

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN Y SEGURIDAD DE LA TORRE GRÚA
EN EDIFICIOS MULTIFAMILIARES DE 20 PISOS CASO
“EDIFICIO LIBERTY”**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

STEVE JAIME TELLO BARRIOS

ASESOR:

LUIS HUMBERTO BRAVO SALOMON

Lima, noviembre del 2020

RESUMEN

Toda empresa constructora tiene como objetivo para sus proyectos: “Cumplir con el alcance, terminar en el plazo y cumplir con el costo y calidad” (Brioso, 2015). Sin embargo, todos los proyectos de construcción son afectados por factores negativos: la variabilidad y la falta de gestión colaborativa. Estas perjudican la eficiencia modificando las cadenas de producción, reflejado en el aumento del costo y tiempo en la entrega del proyecto (Poshdar, 2014).

En la actualidad, existen varias estrategias para disminuir la variabilidad en los proyectos de construcción. Uno de ellos es la industrialización en este sector, el cual consiste en producir bienes y servicios a gran escala, mediante la utilización de maquinarias como la torre grúa. La implementación del uso óptimo de la torre grúa permite dinamizar el traslado de materiales y acelerar el flujo de las partidas previstas en el proyecto; además, al ser una máquina compuesta de varios componentes, soporta constantes montajes y desmontajes, lo que facilita su instalación temporal en la construcción.

La finalidad de esta tesis es analizar la productividad y seguridad de la torre grúa, y poder justificar su arrendamiento para la construcción de una vivienda multifamiliar de 20 pisos. Asimismo, llevar a cabo un comparativo de productividad y rendimientos entre vaciado con bomba de concreto y vaciado con balde de concreto, con el objetivo de tener la mejor opción para el proyecto. Por último, se presentará un comparativo de costos de implementación y seguridad, entre proyectos que usan torre grúa frente a otros que poseen elevadores de carga para el acarreo de materiales.

Demostrando todo lo antes mencionado, se podrá concluir que efectivamente la torre grúa es una maquinaria óptima que permite el aumento de la producción en obra, mostrando un ahorro en tiempo y dinero de las partidas de vaciado y acarreo de materiales. Además, se concluye que la torre grúa proporciona una mejor seguridad en obra, ya que al reemplazar a una determinada cantidad de trabajadores se reduce la probabilidad de incidentes y accidentes en la construcción.

Tabla de contenido

1.	Introducción	7
1.1	Descripción del problema	7
1.2	Justificación de la investigación	7
1.3	Objetivos	7
1.3.1	Objetivo General	7
1.3.2	Objetivos específicos	8
1.4	Metodología.....	8
2.	Historia de la torre grúa	9
2.1	Breve historia en el mundo	9
2.2	Cronología de la grúa moderna.....	10
2.3	Historia de la torre grúa en el país	11
3.	Conceptos preliminares.....	13
3.1	Seguridad y Producción en la construcción.....	13
3.1.1	Definición de los términos.	13
3.1.2	Seguridad y Producción desde la filosofía Lean Construction.....	13
3.2	Definición de torre grúa	17
3.2.1	Componentes.....	18
3.2.2	Mecanismo de la grúa torre.....	20
3.2.3	Funcionamiento de una grúa torre.....	21
3.3	Clasificación de torres grúa	23
3.3.1	Movilidad.....	23
3.3.2	Por el tipo de pluma.....	27
3.4	Criterios para la selección de torre grúa	28
3.4.1	Longitud de pluma.....	29
3.4.2	Altura de torre grúa	29
3.4.3	Carga en punta y carga máxima	29
3.4.4	Clasificación de torre grúa.....	29

3.4.5	Potencia eléctrica requerida	30
3.4.6	Tipo de cabina de mando	30
3.4.7	Dimensionamiento de apoyo.....	30
3.4.8	Tiempo de montaje	30
4.	Descripción del proyecto	31
4.1	Memoria descriptiva.....	31
4.1.1	Propietario.....	31
4.1.2	Localización y ubicación.	31
4.1.3	Características del proyecto.	31
4.1.4	Parámetro constructivo	31
4.1.5	Descripción del Inmueble	32
4.1.6	Cuadro de áreas	32
4.2	Sectorización y metrado geométrico	32
4.3	Análisis y selección de la torre grúa utilizada en el proyecto	34
4.4	Cronograma general contractual	42
4.5	Cronograma de ejecución de obra.....	43
5	Productividad en edificios de 20 pisos.....	44
5.1	Partidas a analizar	44
5.1.1	Partida de vaciado de concreto.....	44
5.1.2	Partida de acarreo de materiales	45
5.2	Flujo de trabajo de las partidas analizadas.	47
5.2.1	Flujo de trabajo de vaciado de concreto.	47
5.2.2	Flujo de trabajo en acarreo de materiales	48
5.3	Análisis de vaciado de concreto en casco estructural de 20 pisos.....	48
5.3.1	Análisis de vaciado sin torre grúa (bomba de concreto).....	48
5.3.2	Análisis de vaciado con torre grúa (balde de concreto)	53
5.4	Análisis de acarreo de materiales.....	65
5.4.1	Distribución de materiales sin torre grúa (elevador de carga).....	65

5.4.2	Distribución de materiales con torre grúa	66
6.	Costos de implementación.	73
6.1	Costo de inversión mensual sin torre grúa (elevador de carga).	73
6.2	Costo de inversión mensual con torre grúa.....	74
6.3	Comparativo de costos sin torre grúa vs con torre grúa.	77
6.3.1	Consideraciones para el comparativo.	77
7.	Análisis de la seguridad de la torre grúa	79
7.1	Lineamientos de seguridad en el proyecto Liberty	79
7.1.1	Procedimientos de trabajos.	79
7.2	Análisis de las partidas involucradas según el IPER.....	81
7.3	Evaluación de incidentes y accidentes en el período de muestra.....	87
7.3.1	Incidentes y accidentes frecuentes.....	87
7.3.2	Índices de accidentabilidad y pérdida de jornadas de trabajo.	88
7.4	Medidas preventivas con torre grúa	89
8.	Conclusiones	92
9.	Recomendaciones	96
10.	Referencia bibliográfica	98
11.	Anexos	100
	Anexo A: Planos del edificio Liberty	100
	Anexo B: registro de vaciado en verticales.....	101
	Anexo C: Registro de vaciados horizontales.....	105
	Anexo D: Partidas de construcción al término de casco.	109
	Anexo E: Ficha técnica de la torre grúa.....	110
	Anexo F: Ficha técnica del elevador de carga.....	111
	Anexo G: Cotización del elevador de carga ecomat 1500kg	112
	Anexo H: Procedimientos de trabajo con torre grúa facilitadas por la empresa Proyectos y construcciones Lugano.	113
	Anexo I: Tabla de baremo y código de señales	131

Lista de tablas

Tabla 1: Principios de Lean Construction	14
Tabla 2 Metrado de concreto según los pisos analizados	33
Tabla 3 Programación de la torre grúa	43
Tabla 4 Cuadrilla para vaciado con bomba de concreto	44
Tabla 5 Cuadrilla para vaciado con torre grúa	45
Tabla 6 Cuadrilla establecida para el acarreo de materiales	46
Tabla 7 Rendimiento de vaciado con bomba en elementos horizontales-Modo Student Residence.	51
Tabla 8 Rendimiento de vaciado con bomba en elementos verticales	52
Tabla 9 Comparativo de productividad en vaciado vertical y horizontal	57
Tabla 10 Ciclo de vaciado de elementos verticales del piso 4	57
Tabla 11 Ciclo de vaciado de elementos horizontales del piso 4	58
Tabla 12 Propuesta de ciclo promedio de vaciado con balde en verticales del piso 4.	59
Tabla 13 Resultado de ciclos promedio de vaciado en elementos verticales	60
Tabla 14 Tabla de rendimientos de vaciado de elementos verticales	61
Tabla 15 Ratio de vaciado de verticales con balde de concreto en 20 pisos	62
Tabla 16 Resultado del ciclo promedio de vaciado de losa.	62
Tabla 17 Resultado de los rendimientos de vaciado horizontal.	63
Tabla 18 Ratio de los elementos horizontales en los 20 pisos	64
Tabla 19 Ratio de los elementos horizontales en los 20 pisos	65
Tabla 20 Metrado y ciclos de transporte de viguetas	70
Tabla 21 Número de bovedillas por sector y tiempos de traslado.	71
Tabla 22 Cantidad de ladrillos por piso	72
Tabla 23 Cuadro Costos mensuales del elevador de carga	73
Tabla 24 Costos fijos de instalación para la grúa MC68B	74
Tabla 25 Costos de alquiler de inversión para la grúa MC68B	75
Tabla 26 Costos de accesorios de seguridad y operatividad de la grúa.	75
Tabla 27 Costos mensuales de la torre grúa	76
Tabla 28 Cuadro comparativo de costos Torre grúa vs Elevador de carga.	78
Tabla 29 Identificación de probabilidad de frecuencia y severidad consecuencias	81
Tabla 30 Evaluación del nivel de seguridad	81
Tabla 31 Evaluación de riesgo preliminar en el proyecto Liberty.	82
Tabla 32 Índices de probabilidad y severidad	83
Tabla 33 Matriz Correlación	83

Tabla 34 Nivel de riesgo	84
Tabla 35 Matriz IPER realizada con los lineamientos de seguridad.	85
Tabla 36 Identificación peligro y medidas de prevención.	89
Tabla 37 Anexo B – Registro de vaciado de verticales	101
Tabla 38 Anexo C – Registro de vaciado de horizontales	105
Tabla 39 Anexo I – Baremo para la valoración de los índices de seguridad	131
Tabla 40 Anexo I – Código de señales de seguridad en maniobras con torre grúa.	132

