	TP	318	IISS	S
19	IIEE	V	119	IISS	ST	219	ES	TP	319	IIEE	TP
20	ES	TP	120	ES	R	220	ES	S	320	ES	TP
21	IISS	TP	121	ES	PR	221	IISS	TR	321	ES	TP
22	IISS	TP	122	ES	PR	222	ES	E	322	ES	ST
23	IIEE	R	123	IIEE	TP	223	ES	E	323	IISS	ST
24	IIEE	TP	124	ES	T	224	IISS	TP	324	ES	E
25	ES	TP	125	ES	P	225	IIEE	T	325	ES	E
26	IISS	LS	126	ES	P	226	ES	TP	326	IISS	V
27	ES	LS	127	IISS	E	227	IISS	V	327	IIEE	TP
28	IIEE	TP	128	ES	R	228	IISS	V	328	ES	TP
29	ES	TP	129	IISS	R	229	IIEE	TP	329	IISS	TP
30	IIEE	TP	130	ES	D	230	IIEE	PR	330	ES	R
31	ES	S	131	ES	D	231	ES	PR	331	ES	TP
32	ES	S	132	ES	D	232	IISS	R	332	IISS	TP
33	IISS	TP	133	IISS	R	233	ES	TP	333	IIEE	LS
34	IISS	TP	134	IIEE	TP	234	ES	TP	334	ES	LS
35	IISS	E	135	IIEE	TP	235	IISS	T	335	IISS	TP
36	IIEE	V	136	ES	TP	236	IISS	P	336	IISS	TP
37	IIEE	V	137	IISS	V	237	IISS	P	337	IIEE	E
38	ES	TR	138	IIEE	TR	238	IIEE	E	338	IIEE	R
39	IISS	I	139	IIEE	I	239	IIEE	E	339	ES	R
40	ES	I	140	ES	I	240	ES	TP	340	IISS	D
41	ES	TP	141	IISS	PR	241	ES	TP	341	ES	D
42	IISS	TP	142	ES	TP	242	ES	S	342	ES	D
43	IIEE	TP	143	IISS	TP	243	ES	S	343	ES	R
44	ES	S	144	IIEE	S	244	ES	E	344	ES	TP
45	IISS	TR	145	ES	TR	245	ES	E	345	IISS	TP
46	ES	PR	146	IISS	I	246	IISS	V	346	IIEE	TP
47	ES	PR	147	ES	S	247	IIEE	TP	347	ES	TP
48	IISS	TP	148	ES	R	248	ES	TP	348	IISS	V
49	IISS	TP	149	IISS	R	249	IISS	TP	349	IISS	V
50	IISS	TP	150	IISS	R	250	ES	R	350	IIEE	TP

51	IIEE	E	151	IISS	T	251	IISS	TP	351	IIEE	TP
52	IIEE	R	152	IIEE	T	252	IISS	TP	352	ES	R
53	ES	R	153	IIEE	LS	253	IISS	LS	353	IISS	R
54	ES	D	154	ES	LS	254	IIEE	LS	354	ES	TP
55	ES	D	155	ES	D	255	IIEE	TP	355	IISS	TP
56	ES	D	156	ES	D	256	ES	TP	356	IISS	T
57	IISS	R	157	IIEE	R	257	ES	T	357	IISS	PR
58	IIEE	TP	158	IIEE	TP	258	ES	P	358	IIEE	P
59	IIEE	TP	159	IISS	TP	259	IISS	TP	359	IIEE	E
60	ES	TP	160	ES	TP	260	ES	TR	360	ES	R
61	IISS	E	161	ES	I	261	ES	E	361	ES	R
62	IIEE	TP	162	IISS	S	262	ES	TP	362	ES	D
63	ES	V	163	ES	R	263	IISS	TP	363	ES	D
64	ES	V	164	ES	R	264	IISS	E	364	ES	D
65	IISS	PR	165	IISS	PR	265	IISS	E	365	IISS	R
66	IIEE	TP	166	IIEE	T	266	IIEE	LS	366	IIEE	TP
67	ES	R	167	IIEE	T	267	IIEE	LS	367	IIEE	TP
68	IISS	R	168	ES	LS	268	ES	S	368	ES	TP
69	ES	TP	169	IIEE	LS	269	IISS	TP	369	IISS	E
70	ES	TP	170	ES	TP	270	IIEE	ST	370	IISS	E
71	ES	T	171	ES	R	271	IIEE	R	371	IIEE	TP
72	IISS	P	172	IISS	R	272	ES	R	372	IIEE	V
73	IISS	P	173	IIEE	TP	273	ES	D	373	ES	V
74	ES	P	174	ES	TP	274	ES	D	374	IISS	TP
75	ES	TP	175	IISS	T	275	ES	D	375	IISS	TP
76	ES	TP	176	IISS	P	276	IISS	R	376	ES	R
77	IISS	TP	177	IIEE	P	277	IIEE	TP	377	ES	R
78	IISS	R	178	IIEE	S	278	IIEE	TP	378	IISS	TP
79	IISS	T	179	ES	S	279	ES	TP	379	IISS	TP
80	IIEE	ST	180	IISS	E	280	IISS	E	380	IISS	T
81	IIEE	ST	181	IIEE	E	281	ES	E	381	IIEE	P
82	ES	TP	182	IIEE	V	282	IISS	E	382	IIEE	P
83	IISS	TR	183	IISS	TP	283	IIEE	T	383	ES	E
84	IIEE	E	184	ES	TP	284	ES	P	384	IISS	R
85	IIEE	TP	185	ES	TP	285	IISS	TP	385	IISS	R
86	ES	TP	186	IISS	R	286	ES	TR	386	ES	D
87	ES	E	187	ES	TP	287	ES	E	387	ES	D
88	ES	E	188	ES	TP	288	IISS	TP	388	ES	D
89	IISS	LS	189	ES	LS	289	IIEE	TP	389	IISS	R
90	IIEE	LS	190	IISS	LS	290	ES	E	390	IIEE	TP
91	ES	S	191	IIEE	TP	291	ES	E	391	IIEE	TP
92	IISS	TP	192	ES	TP	292	IISS	LS	392	ES	TP
93	IISS	TP	193	IISS	V	293	IIEE	LS	393	IISS	TP
94	IIEE	T	194	IISS	TR	294	ES	S	394	IIEE	R
95	IIEE	T	195	IIEE	I	295	IISS	TP	395	IIEE	ST
96	ES	PR	196	IIEE	I	296	ES	TR	396	IISS	TP
97	IISS	TP	197	ES	TP	297	ES	E	397	ES	TP
98	ES	S	198	IISS	TP	298	IISS	E	398	ES	T
99	ES	LS	199	ES	TP	299	IISS	TP	399	IISS	P
100	ES	TR	200	ES	S	300	IIEE	T	400	ES	P

NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES

Proyecto: Conominio Oasis Bahía de Paracas

Fecha: 04/10/17



Dato	Cuadrilla	Tipo									
1	IIEE	I	101	ES	TP	201	IIEE	TP	301	ES	TP
2	IIEE	I	102	IISS	T	202	ES	V	302	IISS	T
3	ES	V	103	IISS	P	203	IISS	V	303	IISS	P
4	IISS	V	104	IISS	TP	204	ES	TP	304	ES	TP
5	ES	TP	105	IIEE	TR	205	ES	TP	305	IIEE	TR
6	ES	PR	106	IIEE	E	206	IISS	R	306	ES	E
7	IISS	PR	107	ES	TP	207	IISS	PR	307	ES	V
8	ES	T	108	IIEE	D	208	IISS	ST	308	ES	TP
9	IISS	T	109	IIEE	E	209	ES	ST	309	IISS	TP
10	IIEE	LS	110	IISS	E	210	ES	T	310	ES	R
11	ES	LS	111	ES	LS	211	ES	P	311	ES	PR
12	ES	TP	112	ES	V	212	IISS	P	312	ES	ST
13	ES	TP	113	IISS	V	213	IIEE	V	313	ES	ST
14	IISS	V	114	ES	TP	214	IIEE	TR	314	ES	TP
15	ES	V	115	ES	TP	215	ES	I	315	IISS	E
16	ES	TP	116	IISS	R	216	ES	I	316	IISS	LS
17	IISS	PR	117	IIEE	PR	217	ES	TP	317	ES	LS
18	IISS	PR	118	ES	ST	218	IISS	V	318	IISS	S
19	ES	V	119	IISS	ST	219	ES	TP	319	IIEE	TP
20	IISS	TP	120	ES	R	220	ES	TP	320	ES	TP
21	IIEE	TP	121	ES	PR	221	ES	R	321	ES	TP
22	ES	TP	122	IISS	PR	222	ES	PR	322	ES	ST
23	ES	R	123	ES	TP	223	ES	ST	323	IISS	ST
24	ES	V	124	ES	T	224	IISS	ST	324	ES	E
25	ES	V	125	IISS	P	225	IIEE	T	325	ES	E
26	IISS	TP	126	ES	P	226	ES	TP	326	IISS	V
27	ES	TP	127	IISS	E	227	IISS	V	327	IIEE	TP
28	ES	R	128	ES	R	228	IISS	V	328	ES	TP
29	ES	PR	129	IISS	R	229	IIEE	TP	329	IISS	TP
30	ES	ST	130	ES	D	230	IIEE	PR	330	ES	R
31	IISS	S	131	ES	D	231	ES	PR	331	ES	TP
32	IIEE	S	132	ES	D	232	IISS	R	332	IISS	TP
33	ES	TP	133	IISS	R	233	ES	TP	333	IIEE	LS
34	IISS	TP	134	IIEE	TP	234	ES	TP	334	ES	LS
35	IISS	E	135	IIEE	TP	235	IISS	T	335	IISS	TP
36	IIEE	V	136	ES	TP	236	IISS	P	336	IISS	D
37	IIEE	V	137	IISS	V	237	IISS	P	337	IIEE	T
38	ES	TR	138	IIEE	TR	238	IIEE	E	338	IIEE	R
39	IISS	I	139	IIEE	I	239	IIEE	E	339	ES	R
40	ES	I	140	ES	I	240	ES	TP	340	IISS	D
41	ES	TP	141	IISS	PR	241	ES	TP	341	ES	D
42	IISS	TP	142	ES	TP	242	ES	S	342	ES	D
43	IISS	TP	143	ES	TP	243	ES	S	343	ES	R
44	IIEE	S	144	ES	S	244	IISS	E	344	ES	TP
45	IIEE	TR	145	IISS	TR	245	IIEE	E	345	IISS	TP
46	ES	PR	146	IIEE	I	246	ES	V	346	ES	TP
47	ES	PR	147	ES	S	247	IISS	TP	347	ES	TP
48	IISS	TP	148	IISS	R	248	IISS	TP	348	ES	V
49	IISS	TP	149	ES	R	249	IIEE	E	349	IISS	V
50	IISS	TP	150	ES	R	250	IIEE	R	350	IIEE	TP