Lista de figuras

Fig. 1 Torre grúa con sistemas de poleas durante la construcción de un templo griego	9
Fig. 2 Construcción del Centro Cívico de Lima	11
Fig. 3 Construcción de la Torre del Banco de la Nación	12
Fig. 4 Torre grúa como imagen de la construcción	18
Fig. 5 Componentes de una torre grúa	18
Fig. 6 Torre grúa apoyada	23
Fig. 7 Base empotrada en viga reforzada	24
Fig. 8 Base empotrada en zapata	24
Fig. 9 Torre grúa de traslación horizontal	25
Fig. 10 Torre grúa trepadora	26
Fig. 11 Torre grúa telescópica	26
Fig. 12 Arriostre del mástil.	27
Fig. 13 Pluma horizontal en edificio Liberty de Lugano S.A.C	27
Fig. 14 Torre grúa de pluma abatible	28
Fig. 15 Cuadro de áreas del edificio Liberty	32
Fig. 16 Sectorización del piso 3.	33
Fig. 17 Primera ubicación de torre grúa.	34
Fig. 18 Restricción de la primera posición.	34
Fig. 19 segunda ubicación de la torre grúa.	35
Fig. 20 Posición final de la torre grúa.	35
Fig. 21 Ficha técnica: Longitud de pluma	36
Fig. 22 Radio de giro de la pluma	36
Fig. 23 Ficha técnica: mástil	37
Fig. 24 Elevación de la torre grúa	37
Fig. 25 Ficha técnica: Curvas de carga	38
Fig. 26 Ficha técnica: mecanismos	39
Fig. 27 Presupuesto administrativo para aumento de carga	39
Fig. 28 Cabina de mando torre grúa	40

Fig. 29 Plano de zapata de torre grúa	40
Fig. 30 Propuesta técnica de Torre grúa	41
Fig. 31 Cronograma general de la obra	42
Fig. 32 Ubicación del mixer y la bomba de concreto	47
Fig. 33 Ubicación del mixer y el balde de concreto	48
Fig. 34 Productividad de vaciado con bomba en vaciado vertical-Cerezos de Surco.	49
Fig. 35 Productividad de vaciado con bomba en vaciado horizontal-Cerezos de Surco.	49
Fig. 36 Productividad de vaciado con bomba en vaciado vertical-Modo Student Residence.	50
Fig. 37 Productividad de vaciado con bomba en vaciado horizontal-Modo Student Residence.	50
Fig. 38 Trabajo productivo de vaciado de muros.	53
Fig. 39 Trabajo contributorio de vaciado de muros.	53
Fig. 40 Trabajo no contributorio de vaciado de muros.	54
Fig. 41 Distribución de trabajo en vaciado de muros.	54
Fig. 42 Trabajo productivo de vaciado de losa.	55
Fig. 43 Trabajo contributorio de vaciado de losa.	55
Fig. 44 Trabajo no contributorio de vaciado de losa.	56
Fig. 45 Distribución de trabajo de vaciado de losa.	56
Fig. 46 Tiempo de un ciclo promedio de vaciado vertical	60
Fig. 47 Rendimientos de vaciado por piso de elementos verticales	61
Fig. 48 Tiempo de un ciclo promedio de vaciado horizontal	63
Fig. 49 Rendimientos de vaciado de elementos horizontales por nivel	64
Fig. 50 Croquis de puntos de almacenamiento de materiales sin torre grúa.	66
Fig. 51 Distribución de materiales en obra con torre grúa	67
Fig. 52 Tiempos de viaje de acero al punto de acopio	67
Fig. 53 Distribución de materiales al nivel de trabajo	68
Fig. 54 Trabajo contributorio de colocación de acero en muros.	68
Fig. 55 Trabajo no contributorio de colocación de acero en muros.	69
Fig. 56 Distribución del trabajo de colocación de acero en muros.	69
Fig. 57 Programación semanal de los trabajos de torre grúa	72
Fig. 58 - Anexo A1 Plano de piso típico del 3° al 9° piso	100
Fig. 59 Anexo A2- Plano de piso típico del 11° al 12° piso	100
Fig. 60 Anexo A3- Plano de piso típico del 14° al 19° piso	100
Fig. 61 Anexo A4 -Plano de piso 20°	100
Fig. 62 Anexo D1 – Partidas de construcción al finalizar el casco.	109
Fig. 63 Anexo E 1 – Ficha técnica grúa Potain Modelo MC-68B	110
Fig. 64 Anexo F 1 – Ficha técnica Elevador de carga IZA 1500.	111
Fig. 65 Anexo G 1 – Presupuesto de Elevador de carga IZA 1500. (SIN I.G.V)	112

1. Introducción

1.1 Descripción del problema

Según el último Informe Técnico de Producción Nacional publicado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, informa que la actividad constructora registró un crecimiento de 15.2% en el primer mes del 2021 respecto al del 2020. Estas nuevas expectativas del aumento del sector construcción fueron publicadas en el informe económico de la construcción IEC (CAPECO, 2021). Esto significa un aumento significativo en el número de proyectos de edificaciones e infraestructura por parte de la grande y mediana empresa. No obstante, todos estos nuevos proyectos serán afectados por una problemática que siempre ha existido en la construcción: la variabilidad. (Poshdar, 2014).

Una de las herramientas para minimizar la variabilidad es a través de la industrialización en los procesos constructivos. Es aquí, que la torre grúa juega un papel fundamental ya que su correcto aprovechamiento permite optimizar las cadenas de flujo de producción. Además, permite el desplazamiento de material liviano y pesado generando un impacto positivo en el área de seguridad.

1.2 Justificación de la investigación

Es necesario conocer y evaluar el impacto de la productividad, el costo y la seguridad que implica la implementación de una torre grúa en la construcción de un edificio de multifamiliar de 20 pisos frente al uso de bombeo de concreto y elevadores para el acarreo de materiales. Asimismo, es necesario analizar y comparar los rendimientos de vaciado de concreto con balde y con bomba de concreto.

En consecuencia se busca identificar si la torre grúa hace posible que los procesos constructivos sean más rápidos, eficientes, fáciles y de menor costo, mejorando de esta manera la productividad de los proyectos de construcción; además se espera que, al reemplazar a una determinada cantidad de trabajadores a la hora de transportar los materiales, haya una menor probabilidad de ocurrencia de incidentes y accidentes en el proyecto. Teniendo en cuenta una constante supervisión del personal, revisión, mantenimiento de las grúas y sobre todo cumplir las normas de seguridad vigente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Analizar la productividad y seguridad de los procesos constructivos con intervención de la torre grúa y sin torre grúa, y justificar su arrendamiento para el caso de un proyecto de edificación de 20 pisos durante el periodo de casco estructural, mampostería y acarreo de materiales de arquitectura de los 20 pisos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Desarrollar criterios de selección que permitan elegir la mejor opción de torre grúa y mejorar la producción de los procesos constructivos en un proyecto de 20 pisos, tomando en cuenta diferentes factores técnicos (ubicación, altura, capacidad de carga, longitud de pluma, entre otros).
- Analizar la productividad de los procesos constructivos sin torre grúa para un proyecto edificio multifamiliar de 20 pisos.
- Analizar la productividad de los procesos constructivos con torre grúa para un proyecto edificio multifamiliar de 20 pisos.
- Comparar los rendimientos y costos del vaciado sin torre grúa (aplicando bomba de concreto) versus el vaciado con torre grúa (utilizando balde de concreto).
- Evaluar los lineamientos de seguridad en obra con uso de torre grúa versus elevadores de carga para las partidas de transporte de materiales y de vaciado de concreto.

1.4 Metodología

- Actividad 1: Registro de data en campo.
 - Registro de ciclo de movimientos vaciado con balde de concreto y acarreo de materiales.
 - Identificar la cantidad de personal involucrado en el vaciado con bomba de concreto y con balde concretero.
 - Obtener data de rendimientos de vaciado con bomba de concreto en proyectos similares.
 - Registrar los rendimientos de balde concretero utilizando los ciclos de movimientos y tiempos de traslado de materiales.
- Actividad 2: Comparativo de costos.
 - Obtener información sobre el alquiler de la torre grúa (cotizaciones).
 - Obtener información sobre el costo del suministro de concreto con bomba (cotizaciones).
 - Obtener información sobre el alquiler de elevadores o montacargas (cotizaciones).
- Actividad 3: Procedimientos de seguridad para la torre grúa.
 - Conseguir información sobre los lineamientos de seguridad para las actividades de torre grúa.
 - Generar la matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPER) para obras con torre grúa y sin torre grúa.
 - Registrar data de los mayores incidentes ocurridos con torre grúa en el proyecto.

2. Historia de la torre grúa

En este capítulo se presenta una breve historia de la evolución de la grúa en el mundo desde la época de los antiguos griegos hasta la moderna torre grúa. Después, se mencionará sobre las primeras apariciones de torre grúa en nuestro país y que edificaciones importantes fueron erigidas con esta máquina.

2.1 Breve historia en el mundo

La grúa ha sido desde hace siglos una importante herramienta de carga y transporte de material pesado. Por ello, es importante conocer sus orígenes y su evolución. La primera aparición de la grúa tuvo su origen en la antigua Grecia. Esta utilizaba una polea acanalada de madera y era accionada por animales y/o personas para la construcción de edificios de gran altura como los templos emblemáticos y puntos de aforo público.

Posteriormente, se ha encontrado vestigios de grúa en los bloques de piedra de los grandes templos griegos en el siglo VI. (Fig. 1). Estos bloques presentaban marcas de pinzas de hierro en su centro de gravedad indicando el uso de maquinaria para ser levantados y transportados. Fue en este mismo siglo que se introdujo el torno y la polea para permitir la elevación de mayores pesos, reemplazando de esta manera al sistema de rampas como medio de elevación vertical. Estas grúas antiguas permitían levantar cargas de hasta 20 toneladas.



Fig. 1 Torre grúa con sistemas de poleas durante la construcción de un templo griego

Fuente: Construcción en la antigua Grecia, Notas de Felipe Lazo, 4 de Julio 2014 de <https://teoriarquitecturaem.files.wordpress.com/2014/07/grua-partenon.jpg>

Posteriormente la grúa griega fue adoptada por los romanos tras la invasión de los estados griegos. Fue durante la época de la antigua Roma que la grúa tuvo su auge en la construcción. Según la historia evolutiva de las grúas romanas (Unitec lifting solución, 2015), las grúas más usadas fueron el trispasto, el petaspastos y el polypastos:

- El trispastos es la grúa romana más simple que consiste en una horca de una viga, un torno, una cuerda y un bloque que poseía tres poleas. Este bloque proporcionaba una ventaja de tres a uno. Esto permitía transformar el esfuerzo realizado en tres veces valor de carga. Por ejemplo, un hombre que realizaba un esfuerzo de 40 kg podía levantar una carga de 120 kg.
- El pentaspastos fue uno de los tipos más pesados de grúa. Accionado con 5 poleas permitía el movimiento de bloques pesados para la construcción de grandes edificios. Existe la conjetura que podía levantar hasta 3000 kg.
- El Polypastos fue la grúa más pesada y grande inventada por los romanos. Funcionaba con un sistema de tres por cinco poleas con dos, tres o cuatro mástiles que dependían de la carga máxima. El polypastos podía levantar 3000 kg con 3 cuerdas, 5 poleas y 4 hombres que realizaban un esfuerzo de 50 kg. Se presume que los polypastos mayores podían levantar cargas mucho mayores, pero era necesario la construcción de una torre como medio de apoyo.

Posteriormente en la Edad Media las grúas pasaron a tener más influencia en los puertos y astilleros para poder estibar y construir los barcos de guerra y barcos mercantiles, las grúas eran ancladas a bloques de piedra que se usaban para dar una estabilidad adicional, dando paso así a las primeras grúas tipo pórtico apoyadas en su base.

Actualmente, el uso de diseño y cálculo estructural de la grúa moderna permite que estas sean de un material más duradero y más seguro como el acero, esto permite que se puedan desenvolver en cualquier ambiente y condición climática. Además, los accesorios como el juego de poleas que llevan las grúas modernas, llamados polipastos, son de alta resistencia y duración. Estos fueron reemplazados por eslabones de acero reforzado para soportar cargas muchos mayores.

2.2 Cronología de la grúa moderna

En el año 1898 se fabrica la primera grúa de pórtico eléctrico. Permitía una capacidad de carga de 12.5 toneladas y poseía una altura de 11.5 metros. Era utilizada en los puertos como herramienta de descarga de mercancías. En 1920, la grúa eléctrica pasa de puertos al sector construcción. Luego, en el año 1964 se crea la primera gama completa de grúas estandarizadas.

Tras dos décadas, se presenta el sistema de grúa KT 2000 de pequeñas dimensiones que consta de rieles, polipastos, carros y mástil. Su flexibilidad permite aprovecharla en los usos más simples hasta soluciones automatizadas de traslado de carga. En el año 1991, se duplica la capacidad de producción de grúas Ettiglen y en el año 2006 se muestra la tecnología de grúas con una práctica línea blindada de contacto; en otras palabras, sin cables móviles.

Finalmente, en el año 2010, se da el concepto de CraneKits. Un servicio para constructores de grúas los cuales ahorran tiempo en el diseño y el montaje de la grúa; además permite optimizar los gastos de transporte y mano de obra para su instalación.

2.3 Historia de la torre grúa en el país

La aparición de la torre grúa en el país está acompañada con el crecimiento vertical de los edificios a lo largo de la última mitad del siglo XX. El crecimiento fue lento entre los períodos 1950-2000 en el cual los edificio más altos eran el Ministerio de Educación (1956) con 86 metros de altura y la Torre del Centro Cívico (1974) de 109 metros de altura.

El primer uso de torre grúa en el país se remonta a la construcción del Centro Cívico de Lima en Cercado de Lima (Fig. 2). Edificada por orden del ex presidente Belaunde Terry sobre el antiguo centro penitenciario de la ciudad. La construcción fue iniciada en 1970 e inaugurada en 1974. Cuenta con 34 niveles y una altura de 109 metros. La finalización de la torre fue en 1977 y colocó a este edificio como el más alto del país durante el período de 1977 hasta el año 2010. Superando a la Torre Interbank (2001) de 90 metros de altura y la Torre Chocavento (2001) de 107 metros de altura.



Fig. 2 Construcción del Centro Cívico de Lima

Fuente: Divagación y arquitectura, 2 setiembre 2012, de <http://divagarquitectura.blogspot.com/2012/09/centro-civico-de-lima-en-construccion.html>

La ejecución del proyecto fue realizada por la empresa Graña y Montero e implementó el uso de la torre grúa para la construcción del establecimiento. De igual forma, y tras ser culminado el Centro Cívico, se procedió a la construcción del hotel Sheraton (1974) donde también se utilizó una torre grúa. Fue así que desde esta época el uso de torre grúas empezó a tener mayor impacto y uso en la construcción de grandes proyectos de construcción, desde el periodo de 1980 hasta 2000, luego desde el 2000 empezó el uso para obras de mediana y gran envergadura.

Para el periodo del 2010 en adelante, gracias a la globalización e industrialización, los edificios empiezan a tener una mayor altura y estas superarán los 120 metros de altura. Por ejemplo, la construcción del Hotel Westin Libertador (2011) con 120 metros de altura, Torre las Begonias (2013) con 120 metros de altura y al presente con el Banco de la Nación (2015) con 135.5 metros de altura y la remodelación del Edificio BBVA (2012) que incluyó la construcción de una torre metálica adherida al edificio principal alcanzando los 137.83 metros de altura.

Actualmente, la construcción del edificio más alto del Perú es la torre del Banco de la Nación (Fig. 3) y la empresa responsable fue COSAPI donde se obtuvo reconocimientos en el rubro empresarial dentro de la categoría Construcción por culminar el proyecto en un tiempo record. Para lograrlo se emplearon novedosas tecnologías como torres grúa de gran altura y el encofrado auto-trepante, de esta manera se logró marcar un importante hito constructivo en el país. El plazo de ejecución fue de 35 meses el cual consta de 30 pisos y cuatro sótanos, siendo el edificio más alto del Perú con 138 metros de altura.



Fig. 3 Construcción de la Torre del Banco de la Nación

Fuente: Asocem, 15 abril del 2015 de, <http://www.asocem.org.pe/noticias-nacionales/rascacielos-en-construccion-para-la-capital>

3. Conceptos preliminares

Este capítulo abarca los conceptos de seguridad y producción desde el sector construcción. Después, se plantea la definición de la torre grúa, sus componentes y la clasificación que existen en el mercado.

3.1 Seguridad y Producción en la construcción.

Se definirán los términos de seguridad y producción en el ámbito de la industria de la construcción. Luego, se abarcan estos conceptos desde la filosofía *Lean Construction* (para ello es necesario explicar brevemente la filosofía *Lean* y el concepto de *Lean Construction*) y finalmente se expone la sinergia entre la seguridad y la producción.

3.1.1 Definición de los términos.

a) Producción

La producción en la construcción es la ejecución de las actividades o partidas en un determinado tiempo. Una alta producción significa realizar las partidas con la menor cantidad de recursos en menor cantidad de tiempo.

b) Seguridad

La seguridad en la construcción se establece como la protección de los riesgos de accidentes para personal de la obra, para personas ajenas a la obra y de daños a propiedades, tanto de obra como ajenas.

3.1.2 Seguridad y Producción desde la filosofía Lean Construction

3.1.2.1 Filosofía Lean

El sistema Lean nació a partir del sistema de negocios desarrollado por la automotriz Toyota. Su objetivo, gestionar y organizar el desarrollo de los productos, operaciones y relaciones entre el cliente y proveedores. “Se puede entender a Lean como una filosofía que busca la excelencia de la empresa”.

Su metodología se basa en la entrega de un producto aplicando la reducción de los tiempos de entrega, la eliminación de desperdicios y, a su vez, utilizar una menor cantidad de esfuerzo humano, menos espacio donde desarrollarlo e invirtiendo un menor capital (Howell, G. & Ballard, G. 2002).

A continuación se define los siete principios básicos del pensamiento Lean según Pons, Juan (2014). Los cuales tienen que estar inmersos en los lineamientos de toda empresa constructora.

Tabla 1: Principios de Lean Construction

1. El valor	Es el producto o servicio entregado y la base del pensamiento Lean. Debe satisfacer las necesidades mínimas del cliente y para ello es necesario conocer al cliente. El punto de vista del cliente genera las bases del diseño del producto y el proceso para fabricarlo.
2. Cadena de valor	La cadena de valor se entiende como todas las actividades necesarias para la transformación de materias o información en el producto y/o servicio para luego ser entregado al cliente. Lean reconoce todas las actividades y asume que ciertas generan valor añadido y otras no. Es importante, para el establecimiento del flujo de valor, identificar la actividad con la que inicia el proceso y la actividad con la cual finaliza. La finalidad del flujo del valor es poder reconocer las actividades innecesarias o aquellas que generan desperdicios y poder eliminarlas.
3. Flujo	Luego de haber identificado el valor para el cliente y haber identificado el flujo del valor (eliminando las actividades innecesarias), es necesario hacer que fluyan las actividades que quedan. Lean identifica y elimina la mayor cantidad de actividades que no añaden valor a la obra para mejorar la productividad y entregar más valor al cliente.
4. Sistema Pull	Una forma de entender el sistema Pull es conocer el sistema Push o tradicional. Por ejemplo, se tiene una cadena de producción que inicia con la transformación de materias en un punto A y termina, tras ser procesado, en el punto B. El sistema Push o tradicional genera materias para el punto A donde son procesadas y luego llevadas al punto B. La desventaja de este sistema es la capacidad de producción o demanda del punto B. El producto no es finalizado sin haber pasado por B por lo que todas las materias procesadas por A son almacenadas hasta que el punto B las necesite. El flujo es empujado por A hacia B generando exceso de inventarios o sobreproducciones. En cambio, el sistema Pull identifica la demanda del punto B y el sistema genera lo necesario en el punto A. En otras palabras, el punto A no genera nada hasta que el punto B lo señale. Es el cliente (punto B) quien genera la demanda y no el fabricante (punto A) quien empuja los productos.
5. Perfección	Un proceso perfecto es aquel que proporciona valor puro sin ningún desperdicio. Esto es logrado a través del proceso de mejora continua, la estandarización de procesos y un plan de acción, Pons (2014).
6. Transparencia	Se entiende a la transparencia como el acceso a la información de todas las personas involucradas en el flujo de procesos (subcontratistas, proveedores, empleados, distribuidores, consumidores). Esto permite que se genera un feedback instantáneo ya que las partes involucradas pueden realizar mejoras en su turno de producción. Además, significa proporcionar a los participantes información sobre los procesos de producción y así otorgándoles la capacidad de tomar acción. En otras palabras, la descentralización de la toma de decisiones.
7. Capacitación	Para mantener el flujo de procesos y eliminar los desperdicios es necesario que todos los empleados reciban la información concisa y de forma puntual. Esto no se logra solo con la capacitación de los gerentes, todos los empleados debes estar capacitados para atender la demanda del cliente.