51	ES	E	151	ES	T	251	ES	V	351	ES	TP
52	IISS	R	152	ES	T	252	IISS	V	352	IISS	R
53	ES	R	153	IISS	LS	253	ES	TP	353	IISS	R
54	ES	D	154	ES	LS	254	ES	PR	354	IIEE	TP
55	IISS	D	155	ES	D	255	ES	PR	355	IIEE	TP
56	ES	D	156	ES	D	256	ES	TP	356	ES	T
57	IISS	R	157	IIEE	R	257	IISS	T	357	IISS	PR
58	IIEE	TP	158	IIEE	TP	258	ES	P	358	ES	P
59	IIEE	TP	159	IISS	TP	259	IISS	TP	359	IIEE	E
60	ES	TP	160	ES	TP	260	IIEE	TR	360	ES	R
61	IISS	E	161	ES	I	261	ES	E	361	ES	R
62	IIEE	TP	162	IISS	S	262	IISS	TP	362	ES	D
63	ES	V	163	ES	V	263	IISS	TP	363	IISS	D
64	ES	V	164	ES	V	264	IIEE	E	364	IIEE	D
65	IISS	PR	165	IISS	TP	265	IIEE	E	365	ES	R
66	IIEE	TP	166	IIEE	PR	266	ES	LS	366	IISS	TP
67	ES	R	167	IIEE	PR	267	IISS	LS	367	IISS	TP
68	IISS	R	168	ES	LS	268	ES	S	368	IIEE	TP
69	ES	TP	169	IIEE	LS	269	IISS	TP	369	IIEE	T
70	ES	TP	170	ES	TP	270	IIEE	ST	370	IISS	E
71	ES	T	171	ES	R	271	IIEE	R	371	IIEE	TP
72	ES	P	172	IIEE	R	272	ES	R	372	IIEE	V
73	IISS	P	173	ES	TP	273	ES	D	373	ES	V
74	IIEE	P	174	IISS	TP	274	ES	D	374	IISS	TP
75	ES	TP	175	ES	T	275	ES	D	375	IISS	TP
76	IISS	TP	176	ES	P	276	ES	R	376	ES	R
77	IISS	TP	177	ES	P	277	ES	TP	377	ES	R
78	IIEE	R	178	ES	S	278	IISS	TP	378	ES	TP
79	IIEE	T	179	IISS	S	279	IIEE	TR	379	ES	TP
80	ES	ST	180	ES	E	280	ES	E	380	IISS	T
81	IISS	ST	181	IIEE	E	281	IISS	E	381	IIEE	P
82	ES	TP	182	IIEE	V	282	IISS	E	382	ES	P
83	IISS	TR	183	IISS	TP	283	IIEE	T	383	IISS	E
84	IIEE	E	184	ES	TP	284	IIEE	P	384	IISS	R
85	IIEE	TP	185	ES	TP	285	IISS	TP	385	IIEE	R
86	ES	TP	186	ES	R	286	ES	TR	386	IIEE	D
87	ES	E	187	ES	TP	287	ES	E	387	ES	D
88	ES	E	188	IISS	TP	288	IISS	TP	388	IISS	D
89	IISS	LS	189	IIEE	LS	289	IIEE	TP	389	ES	R
90	IIEE	LS	190	ES	LS	290	ES	E	390	IIEE	TP
91	ES	S	191	IISS	T	291	ES	T	391	IIEE	TP
92	IISS	T	192	IISS	TP	292	IISS	LS	392	ES	TP
93	IISS	TP	193	IIEE	V	293	IIEE	LS	393	IISS	D
94	IIEE	T	194	IIEE	TR	294	ES	S	394	ES	D
95	IIEE	T	195	IIEE	I	295	IISS	TP	395	ES	R
96	ES	PR	196	IIEE	I	296	ES	TR	396	ES	TP
97	IISS	TP	197	ES	D	297	ES	E	397	ES	E
98	ES	S	198	IISS	TP	298	IISS	E	398	IISS	TP
99	ES	LS	199	ES	TP	299	IISS	TP	399	ES	T
100	ES	TR	200	ES	S	300	IIEE	T	400	ES	P

NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES



Proyecto: Conominio Oasis Bahía de Paracas

Fecha: 06/10/17

Dato	Cuadrilla	Tipo									
1	IISS	S	101	ES	TR	201	IIEE	TP	301	ES	TR
2	ES	T	102	IISS	T	202	IISS	V	302	ES	T
3	ES	I	103	IISS	P	203	ES	V	303	IISS	P
4	IISS	ST	104	IISS	TP	204	ES	TP	304	IISS	D
5	IIEE	ST	105	IIEE	TR	205	IISS	TP	305	IISS	TR
6	ES	R	106	IIEE	ST	206	IIEE	R	306	ES	E
7	IISS	R	107	ES	TP	207	ES	PR	307	ES	E
8	ES	T	108	IIEE	T	208	IISS	ST	308	IISS	TP
9	ES	T	109	IIEE	E	209	ES	ST	309	IIEE	E
10	IISS	LS	110	IISS	E	210	ES	E	310	ES	E
11	IISS	LS	111	IISS	LS	211	IISS	P	311	IISS	LS
12	IISS	TP	112	IISS	LS	212	IISS	T	312	ES	LS
13	IIEE	TP	113	IIEE	S	213	IISS	V	313	ES	S
14	IIEE	TP	114	IIEE	TP	214	IIEE	TR	314	IISS	T
15	ES	S	115	ES	TP	215	IIEE	I	315	IISS	E
16	ES	S	116	IISS	V	216	ES	I	316	IISS	LS
17	ES	E	117	IIEE	T	217	IIEE	TP	317	IIEE	E
18	IISS	E	118	ES	ST	218	ES	TP	318	IIEE	S
19	IIEE	E	119	IISS	ST	219	ES	TP	319	ES	TP
20	ES	TP	120	ES	R	220	ES	S	320	ES	TP
21	IISS	TP	121	ES	PR	221	IISS	TR	321	ES	TP
22	IISS	TP	122	ES	PR	222	ES	E	322	ES	ST
23	IIEE	E	123	IIEE	TP	223	ES	E	323	IISS	ST
24	IIEE	TP	124	ES	T	224	IISS	TP	324	ES	E
25	ES	TP	125	ES	P	225	IIEE	T	325	ES	E
26	IISS	LS	126	ES	P	226	ES	TP	326	IISS	V
27	ES	LS	127	IISS	E	227	IISS	V	327	IIEE	TP
28	IIEE	TP	128	ES	R	228	IISS	V	328	ES	E
29	ES	TP	129	IISS	V	229	IIEE	V	329	IISS	TP
30	IIEE	TP	130	ES	D	230	IIEE	PR	330	ES	R
31	ES	S	131	ES	D	231	ES	PR	331	ES	TP
32	ES	S	132	IISS	D	232	IISS	R	332	IISS	TP
33	IISS	E	133	IISS	R	233	ES	TP	333	IIEE	LS
34	IISS	TP	134	IIEE	TP	234	ES	TP	334	ES	LS
35	IISS	E	135	IIEE	TP	235	IISS	T	335	IISS	TP
36	IIEE	V	136	ES	E	236	IISS	P	336	IISS	TP
37	IIEE	D	137	IISS	V	237	IISS	P	337	IIEE	E
38	ES	TR	138	IIEE	TR	238	IIEE	E	338	IIEE	R
39	IISS	I	139	IIEE	I	239	IIEE	E	339	ES	R
40	ES	I	140	ES	I	240	ES	TP	340	IISS	D
41	ES	TP	141	IISS	PR	241	ES	TP	341	ES	D
42	IISS	TP	142	ES	TP	242	ES	S	342	ES	D
43	IIEE	TP	143	IISS	PR	243	ES	S	343	ES	R
44	ES	S	144	IIEE	S	244	ES	E	344	ES	TP
45	IISS	TR	145	ES	TR	245	ES	E	345	IISS	TP
46	ES	PR	146	IISS	I	246	IISS	V	346	IIEE	TP
47	ES	PR	147	ES	S	247	IIEE	TP	347	ES	TP
48	IISS	TP	148	ES	R	248	ES	TP	348	IISS	V
49	IISS	TP	149	IISS	R	249	IISS	TP	349	IISS	V
50	IISS	TP	150	IISS	R	250	ES	R	350	IIEE	TP

51	IIEE	E	151	IISS	T	251	IISS	TP	351	IIEE	TP
52	IIEE	R	152	IIEE	T	252	IISS	TP	352	ES	R
53	ES	R	153	IIEE	LS	253	IISS	LS	353	IISS	R
54	ES	D	154	ES	LS	254	IIEE	LS	354	ES	TP
55	ES	D	155	ES	D	255	IIEE	TP	355	IISS	V
56	ES	D	156	ES	D	256	ES	TP	356	IISS	T
57	IISS	R	157	IIEE	R	257	ES	T	357	IISS	PR
58	IIEE	TP	158	IIEE	TP	258	ES	P	358	IIEE	P
59	IIEE	TP	159	IISS	TP	259	IISS	TP	359	IIEE	E
60	ES	TP	160	ES	TP	260	IISS	TR	360	ES	R
61	IISS	ST	161	ES	I	261	ES	E	361	ES	R
62	IIEE	TP	162	IISS	S	262	ES	TP	362	ES	D
63	ES	V	163	ES	R	263	IISS	TP	363	ES	D
64	ES	V	164	ES	R	264	IIEE	E	364	ES	D
65	IISS	PR	165	IISS	PR	265	ES	E	365	IISS	R
66	IIEE	TP	166	IIEE	T	266	IISS	LS	366	IIEE	TP
67	ES	R	167	IIEE	T	267	ES	LS	367	IIEE	TP
68	IISS	R	168	ES	LS	268	ES	S	368	ES	TP
69	ES	TP	169	IIEE	LS	269	IISS	TP	369	IISS	E
70	ES	TP	170	ES	TP	270	IISS	ST	370	IISS	E
71	ES	T	171	ES	R	271	IISS	R	371	IIEE	TP
72	IISS	P	172	IISS	R	272	IIEE	R	372	IIEE	V
73	IISS	P	173	IIEE	TP	273	IIEE	D	373	ES	V
74	ES	P	174	ES	TP	274	ES	D	374	IISS	TP
75	ES	TP	175	IISS	T	275	ES	D	375	IISS	V
76	ES	TP	176	IISS	P	276	IISS	R	376	ES	R
77	IISS	TP	177	IIEE	P	277	IIEE	TP	377	ES	R
78	IISS	R	178	IIEE	S	278	IIEE	TP	378	IISS	TP
79	IISS	T	179	ES	S	279	ES	TR	379	IISS	TP
80	IIEE	ST	180	IISS	E	280	IISS	E	380	IISS	T
81	IIEE	ST	181	IIEE	E	281	ES	E	381	IIEE	P
82	ES	TP	182	IIEE	V	282	IISS	E	382	IIEE	P
83	IISS	TR	183	IISS	TP	283	IIEE	T	383	ES	E
84	IIEE	E	184	IISS	TP	284	ES	P	384	IISS	R
85	IIEE	TP	185	ES	TP	285	IISS	TP	385	IISS	R
86	ES	T	186	ES	R	286	ES	TR	386	ES	D
87	IISS	E	187	IISS	TP	287	ES	E	387	ES	D
88	IISS	E	188	IIEE	TP	288	IISS	TP	388	ES	D
89	IIEE	LS	189	ES	LS	289	IIEE	TP	389	IISS	R
90	IIEE	LS	190	IISS	LS	290	ES	E	390	IIEE	TP
91	ES	S	191	ES	TP	291	ES	E	391	IISS	TP
92	IISS	TP	192	ES	TP	292	IISS	LS	392	IISS	TP
93	IISS	TP	193	IISS	V	293	IIEE	LS	393	IIEE	TP
94	IIEE	T	194	IISS	TR	294	ES	S	394	IIEE	R
95	IIEE	T	195	IISS	I	295	IISS	V	395	IIEE	ST
96	ES	PR	196	IIEE	I	296	ES	TR	396	IISS	TP
97	IISS	TP	197	IIEE	TP	297	ES	E	397	ES	TP
98	ES	S	198	ES	TP	298	IISS	E	398	ES	T
99	ES	LS	199	ES	TP	299	IISS	TP	399	IISS	P
100	ES	TR	200	ES	S	300	IIEE	T	400	ES	P

ANEXO 2 – RESUMENES DE MUESTREO CARTAS BALANCE

Partida: Relleno Compactado con afirmado h=20cm
Antes semana 8 - 23 / 08 / 2017

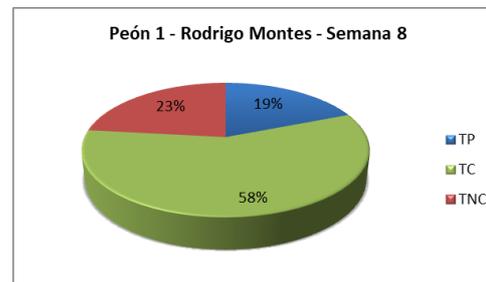
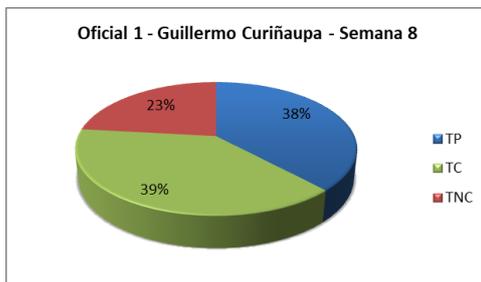
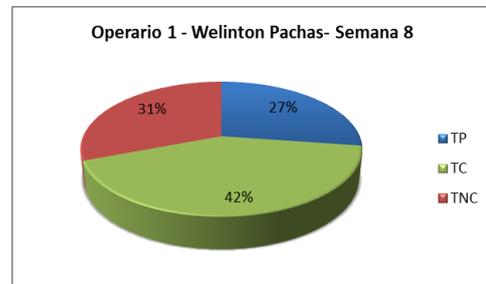
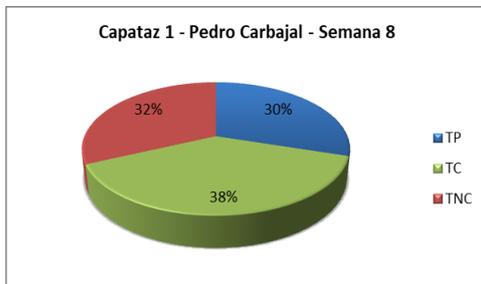
	Cap1	Ope1	Ofi1	Pe1	Pe2	
TP	30%	27%	38%	19%	18%	26%
TC	39%	42%	39%	58%	59%	47%
TNC	32%	31%	23%	23%	24%	27%