Fuente: Juan Felipe Pons. *Introducción a Lean Construction*, pg. 20-23. (2014)

3.1.2.2 *Lean Construction*

Una vez descritos los objetivos de la filosofía Lean y sus principios, es necesario llevar estos términos a la industria de la construcción. Debido a que la industria de la construcción es diferente a la industria de la fabricación. Según el autor (Koskela, L. 2003), existen cuatro principales diferencias:

- Un proyecto de construcción es de naturaleza única, se ejecuta en un lugar diferente y tras finalizar desaparece el lugar de trabajo.
- Se desarrollan por una multi organización de manera temporal, que en el que cada proyecto necesitará de medios y recurso diferentes.
- Parte de cero y realiza un producto de grandes dimensiones, no existen proyectos iguales.
- Se trabaja sobre el mismo producto y desde el propio producto.

Conociendo estas diferencias y singularidades de la industria de la construcción el *LCI Institute* define el término de *Lean construction* como:

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

En consecuencia, la aplicación de Lean Construction ha generado cambios significativos en la industria de la construcción. Según Pons, Juan (2014), estos son:

- La fase de infraestructura, acabados y entrega son diseñados juntos con la finalidad de mostrar y apoyar los propósitos de los clientes.
- El trabajo es estandarizado en todo el proceso para maximizar el valor y reducir los desperdicios durante la ejecución del proyecto.
- Mejorar el rendimiento del proyecto es más importante que la reducción de los costes o el aumento de la velocidad de ninguna actividad aislada.
- Los rendimientos de los sistemas planificados y control se miden y se mejoran.
- Se obtiene una mejora en la calidad y velocidad sin un aumento del coste.

3.1.2.3 Producción y Seguridad: Pilares en Lean Construction

➤ *Last Planner System* o Sistema de último planificador

Last Planner System (LPS) fue creado por Glenn Ballard y basa su idea en que toda planificación es una previsión y que las previsiones siempre son incorrectas. Cuanto más lejana sea la predicción, más inexacta será. Por estas razones, el sistema recomienda (1) planificar con el mayor detalle más cerca de la fecha de ejecución de la actividad (2) Producir planificación colaborativa con todos los que trabajan en el proyecto incluyendo la participación de áreas de apoyo, como seguridad y salud (3) identificar y hacer cumplir con anticipación las limitaciones que se debe considerar para ejecutar las asignaciones planificadas como equipo, (4) promesas confiables y (5) aprender de los errores. (Ballard, G. 2000). Esta metodología de planificación de obra permite modificar los procesos de programación, control y nos ayuda a mejorar el flujo de las actividades programadas, reduciendo la variabilidad en obra y ayudándonos de esta manera a lograr el cumplimiento de las actividades de producción.

Para ello el LPS menciona 8 elementos de control que protege planificación. (Brioso, Xavier. 2015) and (Brioso, Xavier & Humero, Antonio & Calderon-Hernandez, Claudia. 2018).

- *Master Plannig* (Programación maestra)
- *Pull Planning Phase* (Fase de planificación de extracción)
- *LookAhead Planning* (Planificación anticipada).
- *Constraint Analysis* (Análisis de restricciones)
- *Weekly work planning* (Programación semanal)
- *Daily programming* (Programación diaria)
- *Percentage of plan completed* (Porcentaje de Plan Cumplido PPC)
- *Activity Train and Takt – Time.* (Tren de actividades)

“Takt” Palabra alemana que hace referencia a la unidad de tiempo en la que se debe producir un producto, podría definirse en horas, días o semanas.

3.1.2.4 Integrar Last Planner System y el sistema de gestión y seguridad y salud.

Según el autor (Brioso, Xavier, 2017) en su artículo Synergies between Last Planner System and OHSAS 18001 menciona que existen evidencias que muestran que “el LPS integra producción, seguridad y salud de manera óptima, mejorando simultáneamente los indicadores de dirección y gestión, y los índices de siniestralidad laboral.”

En esta investigación se identifica y describe las principales herramientas, técnicas y prácticas del (LPS) que integran y generan una sinergia con la elaboración del plan de seguridad y salud, con la implementación del estudio de las OHSAS 18001. Es por ello que los sistemas de gestión no necesitan competir entre sí, más bien estas metodologías son compatibles si se usan adecuadamente. Esta metodología debe incluir la medición simultánea de los indicadores de desempeño de producción, seguridad y salud, de este análisis se podría demostrar con mayor detalle la correlación que existe entre el LPS y la OHSAS 18001.

¿Qué pasaría si se pudiese transformar los indicadores de seguridad en indicadores financieros? Es evidente que atraería la atención de los directivos e invertirían en ello. Los gerentes de proyectos quieren ver altas utilidades; sin embargo, no quieren invertir en seguridad. Por ello, al artículo plantea que se debería usar plataformas que incorporan la seguridad como una variable clave en la productividad. Por ejemplo, tener una mejora continua en las políticas de seguridad y salud en el trabajo (SST), una mejor planificación (LPS), implementación y funcionamiento, verificación y acción correctiva, por último, la revisión por parte de la dirección del proyecto.

3.2 Definición de torre grúa

Se define a la torre grúa como una máquina de elevación y rotación para el traslado de materiales, alimentada por corriente eléctrica compuesta por una estructura metálica desmontable, especialmente usada en el sector construcción para elevar y distribuir las cargas.

Su principal objetivo es reducir la cantidad de tiempo de traslado y el esfuerzo de la mano de obra, usando sistemas constructivos no tradicionales como elementos prefabricados o pre armados, y de esta manera lograr mejoras en los rendimientos de las partidas de mayor impacto.

La torre grúa, empleada para el proyecto de estudio, está compuesta por una torre metálica con un brazo horizontal giratorio. Posee motores de rotación, elevación y distribución; por lo que los movimientos que puede realizar son rotaciones horizontales de 360°, desplazamiento de arriba hacia abajo en su eje vertical y el traslado de la carga a lo largo de su pluma.

La estructura puede tener una base empotrada o apoyada, ya sea una zapata o viga el cual se une al mástil mediante un marco de empotramiento, diseñado para soportar los esfuerzos y cargas de agentes internos (esfuerzo de peso propio) y externos (fuerza del viento, peso de materiales, etc.). Por ello, las operaciones de montaje se deben de operar con mucha precisión por personal calificado. Por lo general, estas instalaciones temporales nos permiten montajes y desmontajes más eficientes, rápidos y seguros haciendo que las tareas programadas se vuelvan más confiables.

Todo ello minimiza la variabilidad y asegura que el flujo de los procesos no se detenga; reduciendo el tiempo y costo en el proyecto. Por ello, la torre grúa es reconocida a nivel mundial y no simplemente como un símbolo de sistema de elevación sino también como una imagen propia del sector construcción. (Fig. 4). Según la revista Perú Construye (Ed°53, Julio, 2018). Menciona lo siguiente “En obras de construcción, el uso de torre grúas se traduce en reducir significativamente los tiempos y costos de ejecución en los proyectos a fines. Estos son aspectos importantes para cualquier constructora debido a que este equipo, al tener una alta capacidad de carga, puede transportar mayores pesos y volúmenes en un menor número de traslados comparado con el sistema tradicional. Por lo tanto, le permite ser más eficiente y seguro”.



Fig. 4 Torre grúa como imagen de la construcción

Fuente: Grupo Digama, Julio 2015 de /peruconstruye.net/2018/11/16/gruas-torre-equipos-que-elevan-la-productividad-y-seguridad-en-obra/

3.2.1 Componentes

En este subcapítulo se procede a describir los componentes de una torre grúa Potain. Está compuesta por varias piezas metálicas y un conjunto de motores que permiten su movimiento y desplazamiento. La siguiente imagen (Fig. 5) muestra sus principales componentes.

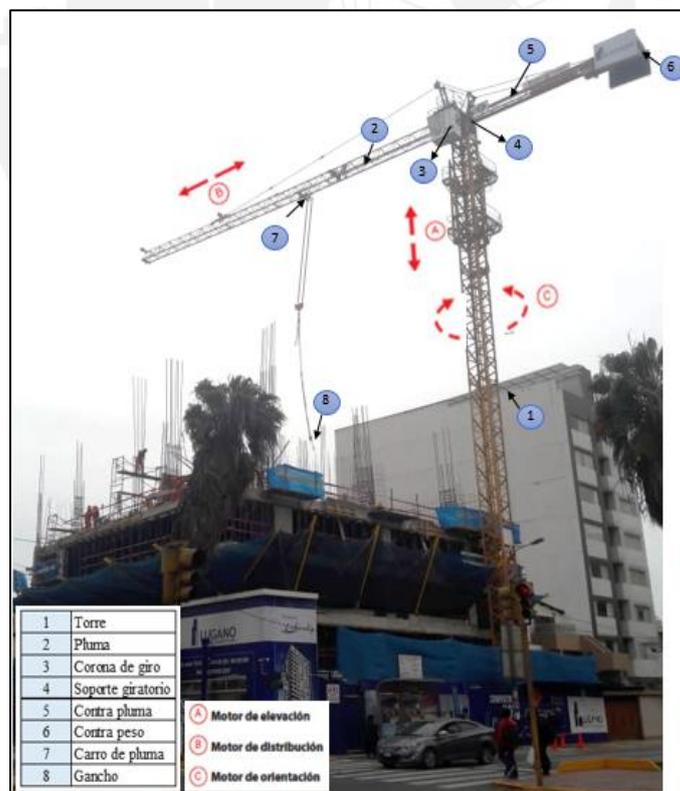


Fig. 5 Componentes de una torre grúa

Fuente propia

3.2.1.1 Torre o Mástil.

Es el componente vertical de la torre grúa. Está conformado por una estructura metálica de sección normalmente cuadrada, cuyo principal objetivo es brindar a la grúa la altura suficiente para que la pluma gire sin obstáculo durante la ejecución proyecto. Normalmente está formada por módulos metálicos que facilitan su montaje. Estos tienen una longitud entre 1.20 m y 1.40 m de lado, serán de mayor longitud debido a la demanda de peso y altura necesitada. Los módulos son unidos mediante pines o tuercas que en conjunto alcanzan la altura proyectada.

El mástil posee una escalera metálica fijada en su estructura que permite el traslado de personal a la parte más alta donde se encuentra la corona giratoria y cabina de mando. El acceso es para dar mantenimiento a los componentes más alejados de la grúa.

3.2.1.2 Pluma o flecha

Está conformada por una estructura metálica de sección triangular cuyo principal objetivo es aportar a la grúa torre de radio y alcance necesario para poder trasladar los materiales. Sus características, forma y dimensión varían según los requerimientos de peso y longitud de cada proyecto. A lo largo de la pluma se instalará un cable fijador, donde el personal especializado podrá desplazarse durante los trabajos de montaje, revisión y mantenimiento de la grúa.

Existen dos tipos de plumas: la pluma horizontal, que sólo giran 360° alrededor de su eje plano horizontal, y la pluma abatible que permite girar de forma horizontal y vertical, pero con una menor velocidad.

3.2.1.3 Corona de giro.

La corona de giro es el componente principal de orientación cuyo propósito es transmitir los esfuerzos (carga viva, muerta, momento, fuerzas horizontales y verticales, entre otras) de la parte giratoria a la parte fija de la torre. Esta estructura metálica es capaz de soportar el peso de la pluma, contra pluma y el contrapeso de la estructura horizontal de la torre grúa.

3.2.1.4 Contra pluma o Contra flecha

Es el componente estructural en el cual se acoplada al mástil y a la corona giratoria, se encuentra situada de lado opuesto a la unión con la pluma. En su extremo se ubican los contrapesos de concreto.

Su longitud oscila entre el 30 y 35% de la longitud de la pluma. Su base está conformada por varios perfiles y piezas metálicas que generan una plataforma el cual facilita el paso del operador desde la torre hasta los contrapesos.

3.2.1.5 Contrapeso

Son bloques de concreto prefabricado los cuales se colocan en la contra pluma para dar una mayor estabilidad, peso e inercia que produce la pluma de la torre grúa, debido a las cargas que son transportadas. También, ayuda a equilibrar la carga útil y ciertas partes de la grúa durante su funcionamiento. El contrapeso asignado depende la carga máxima de carga de la torre grúa.

3.2.1.6 Carro de pluma

Esta estructura soporta el peso de la carga de los materiales y se desplaza en la misma dirección de la pluma a través de unos carriles adheridos a este. La mayoría posee un sistema de seguridad que bloquea los rieles en cuanto se presente un malfuncionamiento en los cables o el carro trate de salir fuera del largo de la pluma.

3.2.2 Mecanismo de la grúa torre.

La grúa torre posee mecanismos de elevación, mecanismo de giro y mecanismo de carro. Todos estos son alimentados con 440 V a 50 o 60hz y emplean entre 30 y 60kw de potencia. En caso de utilizar un grupo electrógeno, este deberá suministrar una energía ser mínima de 90kw.

3.2.2.1 Mecanismos de elevación.

Es el que permite subir y bajar la carga; está constituido por:

- Un motor eléctrico de 3 velocidades y giro en ambos sentidos.
- Un reductor del motor al tambor del cable de elevación.
- El Tambor de enrollamiento.
- El cable de elevación.
- El sistema de freno mecánico y magnético.

3.2.2.2 Mecanismo de giro.

Es el que permite girar la pluma y contra pluma en 360° y está constituido por:

- Dos motores eléctricos de 3 velocidades y giro en ambos sentidos. Los motores tienen reductores incorporados terminando en piñones de giro.
- Los motores también tienen incorporado un freno mecánico y un freno magnético.
- Una corona sobre la que giran los piñones del motor.

3.2.2.3 Mecanismo del carro

Es el que permite mover hacia delante y hacia atrás el carro sobre la pluma, está constituido por:

- Un motor eléctrico de 4 velocidades y giro en ambos sentidos.
- El motor también tiene incorporado un reductor, un freno mecánico y un freno magnético
- Un tambor de enrollamiento de doble entrada con cable de acero.
- Un carro apoyado en cuatro ruedas que se deslizan sobre la pluma.

3.2.3 Funcionamiento de una grúa torre

La empresa Proyectos y construcciones Lugano menciona cuatro puntos importantes en el funcionamiento de la torre grúa, estos son:

- ❖ Velocidades de trabajo: Las grúas tienen básicamente tres mecanismos comandados por motores eléctricos que determinan las velocidades de operación, las cuales son importantes para determinar el rendimiento y los ciclos de trabajo. Estos motores tienen cuatro velocidades las cuales son secuenciales, característica más importante, ya que permite coger y dejar la carga de forma lenta y precisa.

Las grúas poseen los siguientes motores eléctricos:

- ✓ Motor de elevación: Es el motor más potente, 45kW o 60hp, y su función es mover el tambor del cable de elevación. Tiene de 4 velocidades secuenciales:
 - ✓ Motores de giro: Son dos motores los que permiten girar la pluma y contra pluma en 360° con un giro máximo de 0.85 r.p.m. Tienen una potencia de 4.8 kW c/u.
 - ✓ Motor del carro: Hace posible el movimiento de traslación del carro a lo largo de la pluma con una velocidad máxima de 52m/min.
-
- ❖ Capacidad de carga: Es la potencia máxima que posee una grúa torre para el izaje de una determinada carga. Como máquina posee una capacidad limitada, el cual se especifica en la ficha técnica del fabricante. Se debe tener presente que mientras más cerca de la punta se encuentre el material, menor será la capacidad de carga con el cual la grúa fue diseñada para trabajar. Es así, como al alejar la carga del eje de principal, ésta disminuye hasta llegar al mínimo en la punta de la pluma.

- ❖ Sistema de frenado: Este sistema está compuesto por un conjunto de resortes, los cuales ejercen presión constante sobre un disco de freno en el rotor del motor. La función de estos resortes es de comprimir por medio de un electroimán que ejerce una fuerza contraria a la de los resortes y así quedar libre el motor para que pueda funcionar.

Las ventajas de este sistema son:

- Permite operaciones con mayor precisión y seguridad.
- Se puede frenar muy rápido en intervalo de tiempo corto.

Este freno se calibra al inicio en el montaje de la grúa torre por personal calificado.

- ❖ Sistemas de seguridad: Las grúas torre poseen diversos dispositivos de seguridad, los cuales actúan a consecuencia de una mala operación tanto del operador o por una mala indicación del maniobrista.

La calibración y control de los sistemas de seguridad de la grúa son de gran importancia, ya que de su correcto funcionamiento depende la vida del personal que trabaja en su radio de acción y la vida útil de la máquina.

Los limitadores de seguridad se dividen en tres grupos:

Limitadores de esfuerzos (LE).

- Limitadores de par máximo o de momento máximo.
- Limitador de carga máxima.

Limitadores de carrera (LC).

- Limitador de fin de carrera superior e inferior del gancho.
- Limitador de recorrido del carro distribuidor.
- Limitador de velocidad.
- Sistema de puesta en veleta.
- Selección automática de velocidad.

Limitadores de advertencia (LA).

- Bocina de alarma.

3.3 Clasificación de torres grúa

Es importante conocer los tipos de torre grúa que existen, ya que según sus características, algunas podrían presentar más ventajas frente a otras según la necesidad de cada proyecto. Esta clasificación se basa en criterios de que dependen de su movilidad y el tipo de pluma de la torre grúa.

3.3.1 Movilidad

La forma de apoyo indica si el mástil de la torre grúa podrá moverse durante la ejecución del proyecto

3.3.1.1 Torre grúa fija

Son aquellas grúas que no se trasladan por sí mismas o no posee medios de traslado en el proyecto. Entre ellas se encuentran las grúas simplemente apoyadas y las empotradas.

a) Apoyadas

Son aquellas que están compuestas por un mástil vertical fijo apoyado sobre una plataforma de soporte, lastres o patas, las cuales soportan el peso y momento de la grúa (Fig. 6). Este tipo de torre grúa se equilibra por medio de contrapesos en la base o zapatas superficiales unidas por vigas de cimentación con la finalidad que las fuerzas del viento y/o las cargas solicitadas no originen momento volcante en la base, el cual puede generar el volteo y deformación de la estructura.

Al ser simplemente apoyada representa un ahorro económico en mano de obra para montaje y desmontaje, materiales de apoyo y facilidad de colocarlas en lugares estratégicos del proyecto. Su ubicación se encontrará a nivel cero o nivel de vía pública del proyecto.

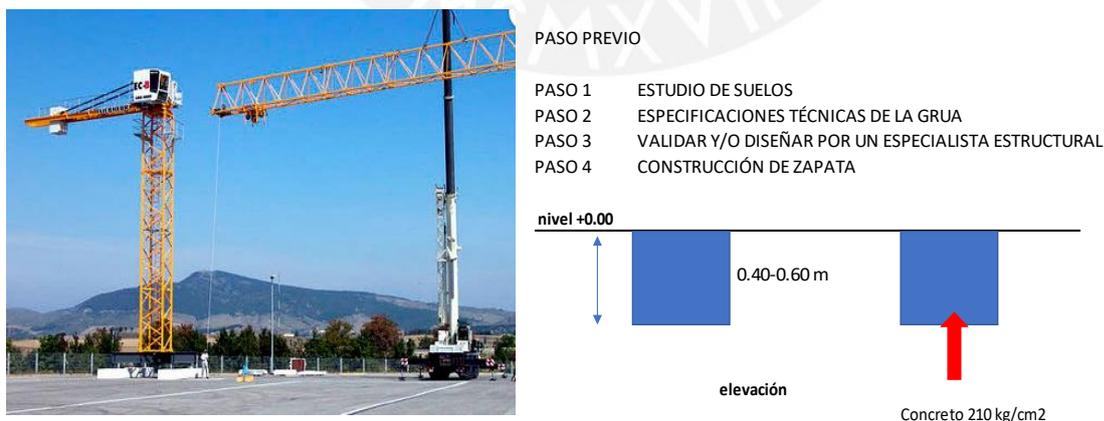


Fig. 6 Torre grúa apoyada

Fuente: Torre grúa apoyada, Julio 2018, de Dreamstime.

b) Empotradas

Son aquellas que están ancladas a una base fija. El mástil puede estar montado sobre una viga reforzada de concreto (Fig. 7), empotrada en muros perimetrales de concreto armado o anclada a una zapata mediante marco de empotramiento (Fig. 8) que es adherida a una zapata. La base tiene como fin soportar el peso propio de la estructura, el peso que se pueda trasladar y las condiciones ambientales adversas (viento). Las bases son diseñadas de acuerdo al peso de la torre grúa y la carga máxima levantada.