Cargo	Nombre y Apellido
Cap1	Pedro Carbajal
Ope1	Welinton Pachas
Ofi1	Guillermo Curiñaupa
Pe1	Rodrigo Montes
Pe2	Luis Cabezudo

INCIDENCIAS						TOTAL	
CA	39	39	13	0	0	501	18%
EM	32	32	37	29	26		31%
ES	23	23	26	34	31		27%
CO	0	15	76	13	13	501	23%
IL	25	25	18	14	14		11%
T	45	45	37	74	69		30%
R	26	35	21	15	18		13%
AME	0	3	23	38	34		11%
LS	0	0	20	23	43		9%
H	0	34	36	67	57		21%
P	26	26	0	0	0	911	6%
VM	38	38	37	37	41		38%
E	20	38	30	33	26		29%
DS	12	17	17	15	18		16%
TR	0	0	0	0	0		0%
NF	10	15	9	8	10		10%
RO	17	10	0	0	0		5%
A	3	5	0	0	0	504	2%
TOTAL	316	400	400	400	400		

RELLENO COMPACTADO CON AFIRMADO H=0.20M

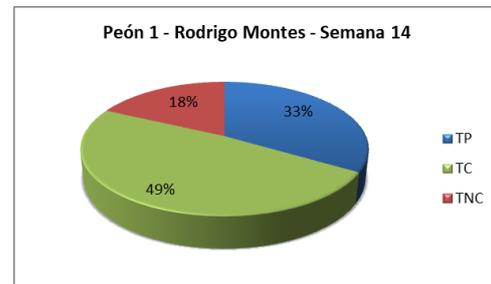
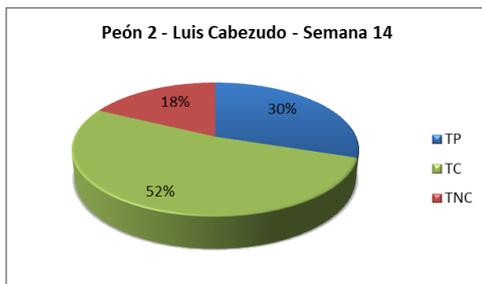
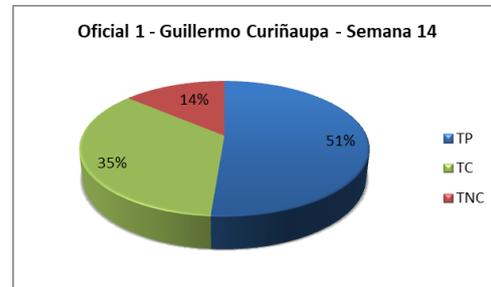
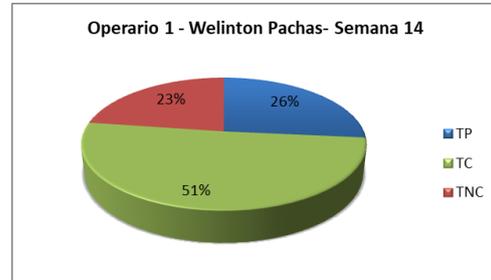
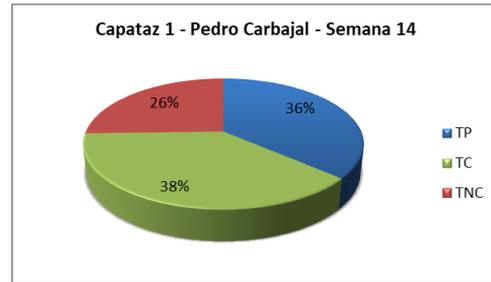
Item	Descripción de Trabajos	Símbolo
1.0	Trabajo Productivo	TP
1.1	Colocación de afirmado	CA
1.2	Extendido de material	EM
1.3	Escarificado de material	ES
1.4	Compactación de afirmado	CO
2.0	Trabajo Contributorio	TC
2.1	Instrucciones / lectura de plano	IL
2.3	Transporte de material o herramientas	T
2.4	Replanteo	R
2.5	Acopio de material excedente	AME
2.6	Limpieza y seguridad	LS
2.7	Humedecer superficie	H
2.8	Pruebas de Compactación	P
3.0	Trabajos No Contributorio	TNC
3.1	Viajes con manos vacías	VM
3.2	Esperas	E
3.3	Descansos	DS
3.4	Trabajos rehechos	TR
3.5	Necesidades fisiológicas	NF
3.6	Reuniones en oficina	RO
4.6	Ausente	AME



Partida: Relleno Compactado con afirmado h=20cm
Antes semana 15 - 10 / 10 / 2017

	Cap1	Ope1	Ofi1	Pe1	Pe2	
TP	36%	27%	51%	34%	30%	36%
TC	38%	51%	35%	49%	52%	45%
TNC	25%	23%	14%	18%	18%	20%

INCIDENCIAS						TOTAL	
CA	60	35	21	0	0		17%
EM	39	32	47	49	43		31%
ES	24	24	43	58	49		29%
CO	0	15	94	27	28	688	24% 100%
IL	16	33	14	14	14		10%
T	36	22	24	38	34		18%
R	37	38	18	8	12		13%
AME	0	35	18	38	35		14%
LS	0	25	22	23	43		13%
H	0	18	44	73	71		24%
P	40	32	0	0	0	875	8% 100%
VM	15	18	13	22	19		23%
E	15	15	13	19	21		22%
DS	15	15	18	17	18		22%
TR	0	0	0	0	0		0%
NF	13	15	11	10	8		15%
RO	22	22	0	0	0		12%
A	6	6	0	4	5	375	6% 100%
TOTAL	338	400	400	400	400		



ENCOFRADO DE SARDINEL

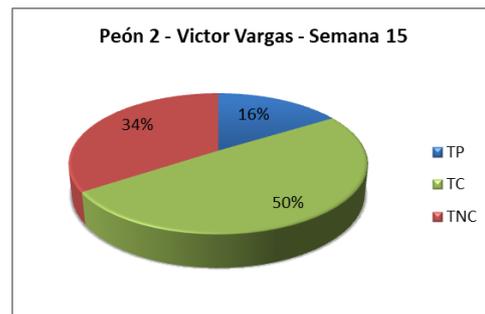
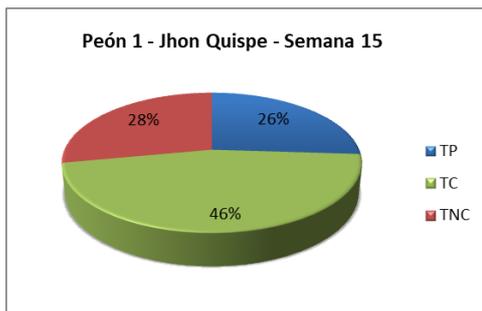
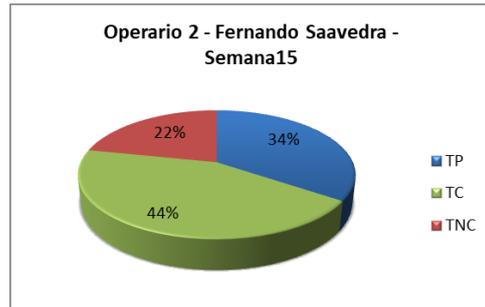
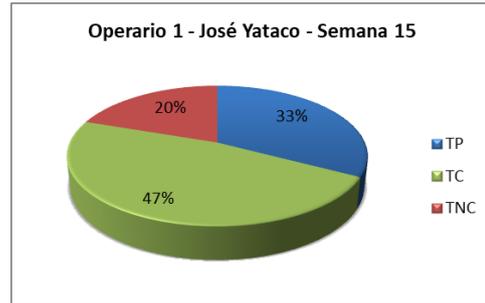
Item	Descripción de Trabajos	Símbolo
1.0	Trabajo Productivo	TP
1.1	Colocación de encofrado	CE
1.2	Nivelado	N
1.3	Colocación de soportes	CS
2.0	Trabajo Contributorio	TC
2.1	Instrucciones / lectura de plano	IL
2.3	Transporte de material o herramientas	T
2.4	Replanteo	R
2.5	Limpieza y seguridad	LS
2.6	Amarrado	A
2.7	desencofrado	D
2.8	Preparación de material	PM
3.0	Trabajos No Contributorio	TNC
3.1	Viajes con manos vacías	VM
3.2	Esperas	E
3.3	Descansos	DS
3.4	Trabajos rehechos	TR
3.5	Necesidades fisiológicas	NF
3.6	Reuniones en oficina técnica	RO

Cargo	Nombre y Apellido
Ope1	José Yataco
Ope2	Fernando Saavedra
Pe1	Jhon Quispe
Pe2	Victor Vargas

Partida: Encofrado de Sardinel
Antes semana 14 - 06 / 10 / 2017

	Ope1	Ope2	Pe1	Pe2	
TP	33%	35%	26%	16%	27%
TC	48%	44%	46%	50%	47%
TNC	20%	22%	28%	34%	26%

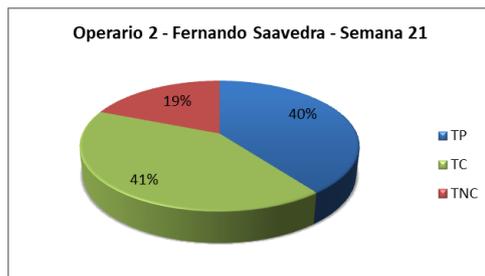
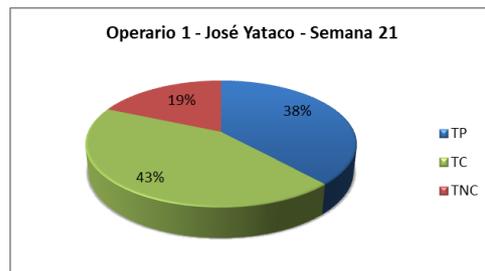
INCIDENCIAS					TOTAL	
CE	54	54	23	19	438	34%
NF	34	55	24	17		30%
CS	43	29	57	29		36%
IL	25	23	22	18		12%
T	20	16	14	31	747	11%
R	43	43	36	30		20%
LS	26	26	24	31		14%
A	37	31	42	34		19%
D	19	16	24	42		14%
PM	20	20	22	12		10%
VM	20	18	37	50		30%
E	12	16	14	26		16%
DS	18	18	20	22		19%
TR	14	20	25	21		19%
NF	15	15	16	18	415	15%
RO	0	0	0	0		0%
TOTAL	400	400	400	400		

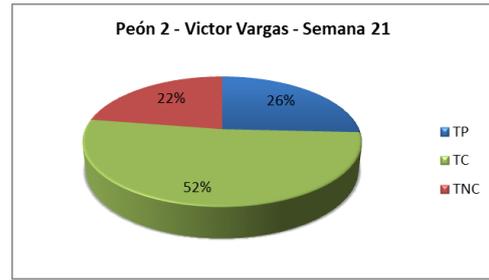
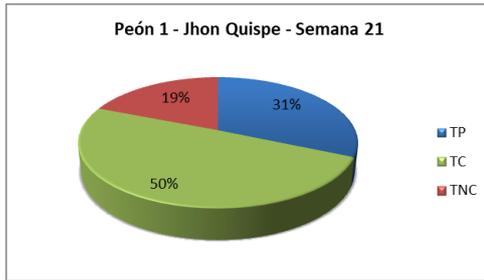


Partida: Encofrado de Sardinel
Antes semana 21 - 22 / 11 / 2017

	Ope1	Ope2	Pe1	Pe2	
TP	38%	40%	32%	26%	34%
TC	43%	41%	50%	52%	46%
TNC	19%	19%	19%	23%	20%

INCIDENCIAS					TOTAL	
CE	52	62	25	11	541	28%
NF	47	61	26	21		29%
CS	54	36	75	71		44%
IL	15	15	13	13		8%
T	18	16	43	57	743	18%
R	42	36	35	15		17%
LS	21	21	20	22		11%
A	41	41	49	28		21%
D	17	17	31	60		17%
PM	19	19	7	12		8%
VM	14	12	15	38		25%
E	16	19	16	14		21%
DS	17	18	18	19		23%
TR	10	10	10	3		10%
NF	17	17	17	16	316	21%
RO	0	0	0	0		0%
TOTAL	400	400	400	400		