Fig. 7 Base empotrada en viga reforzada

Fuente: Propia



Fig. 8 Base empotrada en zapata

Fuente: Propia

A continuación, mencionaremos cual es el procedimiento constructivo para poder vaciar la zapata de la torre grúa de forma correcta.

PROCEDIMIENTO PARA CONSTRUCCIÓN DE ZAPATA

- PASO 1 TRAZAR LAS DIMENSIONES DE LA ZAPATA
- PASO 2 EXCAVACIÓN DE LA ZAPATA (inc alt de solado)
- PASO 3 VACIADO DE SOLADO
- PASO 4 TRAZAR UBICACIÓN DE ANCLAJES
- PASO 5 COLOCAR LOS ANCLAJES
- PASO 6 COLOCAR EL ACERO INFERIOR
- PASO 7 COLOCAR LOS ESTRIBOS O CAMA DE ACERO
- PASO 8 COLOCAR EL ACERO SUPERIOR
- PASO 9 COLOCAR EL PRIMER CUERPO DE GRUA (SOSTENIDO CON GRUA AUXILIAR)
- PASO 10 COLOCAR APOYOS O BURROS Y TELESCÓPICOS
- PASO 11 VERIFICACION DE TRAZO Y NIVEL
- PASO 12 VACIADO DE ZAPATA



PROCESO ITERATIVO

3.3.1.2 Grúas torre móviles

Son aquellas cuya base se encuentra dotada de movimientos autónomos de traslación horizontal o vertical. A pesar de que no posean un medio de anclaje tradicional, deben poder soportar las demandas de carga solicitadas.

a) De traslación horizontal

Poseen una base dotada de medios propios de traslación horizontal a través de carriles, rieles u otros (Fig. 9). Su gran capacidad de traslación es propicia para proyectos de gran envergadura como puentes o rieles de metro a altura. El montaje es más sencillo y su base, al ser apoyada, es más económica que la versión anclada.



Fig. 9 Torre grúa de traslación horizontal

Fuente: Blog spot Innovación relacionada a la grúa torre

b) Trepadoras

Es un sistema de montaje que permite a la torre grúa un aumento de altura al desplazarse por el interior del edificio a medida que este gana niveles superiores (Fig. 10). Al encontrarse cerca del último nivel, esta grúa puede soportar mayores cargas teniendo como ventaja una mayor eficiencia y una mejor producción. Sin embargo, se necesitará crear ductos estratégicos para posicionar la grúa o aprovechar el ductos de ascensor, el cual puede generar atrasos en la instalación de equipos HVAC o instalación del ascensor.

Este tipo de sistema toma más tiempo para su desmontaje debido a que se realiza en la terraza del último nivel del edificio, las que son en general de geometría variable. En este nivel se tiene que instalar un equipo especial de desmontaje que debe ser calculado y diseñado de antemano. Además, es necesario contratar una grúa externa con la altura suficiente que pueda retirar la grúa de desmontaje en su último nivel, lo cual genera un sobre costo en el presupuesto. Actualmente, este tipo de torre grúa no es muy utilizada en el país.

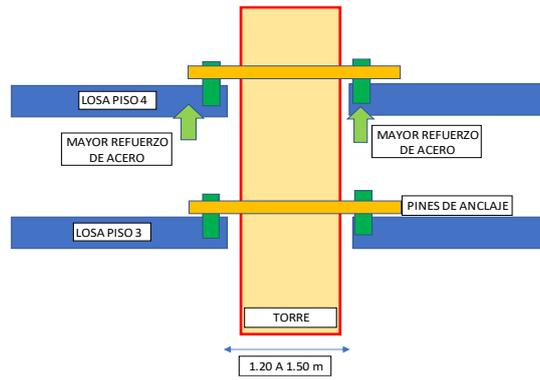


Fig. 10 Torre grúa trepadora

Fuente: Curso "Productividad con torre grúa", Ing. Miguel Lozano (2019)

c) Telescópica

Es el aumento de altura de la torre grúa que va creciendo verticalmente por tramos a través de la inserción o auto colocación de piezas de mástil que son insertadas en el cuerpo de la torre (Fig. 11).

Las piezas nuevas son fijadas al mástil y por un sistema de gatas hidráulicas son impulsadas hacia arriba. Esta operación es llamada telescopaje.



Fig. 11 Torre grúa telescópica

Fuente: Curso de especialización "Productividad con torre grúa", Ing. Miguel Lozano (2019).

Cabe resaltar que conforme la torre grúa va ganando altura pierde estabilidad por la esbeltez del mástil. Por lo que es necesario otorgar seguridad a la estructura. Una forma es a través de anillos y vigas de arriostamiento (Fig. 12) que están sujetos a injertos empotrados en placas, columnas o vigas de la estructura del edificio.



Fig. 12 Arriostre del mástil.

Fuente: Arriostramiento, Grisco Equipo de Construcción (2019).

3.3.2 Por el tipo de pluma

La capacidad de movimiento de la pluma define esta clasificación. Estas pueden ser de pluma horizontal o de pluma abatible.

3.3.2.1 Pluma horizontal

Se define pluma horizontal a aquella que puede girar 360° en su plano horizontal (Fig. 13). Esto le permite una mayor agilidad, versatilidad y seguridad para el transporte de grandes volúmenes. Además, permite mover todo tipo de carga en un amplio radio de giro con gran precisión.



Fig. 13 Pluma horizontal en edificio Liberty de Lugano S.A.C

Fuente: Propia

3.3.2.2 Pluma abatible

Este tipo de grúa es muy usado en ciudades con gran sobrepoblación de edificaciones de gran altura, ya que este tipo de pluma permite el movimiento de manera vertical y horizontal con alta precisión, el cual le permite un gran desenvolvimiento en estas condiciones. Son la mejor solución en aquellas obras con espacios limitados por la presencia de edificios y otras grúas. Gracias a su pluma abatible es posible mover la pluma entre ángulos de 15° y 70° (Fig. 14) pasando por encima de los obstáculos en su radio de giro, además, es de fácil montaje y desmontaje.

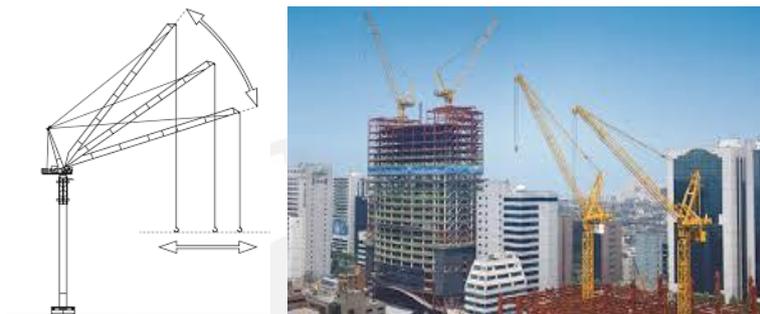


Fig. 14 Torre grúa de pluma abatible

Fuente: Curso de especialización “Productividad con torre grúa”, Ing. Miguel Lozano (2019).

3.4 Criterios para la selección de torre grúa

La selección de una torre grúa se debe de analizar durante la concepción de cada proyecto de construcción. Según el autor, (Jorge A. Capote, 2012), menciona lo siguiente:

“El nivel actual de mecanización de los trabajos de montaje obliga al diseñador y al constructor, en particular, a tener conocimientos profundos, sólidos criterios de selección y experiencia en la organización de la maquinaria a emplear en los trabajos de montaje. Una máquina mal seleccionada para la realización de una obra puede echar a perder todo el trabajo previo de diseño, concepción de la obra y perder todas las ventajas económicas del proyecto”. (Pag12).

El experto propone identificar y corregir errores mediante los siguientes criterios previos:

- Verificar el espacio necesario para operaciones y maniobras.
- Análisis de los obstáculos (naturaleza), en especial aéreos (Cables, postes eléctricos, etc.).
- Permisos municipales y reparación de la zona (calidad de suelo, especificaciones técnicas).

Teniendo la aprobación y conformidad de poder instalar la torre grúa el proyecto. El autor (Miguel Lozano, 2019) plantea 8 criterios de selección para poder definir qué tipo de torre grúa es el más óptimo para un proyecto de construcción.

3.4.1 Longitud de pluma

La longitud de pluma determina hasta que distancia horizontal se podrá trasladar la carga con el gancho de carro. Se debe considerar la existencia de edificios vecinos de tal forma que la longitud de pluma y contra pluma no choque con ninguna edificación adyacente. Para la etapa de planeamiento, es necesario calcular el radio de giro que tendrá la torre grúa por lo que también se debe contemplar donde se ubicará el mástil de la torre.

Las longitudes de pluma en el mercado local van desde los 20 metros hasta los 50 metros; sin embargo, puede alcanzar hasta 85 metros de longitud para proyectos de gran envergadura.

3.4.2 Altura de torre grúa

La altura de la torre grúa es proporcional a la altura del proyecto que se planea construir, ya que a medida que la estructura del edificio va ganando altura se tendrá que telescopiar la torre grúa. Es innecesario colocar una torre grúa de mayor altura que el proyecto final, a no ser que se utilicen bombas TDH, los cuales aumentan la altura del proyecto. Se debe dejar una altura de tres metros sobre el último nivel para que el gancho del carro pueda maniobrar libremente. Adicionalmente, se debe considerar que a mayor altura mayor serán los momentos flectores en la base del mástil, por lo que las cargas en la punta y las cargas máximas disminuyen.

3.4.3 Carga en punta y carga máxima

La capacidad de carga disminuye conforme más lejos este la carga del mástil o más cerca este del final de la pluma. Se debe contemplar el peso de los materiales y equipos a transportar. Si fuese el caso de vaciado con balde de concreto se debe garantizar que la grúa pueda soportar el peso del balde más mezcla y llegue a todos los elementos a vaciar.

3.4.4 Clasificación de torre grúa

Conforme lo explicado en el sub capítulo anterior y según las características del proyecto, se elegirá el tipo de torre grúa. Para proyectos de construcción de edificios se recomienda torre grúa telescópica de base empotrada con pluma horizontal. Para el caso de puentes, torre grúas apoyadas con rieles para el movimiento. En caso haya muchos edificios vecinos de altura similar al proyecto, se recomienda una torre grúa de pluma abatible.

3.4.5 Potencia eléctrica requerida

Este criterio es directamente proporcional con la carga que transportará la torre grúa a lo largo del proyecto. A mayores cargas de traslado, se necesitará mayor potencia eléctrica para el funcionamiento del equipo. Se debe contemplar la posibilidad de hacer una conexión directa de la acometida principal al transformador y de este a la torre grúa para que de esta manera el flujo eléctrico sea constante y no se afecte por la caída de baja tensión. En caso no se pudiese abastecer con la red eléctrica principal, por ejemplo debido a que el proyecto se ubica en una zona alejada o la misma zona no le permita, será necesario el alquiler de uno o más grupos electrógenos.

3.4.6 Tipo de cabina de mando

Se ha comprobado (empíricamente) que para edificios mayores a 30 metros o de 10 pisos, es recomendable usar una cabina de mando. Debido a que conforme aumenta la altura del edificio, aumenta el número de puntos ciegos en las maniobras de carga. En cambio, para edificios menores a 30 metros se puede trabajar con un mando de control o joystick inalámbrico. Cabe mencionar que los equipos con cabina instalada presentan una inversión mayor.

3.4.7 Dimensionamiento de apoyo

En caso de utilizar torres grúa simplemente apoyada, se debe verificar que la base se encuentre apoyada en una superficie horizontal y que no choque con ningún elemento de la estructura.

Si el tipo de apoyo es empotrado, se deberá considerar un diseño estructural que demandaría la zapata de cimentación; así como el volumen de concreto y la cantidad de acero necesario. Usualmente entran entre 20 m³ a 30 m³ de concreto en estas zapatas. A mayor tamaño de torre grúa y mayores cargas, mayores deberán ser las dimensiones de la zapata.

3.4.8 Tiempo de montaje

El tiempo de montaje está relacionado con el coste de alquiler de los equipos de montaje y desmontaje. Si estos tiempos son mayores, mayores será la inversión, ya que los equipos que arman la grúa son de magnitud y peso considerables, que en la mayoría de los casos, obstruye completamente el movimiento en la vía pública. El tiempo de montaje puede durar entre 1 o 2 días dependiendo de la empresa contratista y de las maniobras de montaje.

4. Descripción del proyecto

4.1 Memoria descriptiva

4.1.1 Propietario

El inmueble es propiedad de la empresa Proyectos y Construcciones Lugano SAC, con gran experiencia en la construcción de viviendas multifamiliares de 20 pisos caracterizados por tener profesionales con experiencia y los mejores precios del mercado.

4.1.2 Localización y ubicación.

El proyecto de vivienda multifamiliar “Edificio Liberty” se encuentra ubicado en la Av. Cipriano Dulanto 1707, Pueblo Libre, Lima.

4.1.3 Características del proyecto.

El edificio multifamiliar posee 25 niveles de los cuales se divide en 4 sótanos, 20 pisos y una azotea. Consta de 540.79 m² de terreno y un área techada de 8518.90 m² y presenta un diseño antisísmico apoticado. Actualmente, el edificio se encuentra en la entrega final de los departamentos. Este proyecto consta de losas aligeradas y losas macizas, muros, columnas y vigas de concreto armado. La separación de departamentos se realizará con ladrillo King Block de concreto vibrado P10 Y P14 (espesor de 10 y 14 cm respectivamente). Además, los sótanos se trabajaron con losas prefabricadas moduladas por la empresa ENTREPISOS. En cuanto a las instalaciones sanitarias, el edificio consta de una alimentación indirecta con bombeo (uso de cisterna, bombas eléctricas) y tanque hidroneumático con presión constante. Por otro lado, el uso de agua contra incendios posee otro sistema independiente (cisterna y bomba).

La Municipalidad de Pueblo Libre permite el desarrollo de vivienda multifamiliar bajo la modalidad de edificio de departamentos con una altura máxima de edificación de 20 pisos y azotea en sus dos frentes. El área libre correspondiente es del 40% y debido a que se trata de una edificación nueva y en un terreno en esquina se podrá reducir hasta un 5% el área libre: 35% según D.A 019-2010.

4.1.4 Parámetro constructivo

- Proyecto Edificio Multifamiliar “Liberty”
- Zonificación: RDA (Residencia de alta densidad).

Los planos de arquitectura se encuentran en el Anexo A.

4.1.5 Descripción del Inmueble

- Área total del terreno: El área total del lote 20 y 21 es de 540.79 m².
- Área total construida: El área construida es de 8518.90 m².
- Medidas perimétricas:
 - Paralelo a la Av. Cipriano Dulanto 23.20 ml
 - Por la derecha, entrando con propiedad a terceros 25.00 ml
 - Por la izquierda, entrando con Av. Juan Valer 25.40 ml.
 - Por el fondo con propiedad a terceros 21 ml.

4.1.6 Cuadro de áreas

A continuación se muestra el cuadro de área del proyecto edificio Liberty (Fig. 15).

CUADRO DE AREAS (M2)							
PISOS	CON LICENCIA	MODIFICACIONES			PARCIAL	TOTAL NO COMPUTABLE	TOTAL COMPUTABLE
		AMPLIACIÓN	REMODEL.	AREA NO EJECUTADA			
CTD. DE BOMBAS Y CISTERNAS	---	125.00 m ²	---	---	125.00 m ²	78.74 m ²	46.26 m ²
4° SOTANO	396.18 m ²	126.44 m ²	102.16 m ²	1.85 m ²	520.77 m ²	---	520.77 m ²
3° SOTANO	508.50 m ²	17.60 m ²	64.69 m ²	1.85 m ²	524.25 m ²	---	524.25 m ²
2° SOTANO	508.50 m ²	17.60 m ²	64.69 m ²	1.85 m ²	524.25 m ²	---	524.25 m ²
1° SOTANO	508.50 m ²	17.60 m ²	84.20 m ²	2.39 m ²	523.71 m ²	---	523.71 m ²
1° PISO	365.80 m ²	0.12 m ²	50.46 m ²	2.52 m ²	363.40 m ²	---	363.40 m ²
2° PISO	331.66 m ²	1.20 m ²	0.52 m ²	1.16 m ²	331.70 m ²	---	331.70 m ²
3° PISO	331.66 m ²	1.01 m ²	0.52 m ²	1.16 m ²	331.51 m ²	---	331.51 m ²
4° PISO	331.66 m ²	1.01 m ²	0.52 m ²	1.16 m ²	331.51 m ²	---	331.51 m ²
5° PISO	331.66 m ²	1.01 m ²	0.52 m ²	1.16 m ²	331.51 m ²	---	331.51 m ²
6° PISO	331.66 m ²	1.01 m ²	0.52 m ²	1.16 m ²	331.51 m ²	---	331.51 m ²
7° PISO	331.66 m ²	1.01 m ²	0.52 m ²	1.16 m ²	331.51 m ²	---	331.51 m ²
8° PISO	331.66 m ²	1.01 m ²	0.52 m ²	1.16 m ²	331.51 m ²	---	331.51 m ²
9° PISO	331.66 m ²	1.01 m ²	0.52 m ²	1.16 m ²	331.51 m ²	---	331.51 m ²
10° PISO	316.44 m ²	1.01 m ²	0.52 m ²	1.17 m ²	316.28 m ²	---	316.28 m ²
11° PISO	316.44 m ²	1.01 m ²	0.52 m ²	1.17 m ²	316.28 m ²	---	316.28 m ²
12° PISO	316.44 m ²	1.01 m ²	0.52 m ²	1.02 m ²	316.43 m ²	---	316.43 m ²
13° PISO	287.98 m ²	1.01 m ²	4.53 m ²	0.98 m ²	288.01 m ²	---	288.01 m ²
14° PISO	287.98 m ²	1.01 m ²	4.53 m ²	0.98 m ²	288.01 m ²	---	288.01 m ²
15° PISO	287.98 m ²	1.01 m ²	4.53 m ²	0.98 m ²	288.01 m ²	---	288.01 m ²
16° PISO	287.98 m ²	1.01 m ²	4.53 m ²	0.98 m ²	288.01 m ²	---	288.01 m ²
17° PISO	287.98 m ²	1.01 m ²	4.53 m ²	0.98 m ²	288.01 m ²	---	288.01 m ²
18° PISO	287.98 m ²	1.01 m ²	4.53 m ²	0.98 m ²	288.01 m ²	---	288.01 m ²
19° PISO	287.98 m ²	1.01 m ²	4.53 m ²	0.98 m ²	288.01 m ²	---	288.01 m ²
20° PISO	287.98 m ²	1.01 m ²	2.74 m ²	0.30 m ²	288.69 m ²	---	288.69 m ²
AZOTEA	109.73 m ²	0.70 m ²	---	0.19 m ²	110.24 m ²	---	110.24 m ²
CTD. DE MAQUINAS	30.23 m ²	0.18 m ²	---	11.28 m ²	19.13 m ²	19.13 m ²	---
TOTAL	8,333.88 m ²	324.62 m ²	406.37 m ²	41.73 m ²	8616.77 m ²	97.87 m ²	8518.90 m ²
AREA TECHADA							8518.90 m ²
AREA LIBRE						32.80%	177.39 m ²
AREA DE TERRENO							540.79 m ²

Fig. 15 Cuadro de áreas del edificio Liberty

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano (2019).

4.2 Sectorización y metrado geométrico

En el proyecto “Edificio Liberty” se realizó una sectorización proporcional con la finalidad de obtener la mejor planificación y producción. El planteamiento y detalle específico de esta sectorización se inició al término la construcción de la cimentación del edificio. Este consta de 3 sectores de similar cuadrilla y metrado (Fig. 16). A continuación, se muestra la sectorización del vaciado de concreto.

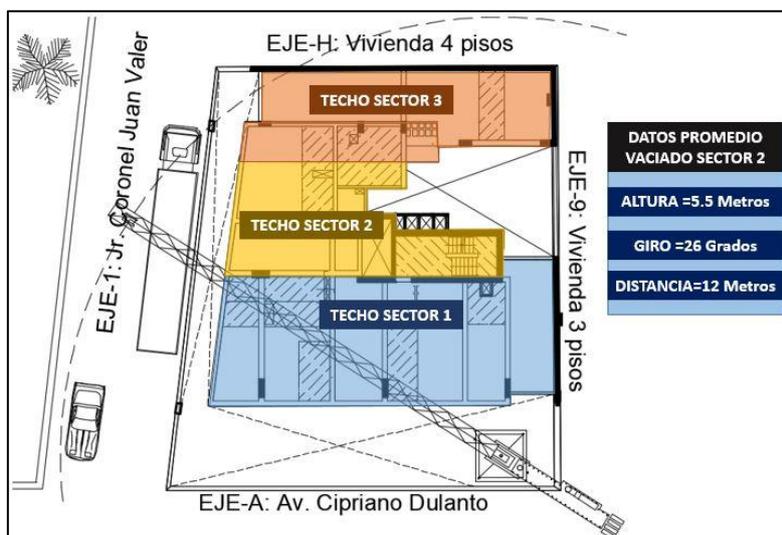


Fig. 16 Sectorización del piso 3.