ANEXO 3 – PRESUPUESTO OFERTADO DE OBRA

PRESUPUESTO APROBADO					
Presupuesto 0035 Condominio		SUMA ARQUITECTOS			
Subpresupuesto OBRAS PROV., TRABAJOS PRE. SEGURIDAD Y SALUD, ESTRUCTURAS, IISS E IIEE.		Costo al 03/07/2017			
Cliente Compañía Inmobiliaria de Paracas S.A.					
Lugar LIMA - LIMA - MIRAFLORES					
Item	Descripción	UND	Metrado	PU (S./.)	CD (S./.)
01	OBRAS PROVISIONALES, PRELIMINARES, SEGURIDAD Y				359,274.02
01.01	OBRAS PROVISIONALES				124,623.57
01.01.01	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES				84,555.28
01.01.01.01	OFICINAS TÉCNICA	glb	1.00	12,096.30	12,096.30
01.01.01.02	ALMACEN DE OBRA	glb	1.00	9,572.84	9,572.84
01.01.01.03	VESTUARIO PERSONAL OBRERO (capacidad 50 personas)	m2	40.00	169.11	6,764.40
01.01.01.04	COMEDOR PERSONAL OBRERO (capacidad 50 personas)	m2	44.00	183.76	8,085.44
01.01.01.05	SS HH QUÍMICOS PORTABLES	mes	5.00	9,000.00	45,000.00
01.01.01.06	CARTEL DE OBRA	glb	1.00	3,036.30	3,036.30
01.01.02	INSTALACIONES PROVISIONALES				40,068.29
01.01.02.01	AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN				9,390.00
01.01.02.01.01	SUMINISTRO DE AGUA	mes	5.00	1,338.00	6,690.00
01.01.02.01.02	CISTERNA PARA LA OBRA	glb	1.00	2,700.00	2,700.00
01.01.02.02	ENERGÍA ELÉCTRICA PROVISIONAL				30,678.29
01.01.02.02.01	IIEE PROVISIONALES E ILUMINACIÓN	glb	1.00	22,178.29	22,178.29
01.01.02.02.02	SUMINISTRO DE ENERGÍA	mes	5.00	1,700.00	8,500.00
01.02	OBRAS PRELIMINARES				170,066.15
01.02.01	LIMPIEZA MANUAL INICIAL	m2	895.00	3.37	3,016.15
01.02.02	DESMOVILIZACIÓN DE OBRAS PROVISIONALES	glb	1.00	4,055.38	4,055.38
01.02.03	VIA PROVISIONAL (ANCHO=4M)	m	7,724.00	5.63	43,486.12
01.02.04	CERCO PREFABRICADO DE CONCRETO H=2.4M	m	650.00	183.51	119,281.50
01.02.05	TRANSPORTE HORIZONTAL EN OBRA	vje	50.00	4.54	227.00
01.03	SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE				53,534.30
01.03.01	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	mes	5.00	6,986.00	34,930.00
01.03.02	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	mes	5.00	1,500.00	7,500.00
01.03.03	GUARDIANÍA Y CONTROL DE INGRESOS	mes	5.00	1,600.00	8,000.00
01.03.04	LIMPIEZA PERMANENTE OBRA	glb	1.00	3,104.30	3,104.30
01.04	PARTIDAS COMPLEMENTARIAS				11,050.00
01.04.01	PRUEBA DE COMPACTACIÓN DE VIAS	und	240.00	40.00	9,600.00
01.04.02	PRUEBA Y ENSAYO EN PROBETAS DE CONCRETO	und	58.00	25.00	1,450.00

02	ESTRUCTURAS				4,123,561.52
Item	Descripción	UND	Metrado	PU (S./)	CD (S./)
02.01	VÍAS Y VEREDAS				3,806,044.41
02.01.01	OBRAS PRELIMINARES				134,170.34
02.01.01.01	TRANSPORTE DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	4,055.38	4,055.38
02.01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	43,227.56	3.01	130,114.96
02.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,755,161.96
02.01.02.01	CORTE DE TERRENO CON MÁQUINA	m3	5,971.87	3.06	18,273.92
02.01.02.02	COMPACTACIÓN DEL TERRENO NATURAL CON MÁQUINA	m2	43,227.56	3.77	162,967.90
02.01.02.03	RELLENO COMPACTADO CON AFIRMADO H=0.20M	m2	43,227.56	33.51	1,448,555.54
02.01.02.04	ACARREO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE (MÁQUINA)	m3	7,929.45	2.75	21,805.99
02.01.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL	m3	7,929.45	13.06	103,558.62
02.01.03	CONCRETO SIMPLE				52,927.97
02.01.03.01	CONCRETO 1:8 PARA TOPELLANTAS H=20CM, E=20CM (100	m	942.90	22.85	21,545.27
02.01.03.02	CONCRETO SOLADO e= 4" f _c =80 kg/cm ² EN CÁMARA DE	m2	547.50	57.32	31,382.70
02.01.03.03	SARDINEL EN VEREDAS Y ESTACIONAMIENTOS				877,623.04
02.01.03.03.01	EXCAVACION MANUAL PARA SARDINEL H=0.25Xe=0.20	m	16,723.00	1.72	28,763.56
02.01.03.03.02	ENCOFRADO DE SARDINEL	m	16,723.00	23.28	389,311.44
02.01.03.03.03	CONCRETO TIPO V EN SARDINELES f _c =175 kg/cm ²	m	16,723.00	27.48	459,548.04
02.01.04	CONCRETO PREFABRICADO				14,781.08
02.01.04.01	TOPELLANTAS 1.8X0.15X0.15	und	449.00	32.92	14,781.08
02.01.05	ADOQUINES				971,380.03
02.01.05.01	SUMINISTRO DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO V ROJO	m2	14,423.00	44.47	641,390.81
02.01.05.02	INSTALACIÓN DE ADOQUINES 6X10X20	m2	13,737.00	23.56	323,643.72
02.01.05.03	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO A 30 m.	m3	686.00	9.25	6,345.50
02.02	CANCHAS DEPORTIVAS				211,174.49
02.02.01	OBRAS PROVISIONALES				5,541.29
02.02.01.01	LIMPIEZA MANUAL INICIAL	m2	868.54	3.37	2,926.98
02.02.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	868.54	3.01	2,614.31
02.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				14,254.56
02.02.02.01	CORTE DE TERRENO CON MÁQUINA	m3	390.84	3.06	1,195.97
02.02.02.02	COMPACTACIÓN DEL TERRENO NATURAL CON MÁQUINA	m2	708.95	3.77	2,672.74
02.02.02.03	RELLENO DE AFIRMADO EN CAPAS DE 0.30 m	m3	40.00	74.27	2,970.80
02.02.02.04	ACARREO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE (MÁQUINA)	m3	469.01	2.75	1,289.78
02.02.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL CON EQUIPO	m3	469.01	13.06	6,125.27
02.02.03	CONCRETO SIMPLE				2,932.34
02.02.03.01	CONCRETO CICLOPEO MEZCLA 1:10 + 30% P.G. 6" (CEMENTO TIPO V)	m3	9.60	213.47	2,049.31
02.02.03.02	CONCRETO SOBRECIMENTOS f _c =175 kg/cm ² + 25% P.M.	m3	1.90	287.81	546.84
02.02.03.03	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO h=0.30 m	m2	8.25	40.75	336.19
02.02.04	CONCRETO ARMADO				77,024.74
02.02.04.01	LOSAS DE CONCRETO				
02.02.04.02	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS f _c =210 kg/cm ²	m3	117.70	386.18	45,453.39
02.02.04.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSA	m2	14.95	40.75	609.21
02.02.04.04	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	5,774.75	4.74	27,372.32
02.02.04.05	COLUMNAS				2,082.96
02.02.04.05.01	CONCRETO COLUMNAS f _c =210 kg/cm ² (CEMENTO TIPO V)	m3	0.97	388.87	377.20
02.02.04.05.02	ENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	m2	14.95	41.79	624.76
02.02.04.05.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	228.06	4.74	1,081.00
02.02.04.06	VIGAS				1,506.86
02.02.04.06.01	CONCRETO VIGAS f _c =210 kg/cm ² CEMENTO TIPO V	m3	1.04	305.57	317.79
02.02.04.06.02	ENCOFRADO VIGAS	m2	9.00	58.76	528.84
02.02.04.06.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	139.29	4.74	660.23
02.02.05	MUROS Y TABIQUES				5,316.79

02.02.05	MUROS Y TABIQUES				5,316.79
02.02.05.01	AMARRE DE SOGA JUNTA 1.5 cm. MORTERO 1:4 CEMENTO	m2	31.02	126.39	3,920.62
02.02.05.02	TARRAJEO MUROS FROTACHADO CEMENTO TIPO V	m2	38.80	25.47	988.24
02.02.05.03	DERRAMES A=0.15 m.MORTERO 1:3 CEMENTO TIPO V	m	17.50	23.31	407.93
02.02.06	PINTURA EN CANCHAS				11,005.13
02.02.06.01	PINTURA LATEX EN MURO DE FRONTON	m2	64.80	19.26	1,248.05
02.02.06.02	DEMARCACIÓN EN MURO E=0.05M FRONTON	m	32.00	12.57	402.24
02.02.06.03	ACONDICIONAMIENTO Y PINTURA EN LOSA	m2	254.81	29.92	7,623.92
02.02.06.04	DEMARCACIÓN EN LOSA DEPORTIVA E=0.05M	m	158.80	10.90	1,730.92
02.02.07	OTROS				94,341.06
02.02.07.01	JUNTAS DE DILATACIÓN	m	308.00	17.55	5,405.40
02.02.07.02	CUBIERTA DE RESINA ACRILICA IMPORTADO SPORTEK	m2	1,338.00	59.07	79,035.66
02.02.07.03	SISTEMA DE TENIS ACERO INOX. OFICIALES ITF	und	2.00	4,950.00	9,900.00
02.03	SUBESTACIONES ELÉCTRICAS				106,342.62
02.03.01	OBRAS PRELIMINARES				272.86
02.03.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	90.65	3.01	272.86
02.03.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				3,675.66
02.03.02.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTO	m3	42.15	34.42	1,450.80
02.03.02.02	EXCAVACION MANUAL PARA PISO	m3	15.34	34.42	528.00
02.03.02.03	REFINE Y NIVELACIÓN DE ZANJA (MANUAL)	m	90.65	3.06	277.39
02.03.02.04	BASE DE AFIRMADO H=0.10 m	m2	15.34	21.43	328.74
02.03.02.05	ACARREO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE (MÁQUINA)	m3	68.99	2.75	189.72
02.03.02.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL CON EQUIPO	m3	68.99	13.06	901.01
02.03.03	ESTRUCTURAS				71,545.73
02.03.03.01	CONCRETO SIMPLE				12,131.12
02.03.03.01.01	CONCRETO CIMIENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:8 (140 kg/cm2)+ 30% P.M. TIPO V	m3	30.66	210.19	6,444.43
02.03.03.01.02	CONCRETO SOLADO e= 2" f _c =100 kg/cm2 T.V.	m2	38.32	148.40	5,686.69
02.03.03.02	SOBRECIMIENTO				3,840.14
02.03.03.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO SOBRECIMIENTO f _c = 210	m3	4.66	395.14	1,841.35
02.03.03.02.02	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO h=0.30 m	m2	49.05	40.75	1,998.79
02.03.03.03	PISOS				2,107.03
02.03.03.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO LOSA DE PISO f _c =210 kg/cm2	m3	2.71	395.94	1,073.00
02.03.03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSA	m2	3.49	54.60	190.55
02.03.03.03.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	177.95	4.74	843.48
02.03.03.04	COLUMNAS Y PLACAS				11,764.31
02.03.03.04.01	CONCRETO PREMEZCLADO COLUMNAS f _c =210 kg/cm2	m3	4.14	392.17	1,623.58
02.03.03.04.02	ENCOFRADO CARAVISTA EN COLUMNAS	m2	82.00	76.59	6,280.38
02.03.03.04.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	814.42	4.74	3,860.35
02.03.03.05	VIGAS				10,200.66
02.03.03.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm2 CEMENTO TIPO	m3	4.22	394.12	1,663.19
02.03.03.05.02	ENCOFRADO CARAVISTA EN VIGAS	m2	68.98	82.38	5,682.57
02.03.03.05.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	602.30	4.74	2,854.90

02.03.04	ARQUITECTURA Y ACABADOS				30,848.37
02.03.04.01	EMPASTE Y PINTURA				6,812.37
02.03.04.01.01	SOLAQUEO INT. Y EXT. DE COLUMNAS, VIGAS Y CELOSIAS	m2	89.40	11.54	1,031.68
02.03.04.01.02	EMPASTE Y PINTURA EN CELOSIAS INTERIORES (SC M.O.)	m2	506.19	11.42	5,780.69
02.03.04.02	CARPINTERIA METALICA				20,800.00
02.03.04.02.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUERTA METALICA GALVANIZADA	und	4.00	5,200.00	20,800.00
02.03.04.03	INSTALACIONES ELECTRICAS				3,236.00
02.03.04.03.01	IIEE EN SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	glb	1.00	3,236.00	3,236.00
03	INSTALACIONES SANITARIAS				2,170,742.50
03.01	RED COLECTORA DE DESAGUE				939,420.56
03.01.01	OBRAS PRELIMINARES				23,669.70
03.01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO IISS	m	6,467.13	3.66	23,669.70
03.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				425,307.00
03.01.02.01	EXCAVACION DE ZANJA Y BUZONES PARA DESAGUE Y RED DE MPULSION (MASIVO)	m3	5,967.33	15.51	92,553.29
03.01.02.02	EXCAVACION MANUAL EN ARENA	m3	1,013.60	34.42	34,888.11
03.01.02.03	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN PARA CAMA DE ARENA	m	3,922.80	2.22	8,708.62
03.01.02.04	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	1,255.30	66.97	84,067.44
03.01.02.05	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	5,628.63	34.97	196,833.19
03.01.02.06	ACARREO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE (MÁQUINA)	m3	96.90	2.75	266.48
03.01.02.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL	m3	98.10	13.06	1,281.19
03.01.02.08	COMPACTACIÓN DEL TERRENO NATURAL CON MÁQUINA	m2	1,779.49	3.77	6,708.68
03.01.03	BUZONES DE REGISTRO				124,949.21
03.01.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm2 CEMENTO TIPO	m3	66.40	394.12	26,169.57
03.01.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CIRCULAR	m2	591.26	53.59	31,685.62
03.01.03.03	ACERO CORRUGADO $FY= 4200$ kg/cm2 GRADO 60	kg	2,973.76	4.74	14,095.62
03.01.03.04	MARCO F°F° Y TAPA DE CONCRETO ARMADO	und	80.00	418.29	33,463.20
03.01.03.05	SOLAQUEO INTERIOR DE BUZÓN	und	80.00	244.19	19,535.20
03.01.04	RED COLECTORA DE DESAGUE				98,392.75
03.01.04.01	TUBERIA PVC UF DN 200 ISO 4435 - 2005 SN-2 Ø200MM	m	2,000.25	40.47	80,950.12
03.01.04.02	TUBERIA PVC UF DN 200 ISO 4435 - 2005 SN-2 Ø160 MM	m	535.05	32.60	17,442.63
03.01.05	CONEXIONES DOMICILIARIAS				44,268.98
03.01.05.01	CAJAS DE REGISTRO PREFABRICADO DE 60x30 C/TAPA	und	181.00	244.58	44,268.98
03.01.06	PRUEBAS Y REGISTROS DE PROTOCOLOS PARA RED DE				20,531.76
03.01.06.01	PRUEBA HIDRAULICA DE DESAGUE	m	3,982.97	1.98	7,886.28
03.01.06.02	PRUEBA DE ESTANCAMIENTO EN BUZONES DE DESAGÜE	und	80.00	91.37	7,309.60
03.01.06.03	PRUEBA DE ESTANCAMIENTO EN CAJA DE REGISTRO DE	und	181.00	29.48	5,335.88
03.01.07	RED DE IMPULSIÓN DE DESAGÜE				184,999.72
03.01.07.01	SUMINISTRO Y TERMOFISIÓN DE TUBERIA HDPE Ø90MM	m	1,401.83	45.48	63,755.23
03.01.07.02	SUMINISTRO Y TERMOFISIÓN DE TUBERIA HDPE Ø110MM	m	1,142.50	48.51	55,422.68
03.01.07.03	INSTALACIÓN DE TUBERIAS HDPE (Ø90MM Y Ø110MM)	m	2,544.33	25.87	65,821.82
03.01.08	PRUEBAS Y REGISTROS DE PROTOCOLOS PARA RED DE IMPULSIÓN DE DESAGÜE				17,301.44
03.01.08.01	PRUEBA HIDRAULICA RED DE DESAGÜE VISIBLE	m	2,544.33	3.40	8,650.72
03.01.08.02	PRUEBA HIDRAULICA RED DE DESAGÜE ENTERRADO	m	2,544.33	3.40	8,650.72
03.02	CÁMARA DE BOMBEO				442,879.18
03.02.01	OBRAS PRELIMINARES				2,344.75
03.02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	und	25.00	93.70	2,344.75

03.02	CÁMARA DE BOMBEO				442,879.18
03.02.01	OBRAS PRELIMINARES				2,344.75
03.02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	und	25.00	93.79	2,344.75
03.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				109,912.06
03.02.02.01	EXCAVACIÓN DE TERRENO CON MÁQUINA	m3	1,633.30	3.06	4,997.90
03.02.02.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	739.16	26.22	19,380.78
03.02.02.03	ACARREO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE (MÁQUINA)	m3	894.14	2.75	2,458.89
03.02.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL	m3	1,072.97	13.06	14,012.99
03.02.02.05	TRASEGADO DE AGUA	und	25.00	2,762.46	69,061.50
03.02.03	CONCRETO ARMADO				320,286.37
03.02.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO CISTERNA $f_c=210$ kg/cm ² CON	m3	416.39	382.90	159,435.73
03.02.03.02	ENCOFRADO	m2	2,524.06	23.97	60,501.72
03.02.03.03	ACERO CORRUGADO $FY= 4200$ kg/cm ² GRADO 60	kg	19,150.88	4.74	90,775.17
03.02.03.04	SOLAQUEO INTERIOR CÁMARA DE BOMBEO	und	25.00	382.95	9,573.75
03.02.05	PRUEBAS Y REGISTROS DE PROTOCOLOS PARA RED DE				10,336.00
03.02.05.01	PRUEBA DE ESTANCAMIENTO EN CÁMARA DE BOMBEO	und	25.00	413.44	10,336.00
03.03	RED DE AGUA				788,442.77
03.03.01	OBRAS PRELIMINARES				27,542.45
03.03.01.01	TRAZO Y REPLANTEO IISS	m	7,525.26	3.66	27,542.45
03.03.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				171,226.05
03.03.02.01	EXCAVACIÓN DE TERRENO CON MÁQUINA	m3	625.20	3.06	1,913.11
03.03.02.02	EXCAVACION MANUAL EN ARENA	m3	1,672.44	34.42	57,565.38
03.03.02.03	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN PARA CAMA DE ARENA	m	2,172.00	2.22	4,821.84
03.03.02.04	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	1,354.60	54.59	73,947.61
03.03.02.05	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	943.04	34.97	32,978.11
03.03.03	RED DE AGUA				360,781.91
03.03.03.01	SUMINISTRO Y TERMOFISIÓN DE TUBERIA HDPE Ø90MM	m	4,303.27	45.48	195,712.72
03.03.03.02	SUMINISTRO Y TERMOFISIÓN DE TUBERIA HDPE Ø160MM	m	525.15	50.60	26,572.59
03.03.03.03	INSTALACIÓN DE TUBERIAS HDPE Ø90MM	m	4,303.27	25.87	111,325.59
03.03.03.04	INSTALACIÓN DE TUBERIAS HDPE Ø160MM	m	1,050.29	25.87	27,171.00
03.03.04	ACCESORIOS Y VÁLVULAS				30,206.89
03.03.04.01	VALVULA COMPUERTA F°F° Ø90MM	und	17.00	843.54	14,340.18
03.03.04.02	GRIFO CONTRA INCENDIOS Ø90MM	und	8.00	1,486.11	11,888.88
03.03.04.03	CAJA DE REGISTRO DE VÁLVULA Ø90MM	m	17.00	233.99	3,977.83
03.03.05	CONEXIONES DOMICILIARIAS				138,808.90
03.03.05.01	SUMINISTRO E INTALCIÓN DE MEDIDOR DE AGUA	und	181.00	160.58	29,064.98
03.03.05.02	VALVULA CONTROL DE 1/2"	und	181.00	91.29	16,523.49
03.03.05.03	TUBERIA 1/2" PVC PN10 ACOMETIDA	m	2,172.00	23.42	50,868.24
03.03.05.04	CAJA DE REGISTRO DE MEDIDOR DE AGUA	und	181.00	233.99	42,352.19
03.03.06	PRUEBAS Y REGISTROS DE PROTOCOLOS PARA RED DE				59,876.57
03.03.06.01	PRUEBA HIDRAULICA EN TUBERIA HDPE VISIBLE	m	5,353.56	3.20	17,131.39
03.03.06.02	PRUEBA HIDRAULICA TUBERIA HDPE ENTERRADA	m	7,525.56	3.20	24,081.79
03.03.06.03	DESINFECCIÓN DE RED DE AGUA POTABLE	m	7,525.56	2.48	18,663.39
04	INSTALACIONES ELECTRICAS				1,493,448.68
04.01	RED ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN				1,086,048.61
04.01.01	OBRAS PRELIMINARES				24,822.12
04.01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m	6,782.00	3.66	24,822.12
04.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				308,704.69
04.01.02.01	EXCAVACION MANUAL EN ARENA	m3	3,420.63	34.42	117,738.08

04.01.02.01	EXCAVACION MANUAL EN ARENA	m3	3,420.63	34.42	117,738.08
04.01.02.02	EXCAVACIÓN DE TERRENO CON MÁQUINA	m3	1,060.31	3.06	3,244.55
04.01.02.03	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN PARA CAMA DE ARENA	m	6,782.00	2.22	15,056.04
04.01.02.04	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	813.84	54.59	44,427.53
04.01.02.05	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	3,667.10	34.97	128,238.49
04.01.03	RED DE ACOMETIDAS ELÉCTRICAS				510,904.00
04.01.03.01	CABLE 3-1X35mmNYY+35(N)NYY	m	3,026.50	65.95	199,597.68
04.01.03.02	CABLE 3-1X350mmNYY+50(N)NYY	m	735.60	78.82	57,979.99
04.01.03.03	CABLE 3-1X70mmNYY+70(N)NYY	m	540.00	103.62	55,954.80
04.01.03.04	CABLE 3-1X95mmNYY+95(N)NYY	m	410.00	131.91	54,083.10
04.01.03.05	CABLE 3-1X120mmNYY+120(N)NYY	m	115.50	159.75	18,451.13
04.01.03.06	CABLE 3-1X150mmNYY+150(N)NYY	m	698.00	178.85	124,837.30
04.01.04	CONEXIONES DOMICILIARIAS Y EMPALMES BT				213,434.21
04.01.04.01	CONEXIONES DOMICILIARIAS Y EMPALMES BT	glb	1.00	213,434.21	213,434.21
04.01.05	DUCTOS Y TUBERÍAS				24,833.89
04.01.05.01	DUCTOS Y TUBERÍAS	glb	1.00	24,833.89	24,833.89
04.01.06	PRUEBAS Y REGISTROS DE PROTOCOLOS				3,349.70
04.01.06.01	PRUEBA DE AISLAMIENTO Y CONTINUIDAD	glb	1.00	3,349.70	3,349.70
04.02	RED ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN				407,400.07
04.02.01	OBRAS PRELIMINARES				4,688.46
04.02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m	1,281.00	3.66	4,688.46
04.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				169,909.08
04.02.02.01	EXCAVACION MANUAL EN ARENA	m3	2,304.03	34.42	79,304.71
04.02.02.02	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN PARA CAMA DE ARENA	m	1,281.00	2.22	2,843.82
04.02.02.03	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	326.43	54.59	17,819.81
04.02.02.04	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	1,977.66	34.97	69,158.77
04.02.02.05	ACARREO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE (MÁQUINA)	m3	49.46	2.75	136.02
04.02.02.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL	m3	49.46	13.06	645.95
04.02.03	RED DE LÍNEAS DE DERIVACIÓN DE MEDIA TENSIÓN				211,603.38
04.02.03.01	TENDIDO DE RED DE DERIVACIÓN MEDIA TENSIÓN	glb	1.00	211,603.38	211,603.38
04.02.04	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA				21,199.15
04.02.04.01	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA MT				11,221.75
04.02.04.01.01	POZO DE TIERRA PARA MT	glb	1.00	11,221.75	11,221.75
04.02.04.02	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA BT				8,977.40
04.02.04.02.01	POZO DE TIERRA PARA BT	glb	1.00	8,977.40	8,977.40
04.02.04.03	PRUEBAS Y REGISTROS DE PROTOCOLOS				1,000.00
04.02.04.03.01	PRUEBA DE PUESTA A TIERRA	glb	1.00	1,000.00	1,000.00
				Costo Directo (S/.)	S/ 8,147,026.73
				Gastos Generales y Utilidades (15%)	S/ 1,222,054.01
				Sub total	S/ 9,369,080.74
				Impuestos IGV(18%)	S/ 1,686,434.53
				Total (S/.)	S/11,055,515.27

ANEXO 4 – CONTROL DE PRODUCCIÓN RELLENO Y ENCOFRADO

Metrado:		43,227.56		Control de Productividad														SUMA ARQUITECTOS			
Metrado Acumulado:		43,227.08																			
Partida: Relleno Compactado con Afirmado				IPO =		5.68		IRO =		0.18											
Día	Und	Producción diaria	N° cuadrillas	Cuadrilla Unitaria				Jornada (H)	HH	Productividad	Rendimiento	IP	IR	Metrado Acumulado	HH Acumulado	Productividad Acum.	Rendimiento acumulado				
				Cap.	Ope.	Ofi.	Pe.														
15/08/2017	m2	191	2	0.3	0	1	2	8	52.8	3.62	0.28	0.64	1.57	191	52.8	3.62	0.28				
16/08/2017	m2	193	2	0.3	0	1	2	8	52.8	3.66	0.27	0.64	1.55	384	105.6	3.64	0.28				
17/08/2017	m2	195	2	0.3	0	1	2	8	52.8	3.69	0.27	0.65	1.54	579	158.4	3.66	0.27				
18/08/2017	m2	284	3	0.3	0	1	2	8	79.2	3.59	0.28	0.63	1.58	863	237.6	3.63	0.28				
19/08/2017	m2	176	3	0.3	0	1	2	5	49.5	3.56	0.28	0.63	1.60	1039	287.1	3.62	0.28				
21/08/2017	m2	295	3	0.3	0	1	2	8	79.2	3.72	0.27	0.66	1.53	1334	366.3	3.64	0.27				
22/08/2017	m2	301	3	0.3	0	1	2	8	79.2	3.80	0.26	0.67	1.50	1635	445.5	3.67	0.27				
23/08/2017	m2	312	3	0.3	0	1	2	8	79.2	3.94	0.25	0.69	1.44	1947	524.7	3.71	0.27				
24/08/2017	m2	394	4	0.3	0	1	2	8	105.6	3.73	0.27	0.66	1.52	2341	630.3	3.71	0.27				
25/08/2017	m2	398	4	0.3	0	1	2	8	105.6	3.77	0.27	0.66	1.51	2739	735.9	3.72	0.27				
26/08/2017	m2	247	4	0.3	0	1	2	5	66	3.74	0.27	0.66	1.52	2986	801.9	3.72	0.27				
28/08/2017	m2	419	4	0.3	0	1	2	8	105.6	3.97	0.25	0.70	1.43	3405	907.5	3.75	0.27				
29/08/2017	m2	423	4	0.3	0	1	2	8	105.6	4.01	0.25	0.71	1.42	3828	1013.1	3.78	0.26				
30/08/2017	m2	436	4	0.3	0	1	2	8	105.6	4.13	0.24	0.73	1.38	4264	1118.7	3.81	0.26				
31/08/2017	m2	463	4	0.3	0	1	2	8	105.6	4.38	0.23	0.77	1.30	4727	1224.3	3.86	0.26				
01/09/2017	m2	486	4	0.3	0	1	2	8	105.6	4.60	0.22	0.81	1.23	5213	1329.9	3.92	0.26				
02/09/2017	m2	376	5	0.3	0	1	2	5	82.5	4.56	0.22	0.80	1.25	5589	1412.4	3.96	0.25				
04/09/2017	m2	642	5	0.3	0	1	2	8	132	4.87	0.21	0.86	1.17	6231	1544.4	4.03	0.25				
05/09/2017	m2	664	5	0.3	0	1	2	8	132	5.03	0.20	0.89	1.13	6895	1676.4	4.11	0.24				
06/09/2017	m2	678	5	0.3	0	1	2	8	132	5.14	0.19	0.90	1.11	7573	1808.4	4.19	0.24				
07/09/2017	m2	713	5	0.3	0	1	2	8	132	5.40	0.19	0.95	1.05	8286	1940.4	4.27	0.23				
08/09/2017	m2	720	5	0.3	0	1	2	8	132	5.45	0.18	0.96	1.04	9006	2072.4	4.35	0.23				
09/09/2017	m2	456	5	0.3	0	1	2	5	82.5	5.53	0.18	0.97	1.03	9462	2154.9	4.39	0.23				
11/09/2017	m2	725	5	0.3	0	1	2	8	132	5.49	0.18	0.97	1.03	10187	2286.9	4.45	0.22				
12/09/2017	m2	813	6	0.3	0	1	2	8	158.4	5.13	0.19	0.90	1.11	11000	2445.3	4.50	0.22				
13/09/2017	m2	837	6	0.3	0	1	2	8	158.4	5.28	0.19	0.93	1.08	11837	2603.7	4.55	0.22				
14/09/2017	m2	863	6	0.3	0	1	2	8	158.4	5.45	0.18	0.96	1.04	12700	2762.1	4.60	0.22				
15/09/2017	m2	894	6	0.3	0	1	2	8	158.4	5.64	0.18	0.99	1.01	13594	2920.5	4.65	0.21				
16/09/2017	m2	534	6	0.3	0	1	2	5	99	5.39	0.19	0.95	1.05	14128	3019.5	4.68	0.21				
18/09/2017	m2	924	6	0.3	0	1	2	8	158.4	5.83	0.17	1.03	0.97	15052	3177.9	4.74	0.21				
19/09/2017	m2	957	6	0.3	0	1	2	8	158.4	6.04	0.17	1.06	0.94	16009	3336.3	4.80	0.21				
20/09/2017	m2	960	6	0.3	0	1	2	8	158.4	6.06	0.17	1.07	0.94	16969	3494.7	4.86	0.21				
21/09/2017	m2	963	6	0.3	0	1	2	8	158.4	6.08	0.16	1.07	0.93	17932	3653.1	4.91	0.20				
22/09/2017	m2	954	6	0.3	0	1	2	8	158.4	6.02	0.17	1.06	0.94	18886	3811.5	4.96	0.20				
23/09/2017	m2	601	6	0.3	0	1	2	5	99	6.07	0.16	1.07	0.94	19487	3910.5	4.98	0.20				
25/09/2017	m2	972	6	0.3	0	1	2	8	158.4	6.14	0.16	1.08	0.93	20459	4068.9	5.03	0.20				
26/09/2017	m2	997	6	0.3	0	1	2	8	158.4	6.29	0.16	1.11	0.90	21456	4227.3	5.08	0.20				
27/09/2017	m2	994	6	0.3	0	1	2	8	158.4	6.28	0.16	1.10	0.91	22450	4385.7	5.12	0.20				
28/09/2017	m2	992	6	0.3	0	1	2	8	158.4	6.26	0.16	1.10	0.91	23442	4544.1	5.16	0.19				
29/09/2017	m2	1086	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.09	0.16	1.07	0.93	24528	4722.3	5.19	0.19				
30/09/2017	m2	1089	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.11	0.16	1.08	0.93	25617	4900.5	5.23	0.19				
02/10/2017	m2	1097	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.16	0.16	1.08	0.92	26714	5078.7	5.26	0.19				
03/10/2017	m2	1113	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.25	0.16	1.10	0.91	27827	5256.9	5.29	0.19				
04/10/2017	m2	1121	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.29	0.16	1.11	0.90	28948	5435.1	5.33	0.19				
05/10/2017	m2	1118	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.27	0.16	1.10	0.91	30066	5613.3	5.36	0.19				
06/10/2017	m2	1119	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.28	0.16	1.11	0.90	31185	5791.5	5.38	0.19				
07/10/2017	m2	1098	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.16	0.16	1.08	0.92	32283	5969.7	5.41	0.18				
09/10/2017	m2	1126	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.32	0.16	1.11	0.90	33409	6147.9	5.43	0.18				
10/10/2017	m2	1127	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.32	0.16	1.11	0.90	34536	6326.1	5.46	0.18				
11/10/2017	m2	1126	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.32	0.16	1.11	0.90	35662	6504.3	5.48	0.18				
12/10/2017	m2	1119	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.28	0.16	1.11	0.90	36781	6682.5	5.50	0.18				
13/10/2017	m2	1122	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.30	0.16	1.11	0.90	37903	6860.7	5.52	0.18				
14/10/2017	m2	1118	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.27	0.16	1.10	0.91	39021	7038.9	5.54	0.18				
16/10/2017	m2	1121	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.29	0.16	1.11	0.90	40142	7217.1	5.56	0.18				
17/10/2017	m2	1123	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.30	0.16	1.11	0.90	41265	7395.3	5.58	0.18				
18/10/2017	m2	1122	6	0.3	0	1	2	9	178.2	6.30	0.16	1.11	0.90	42387	7573.5	5.60	0.18				
19/10/2017	m2	840	5	0.3	0	1	2	8	132	6.36	0.16	1.12	0.89	43227	7705.5	5.61	0.18				
43227								7705.5													

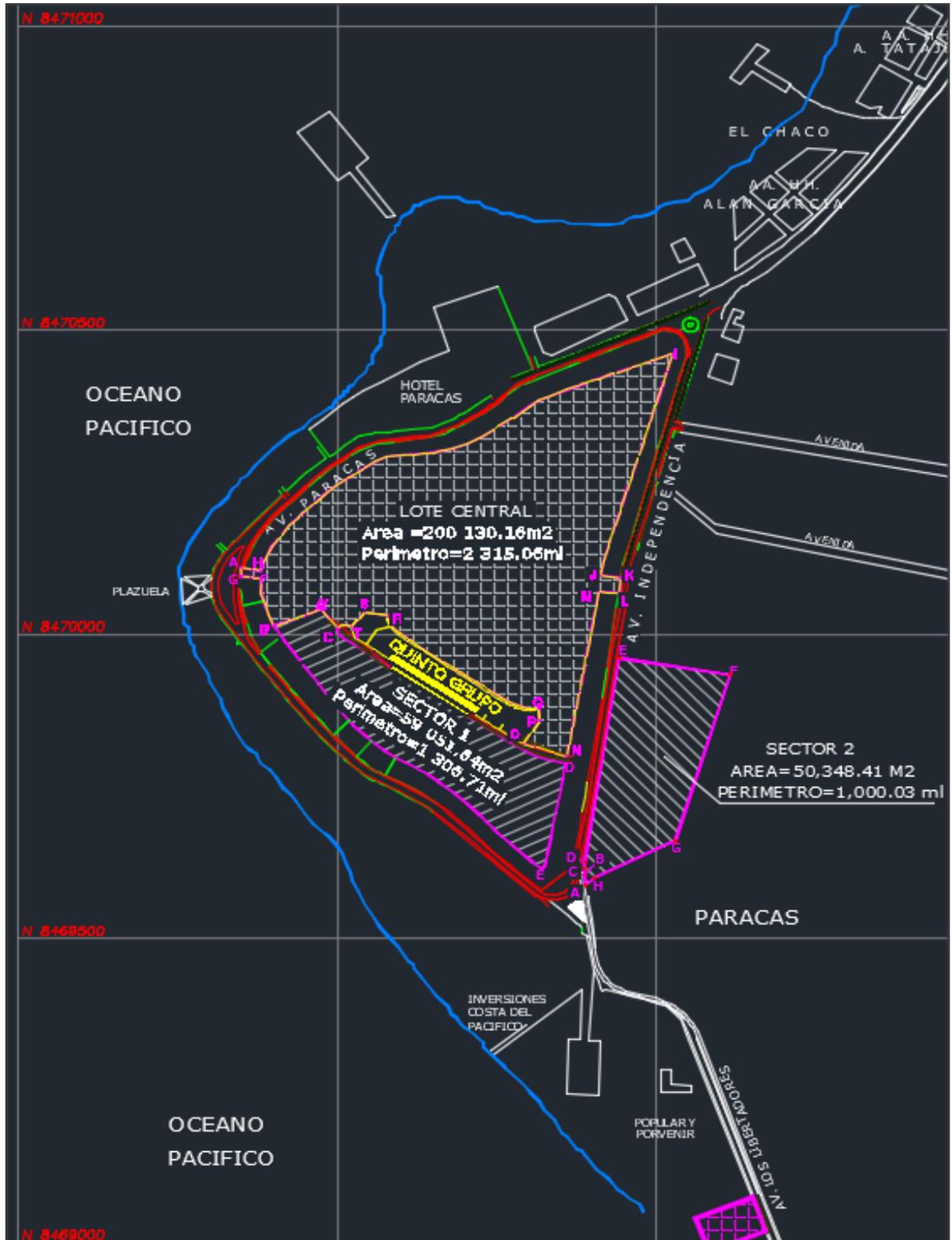
	Levantamiento de información para Carta Balance
	Horas Extras
	Días extras (buffer)

Metrado:		16,723.00	Control de Productividad											SUMA ARQUITECTOS			
Metrado Acumulado:		16,723.00	IPO = 1.12 IRO= 0.89														
Dia	Und	Producción diaria	N° cuadrillas	Cadrilla Unitaria				Jornada (H)	HH	Productividad	Rendimiento	IP	IR	Metrado Acumulado	HH Acumulado	Productividad Acum	Rendimiento Acum
				Cap.	Ope.	Ofi.	Pe.										
02/10/2017	m2	137	10	0	1	0	1	8	160	0.86	1.17	0.76	1.31	137	160	0.86	1.17
03/10/2017	m2	133	10	0	1	0	1	8	160	0.83	1.20	0.74	1.35	270	320	0.84	1.19
04/10/2017	m2	132	10	0	1	0	1	8	160	0.83	1.21	0.73	1.36	402	480	0.84	1.19
05/10/2017	m2	138	10	0	1	0	1	8	160	0.86	1.16	0.77	1.30	540	640	0.84	1.19
06/10/2017	m2	86	10	0	1	0	1	5	100	0.86	1.16	0.76	1.31	626	740	0.85	1.18
07/10/2017	m2	145	10	0	1	0	1	8	160	0.91	1.10	0.81	1.24	771	900	0.86	1.17
09/10/2017	m2	147	10	0	1	0	1	8	160	0.92	1.09	0.82	1.22	918	1060	0.87	1.15
10/10/2017	m2	156	10	0	1	0	1	8	160	0.98	1.03	0.87	1.15	1074	1220	0.88	1.14
11/10/2017	m2	191	14	0	1	0	1	8	224	0.85	1.17	0.76	1.32	1265	1444	0.88	1.14
12/10/2017	m2	187	14	0	1	0	1	8	224	0.83	1.20	0.74	1.35	1452	1668	0.87	1.15
13/10/2017	m2	120	14	0	1	0	1	5	140	0.86	1.17	0.76	1.31	1572	1808	0.87	1.15
14/10/2017	m2	195	14	0	1	0	1	8	224	0.87	1.15	0.77	1.29	1767	2032	0.87	1.15
16/10/2017	m2	204	14	0	1	0	1	8	224	0.91	1.10	0.81	1.24	1971	2256	0.87	1.14
17/10/2017	m2	246	16	0	1	0	1	8	256	0.96	1.04	0.85	1.17	2217	2512	0.88	1.13
18/10/2017	m2	251	16	0	1	0	1	8	256	0.98	1.02	0.87	1.15	2468	2768	0.89	1.12
19/10/2017	m2	251	16	0	1	0	1	8	256	0.98	1.02	0.87	1.15	2719	3024	0.90	1.11
20/10/2017	m2	158	16	0	1	0	1	5	160	0.99	1.01	0.88	1.14	2877	3184	0.90	1.11
21/10/2017	m2	301	18	0	1	0	1	8	288	1.05	0.96	0.93	1.08	3178	3472	0.92	1.09
23/10/2017	m2	276	18	0	1	0	1	8	288	0.96	1.04	0.85	1.17	3454	3760	0.92	1.09
24/10/2017	m2	311	18	0	1	0	1	8	288	1.08	0.93	0.96	1.04	3765	4048	0.93	1.08
25/10/2017	m2	334	20	0	1	0	1	8	320	1.04	0.96	0.93	1.08	4099	4368	0.94	1.07
26/10/2017	m2	346	20	0	1	0	1	8	320	1.08	0.92	0.96	1.04	4445	4688	0.95	1.05
27/10/2017	m2	203	20	0	1	0	1	5	200	1.02	0.99	0.90	1.11	4648	4888	0.95	1.05
28/10/2017	m2	359	20	0	1	0	1	8	320	1.12	0.89	1.00	1.00	5007	5208	0.96	1.04
30/10/2017	m2	363	20	0	1	0	1	8	320	1.13	0.88	1.01	0.99	5370	5528	0.97	1.03
31/10/2017	m2	367	20	0	1	0	1	8	320	1.15	0.87	1.02	0.98	5737	5848	0.98	1.02
01/11/2017	m2	370	20	0	1	0	1	8	320	1.16	0.86	1.03	0.97	6107	6168	0.99	1.01
02/11/2017	m2	376	20	0	1	0	1	8	320	1.18	0.85	1.04	0.96	6483	6488	1.00	1.00
03/11/2017	m2	226	20	0	1	0	1	5	200	1.13	0.88	1.00	1.00	6709	6688	1.00	1.00
04/11/2017	m2	356	20	0	1	0	1	8	320	1.11	0.90	0.99	1.01	7065	7008	1.01	0.99
06/11/2017	m2	351	20	0	1	0	1	8	320	1.10	0.91	0.98	1.03	7416	7328	1.01	0.99
07/11/2017	m2	349	20	0	1	0	1	8	320	1.09	0.92	0.97	1.03	7765	7648	1.02	0.98
08/11/2017	m2	342	20	0	1	0	1	8	320	1.07	0.94	0.95	1.05	8107	7968	1.02	0.98
09/11/2017	m2	350	20	0	1	0	1	8	320	1.09	0.91	0.97	1.03	8457	8288	1.02	0.98
10/11/2017	m2	210	20	0	1	0	1	5	200	1.05	0.95	0.93	1.07	8667	8488	1.02	0.98
11/11/2017	m2	416	24	0	1	0	1	8	384	1.08	0.92	0.96	1.04	9083	8872	1.02	0.98
13/11/2017	m2	421	24	0	1	0	1	8	384	1.10	0.91	0.97	1.03	9504	9256	1.03	0.97
14/11/2017	m2	418	24	0	1	0	1	8	384	1.09	0.92	0.97	1.03	9922	9640	1.03	0.97
15/11/2017	m2	419	24	0	1	0	1	8	384	1.09	0.92	0.97	1.03	10341	10024	1.03	0.97
16/11/2017	m2	376	24	0	1	0	1	8	384	0.98	1.02	0.87	1.15	10717	10408	1.03	0.97
17/11/2017	m2	365	24	0	1	0	1	8	384	0.95	1.05	0.85	1.18	11082	10792	1.03	0.97
18/11/2017	m2	229	24	0	1	0	1	5	240	0.95	1.05	0.85	1.18	11311	11032	1.03	0.98
20/11/2017	m2	349	24	0	1	0	1	8	384	0.91	1.10	0.81	1.24	11660	11416	1.02	0.98
21/11/2017	m2	364	24	0	1	0	1	8	384	0.95	1.05	0.84	1.19	12024	11800	1.02	0.98
22/11/2017	m2	378	24	0	1	0	1	8	384	0.98	1.02	0.88	1.14	12402	12184	1.02	0.98
23/11/2017	m2	458	26	0	1	0	1	8	416	1.10	0.91	0.98	1.02	12860	12600	1.02	0.98
24/11/2017	m2	463	26	0	1	0	1	8	416	1.11	0.90	0.99	1.01	13323	13016	1.02	0.98
25/11/2017	m2	328	26	0	1	0	1	6	312	1.05	0.95	0.93	1.07	13651	13328	1.02	0.98
27/11/2017	m2	532	26	0	1	0	1	9	468	1.14	0.88	1.01	0.99	14183	13796	1.03	0.97
28/11/2017	m2	511	26	0	1	0	1	9	468	1.09	0.92	0.97	1.03	14694	14264	1.03	0.97
29/11/2017	m2	507	26	0	1	0	1	9	468	1.08	0.92	0.96	1.04	15201	14732	1.03	0.97
30/11/2017	m2	523	26	0	1	0	1	9	468	1.12	0.89	0.99	1.01	15724	15200	1.03	0.97
01/12/2017	m2	528	27	0	1	0	1	9	486	1.09	0.92	0.97	1.04	16252	15686	1.04	0.97
02/12/2017	m2	471	24	0	1	0	1	9	432	1.09	0.92	0.97	1.03	16723	16118	1.04	0.96
		16723												16118			

	Levantamiento de información para Carta Balance
	Horas Extras
	Días extras (buffer)

ANEXO 5 – PLANOS REFERENCIALES (FUENTE: SUMA ARQUITECTOS)

Plano de Ubicación



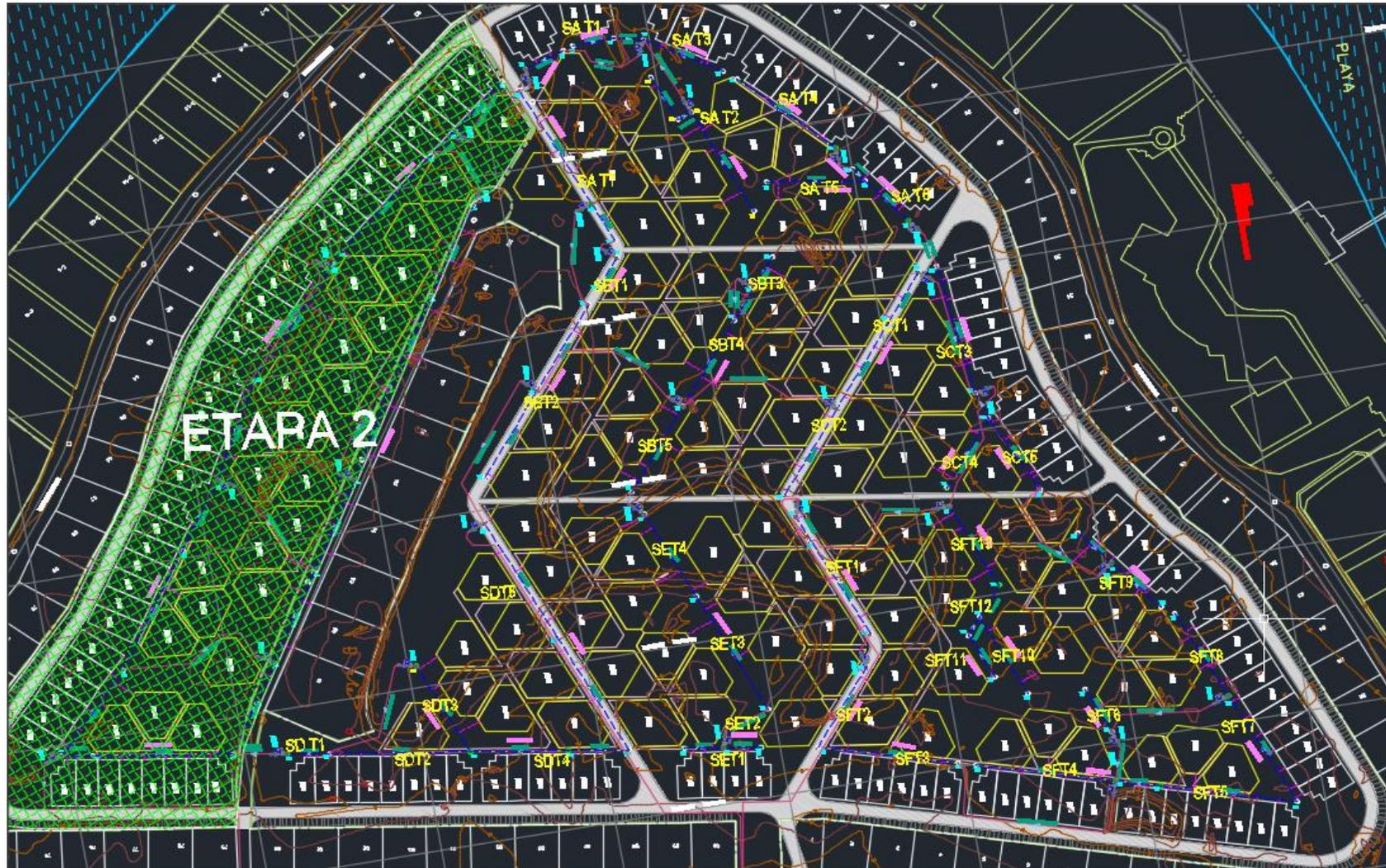
Plano Masterplan



"Aplicación de Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control del Proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas"

Bach. Luis Ricardo Yika Prieto

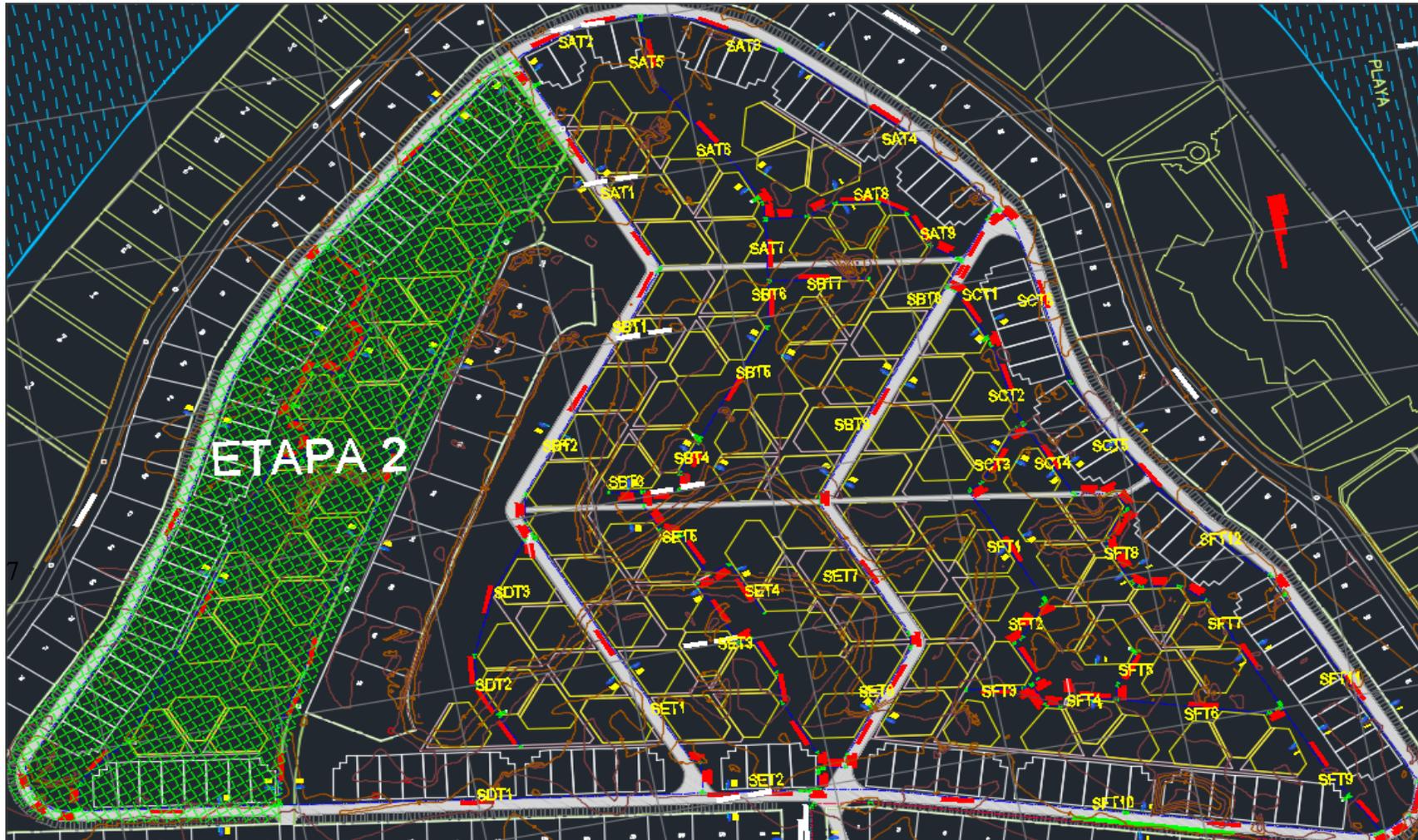
Plano de Red de Alcantarillado Bombeado



“Aplicación de Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control del Proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas”

Bach. Luis Ricardo Yika Prieto

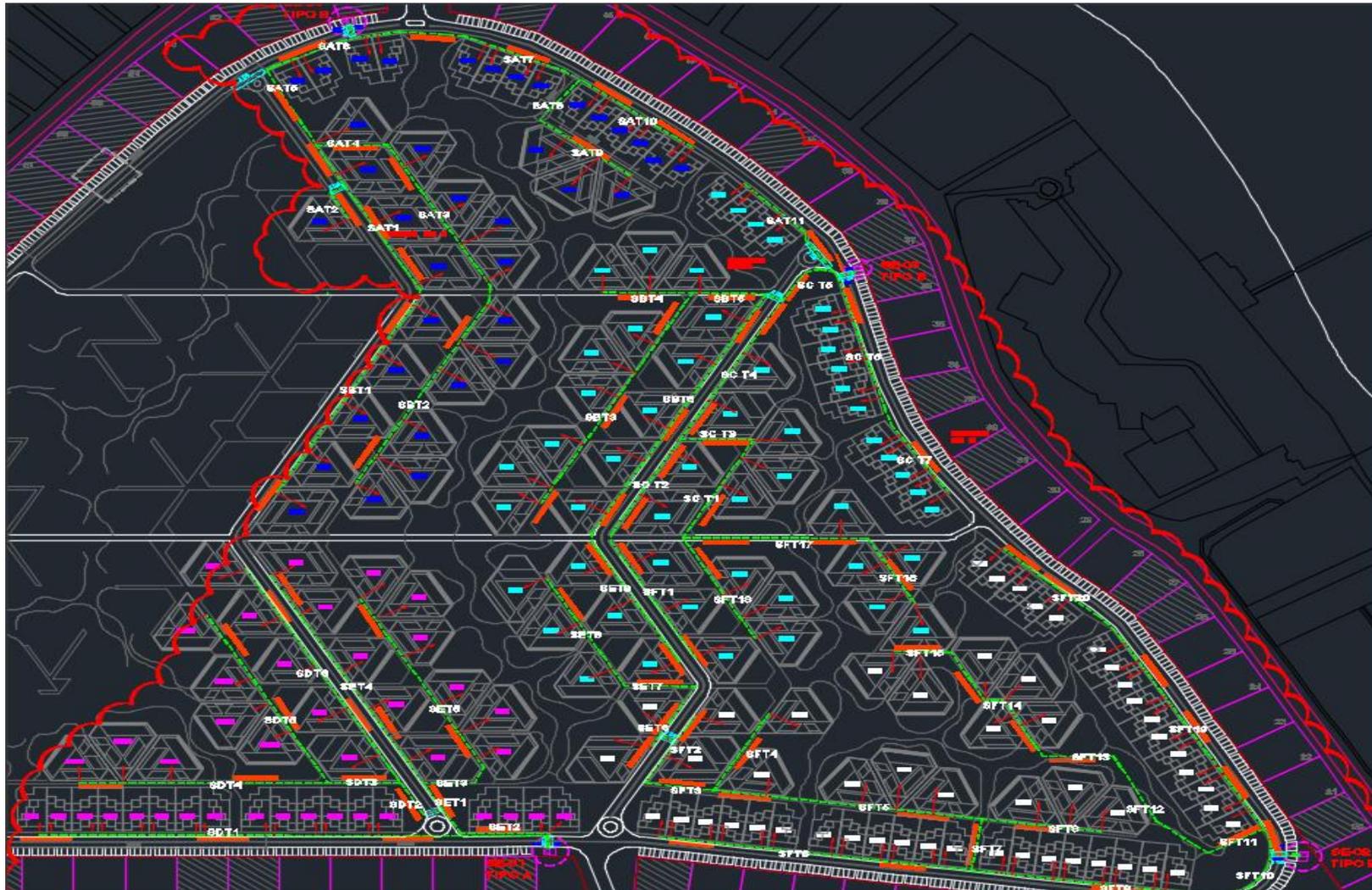
Plano de Red de Agua Potable



“Aplicación de Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control del Proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas”

Bach. Luis Ricardo Yika Prieto

Plano de Red Eléctrica



"Aplicación de Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control del Proyecto Condominio Oasis Bahía de Paracas"

Bach. Luis Ricardo Yika Prieto

ANEXO 6 – REGISTRO VALOR GANADO ACUMULADO (FUENTE: SUMA ARQUITECTOS)

	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4	Sem5	Sem6	Sem7
PV	S/ 100,231.10	S/ 192,340.03	S/ 347,692.26	S/ 562,896.53	S/ 946,078.79	S/ 1,194,839.31	S/ 1,764,176.14
EV	S/ 67,671.61	S/ 174,932.08	S/ 327,058.99	S/ 567,422.51	S/ 934,315.89	S/ 1,168,343.36	S/ 1,601,298.47
AC	S/ 64,678.15	S/ 169,574.78	S/ 319,569.24	S/ 553,366.10	S/ 897,390.63	S/ 1,123,802.55	S/ 1,561,720.88
SV	-S/ 32,559.49	-S/ 17,407.95	-S/ 20,633.27	S/ 4,525.98	-S/ 11,762.91	-S/ 26,495.96	-S/ 162,877.67
CV	S/ 2,993.46	S/ 5,357.30	S/ 7,489.75	S/ 14,056.41	S/ 36,925.26	S/ 44,540.80	S/ 39,577.59
SPI	0.675	0.909	0.941	1.008	0.988	0.978	0.908
CPI	1.046	1.032	1.023	1.025	1.041	1.040	1.025
BAC							S/ 8,147,026.73
ETC							S/ 6,383,944.48
EAC							S/ 7,945,665.36
VAC							S/ 201,361.37

	Sem8	Sem9	Sem10	Sem11	Sem12	Sem13	Sem14
PV	S/ 2,237,265.24	S/ 2,601,930.73	S/ 2,990,289.06	S/ 3,343,825.78	S/ 3,856,856.98	S/ 4,353,348.66	S/ 5,049,732.19
EV	S/ 1,981,049.84	S/ 2,264,418.68	S/ 2,609,357.13	S/ 2,858,763.79	S/ 3,281,412.65	S/ 3,888,964.86	S/ 4,658,861.97
AC	S/ 1,941,196.39	S/ 2,232,327.17	S/ 2,567,936.18	S/ 2,812,244.84	S/ 3,213,954.04	S/ 3,785,785.99	S/ 4,522,642.74
SV	-S/ 256,215.40	-S/ 337,512.05	-S/ 380,931.93	-S/ 485,061.99	-S/ 575,444.33	-S/ 464,383.80	-S/ 390,870.22
CV	S/ 39,853.45	S/ 32,091.51	S/ 41,420.95	S/ 46,518.94	S/ 67,458.61	S/ 103,178.88	S/ 136,219.23
SPI	0.885	0.870	0.873	0.855	0.851	0.893	0.923
CPI	1.021	1.014	1.016	1.017	1.021	1.027	1.030
BAC							S/ 8,147,026.73
ETC							S/ 3,386,175.23
EAC							S/ 7,908,817.97
VAC							S/ 238,208.76

	Sem15	Sem16	Sem17	Sem18	Sem19	Sem20	Sem21
PV	S/ 5,660,351.72	S/ 5,979,015.68	S/ 6,103,818.13	S/ 6,220,876.91	S/ 6,625,164.25	S/ 7,195,071.82	S/ 7,879,692.15
EV	S/ 5,441,556.03	S/ 5,912,974.63	S/ 6,061,545.00	S/ 6,151,728.54	S/ 6,447,573.51	S/ 6,982,872.53	S/ 7,759,199.23
AC	S/ 5,252,889.39	S/ 5,698,511.90	S/ 5,845,411.89	S/ 5,938,166.41	S/ 6,237,519.21	S/ 6,764,711.81	S/ 7,510,614.68
SV	-S/ 218,795.69	-S/ 66,041.05	-S/ 42,273.13	-S/ 69,148.37	-S/ 177,590.74	-S/ 212,199.29	-S/ 120,492.92
CV	S/ 188,666.64	S/ 214,462.73	S/ 216,133.11	S/ 213,562.13	S/ 210,054.30	S/ 218,160.72	S/ 248,584.55
SPI	0.961	0.989	0.993	0.989	0.973	0.971	0.985
CPI	1.036	1.038	1.037	1.036	1.034	1.032	1.033
BAC							S/ 8,147,026.73
ETC							S/ 375,402.52
EAC							S/ 7,886,017.20
VAC							S/ 261,009.53

	Sem22	Sem23	Sem24	Sem25	Sem26	Sem27	Sem28
PV	S/ 7,991,158.55	S/ 8,079,425.03	S/ 8,125,357.90	S/ 8,128,530.66	S/ 8,147,026.73		
EV	S/ 7,963,500.76	S/ 8,046,956.01	S/ 8,125,357.92	S/ 8,127,349.80	S/ 8,140,995.89	S/ 8,144,635.73	S/ 8,147,026.73
AC	S/ 7,705,309.60	S/ 7,786,370.07	S/ 7,859,814.64	S/ 7,861,916.91	S/ 7,876,445.12	S/ 7,878,699.26	S/ 7,880,746.82
SV	-S/ 27,657.79	-S/ 32,469.02	S/ 0.02	-S/ 1,180.86	-S/ 6,030.84	-S/ 2,391.00	S/ -
CV	S/ 258,191.16	S/ 260,585.94	S/ 265,543.28	S/ 265,432.89	S/ 264,550.77	S/ 265,936.47	S/ 266,279.91
SPI	0.997	0.996	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000
CPI	S/ 1.03	1.034					
BAC					S/ 8,147,026.73		S/ 8,147,026.73
ETC					S/ 5,834.86		S/ 0.00
EAC					S/ 7,882,279.98		S/ 7,880,746.82
VAC					S/ 264,746.75		S/ 266,279.91

ANEXO 7 – REGISTRO FOTOGRÁFICO (FUENTE PROPIA)

Oficinas en campo, Suma Arquitectos.



Entrada posterior terminada de COBP.



Entrada principal de COBP.



Veredas terminadas al 100%.



Cámara de bombeo camuflada en áreas comunes.



Cancha de frontón doble en proceso de pintado.



Subestación eléctrica terminada.



Foto panorámica 1 dentro del COBP.



Foto panorámica 2 dentro del COBP.