Fuente: Propia.

El metrado geométrico de volumen de concreto horizontal y vertical se encuentran en los Anexos (B y C respectivamente), los cuales dan como resultado siguiente Tabla 2.

Tabla 2 Metrado de concreto según los pisos analizados

METRADO DE CONCRETO				
3° AL 9° PISO				
Sector	Horizontal	Vertical	Parcial	Und
Sector 1	22	10	32	m3
Sector 2	19	20	39	m3
Sector 3	16	11	27	m3
Parcial	57	41	98	m3
11° AL 12° PISO				
Sector 1	22	9	31	m3
Sector 2	19	20	39	m3
Sector 3	13	7	20	m3
Parcial	54	36	90	m3
14° AL 20° PISO				
Sector 1	22	9	31	m3
Sector 2	19	20	39	m3
Sector 3	12	3	15	m3
Parcial	53	32	85	m3

Fuente: Propia.

4.3 Análisis y selección de la torre grúa utilizada en el proyecto

Para poder definir el tipo de torre grúa, se analizarán los 8 criterios de selección de torre grúa propuesta en el capítulo 3.4. Estos criterios nos permiten tomar las mejores decisiones para el posicionamiento y selección de la torre grúa fija en el proyecto.

1. Longitud de pluma

Para poder determinar la longitud de pluma es necesario conocer el primer punto estratégico (Fig. 17) en el cual se situará la torre grúa, para ello seguiremos los siguientes pasos:

Paso 1: Colocar el eje 1 que divida de forma proporcional al proyecto (la mitad)

Paso 2: Trazamos radios iguales que se crucen desde los extremos del edificio y que se encuentre dentro del proyecto

Paso 3: Posible ubicación de la torre grúa
Paso 4: Analizar restricciones

Condiciones:

Si Existen restricciones, regresas al paso 1

Si NO existen restricciones, entonces encuentre una posible ubicación de la torre grúa.



Fig. 17 Primera ubicación de torre grúa.

Fuente: Propia.

A continuación, analizaremos las restricciones de esta posible ubicación de la torre grúa (Fig. 18).

Restricciones:

Como se puede observar en la imagen, la grúa estaría situada en el área de estacionamiento, lo cual es favorable porque no interfiere con la estructura. Sin embargo, el área de barrido de la grúa es interrumpida por edificio de 20 pisos.

Conclusión:

Regresamos al paso 1 (Colocar nuevo eje)

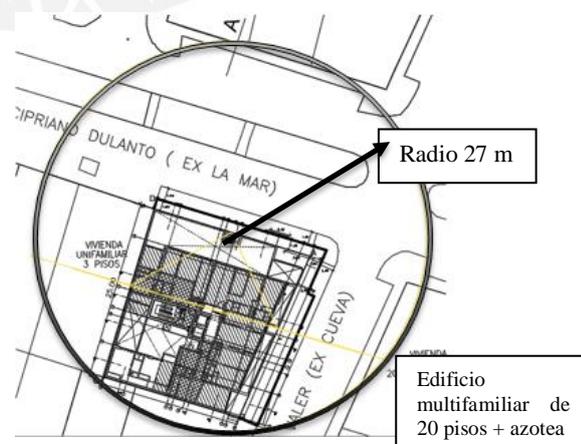


Fig. 18 Restricción de la primera posición.

Fuente: Propia.

Como el barrido de la torre grúa es interrumpido por el edificio del frente, se plantea otra ubicación para la grúa. (Fig. 19).



Fig. 19 segunda ubicación de la torre grúa.

Fuente: Propia.

A continuación, se analizará las restricciones de esta segunda posible ubicación de la torre grúa. Como se puede observar la grúa estaría situada en el área de estacionamiento, el cual no interfiere con la construcción del edificio. A continuación, se analizará el área de barrido de esta nueva posición hasta el lugar más alejado del proyecto. (Fig. 20).

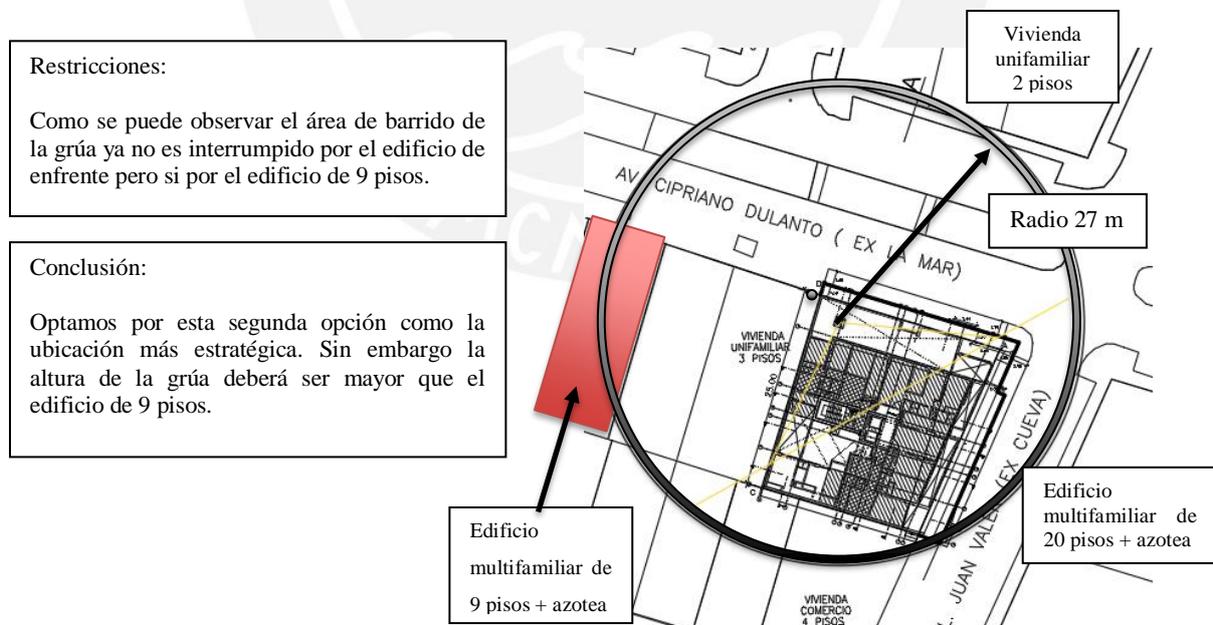


Fig. 20 Posición final de la torre grúa.

Fuente: Propia.

Con esta última posición de la torre grúa se procede a definir la longitud de pluma, para lo cual será necesario ver las especificaciones técnicas de las grúas y ver que cumplan con un requerimiento de 27 metros de pluma. Según las fichas de torres grúa (Fig. 21), las plumas de uso comercial se encuentran en un rango entre 20 a 50 metros de longitud y sus longitudes varían en tramos de 5 metros. De esta manera, nuestra torre grúa deberá tener una pluma de 30 metros de longitud. Por último, se verifica con los planos del proyecto que esta distancia no impacte con el edificio de 20 metros de altura que se encuentra en frente.

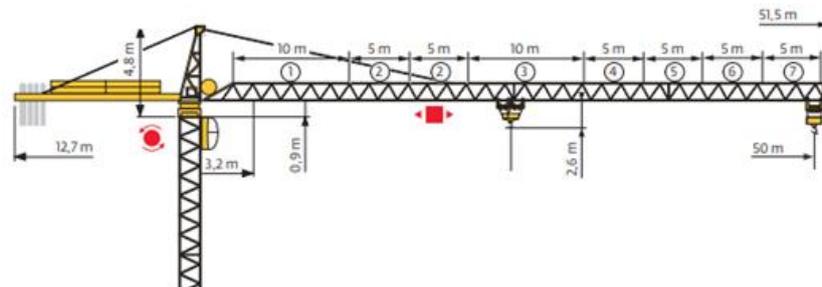


Fig. 21 Ficha técnica: Longitud de pluma

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano (2019).

2. Altura de torre grúa

La altura de una torre grúa se mide desde el nivel de zapata terminada (NFZ + H zapata) hasta la altura bajo gancho, el cual se ubica en la pluma de la grúa. Para poder plantear esta altura es necesario conocer el nivel de los edificios existentes que se encuentren en el radio de giro de la pluma (Fig. 22) con la finalidad de tener una altura de autonomía y que no choque con los edificios aledaños.

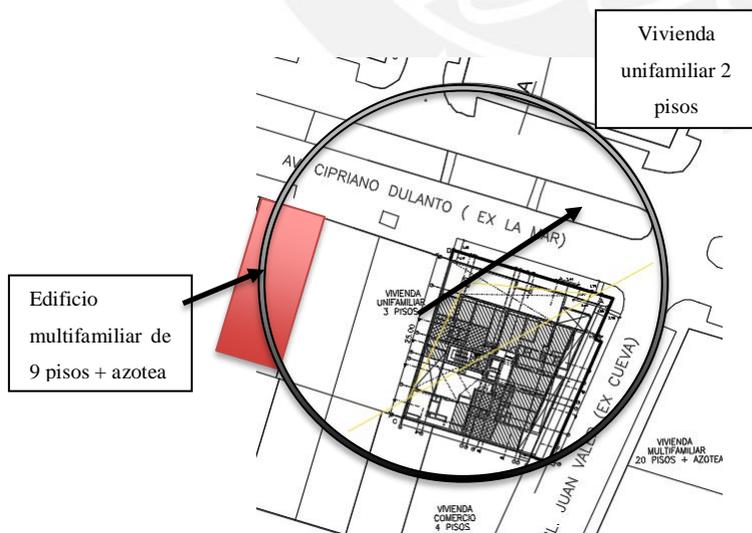


Fig. 22 Radio de giro de la pluma

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano (2019).

Según el plano de planta, la altura de la torre grúa deberá ser mayor que el edificio de 9 pisos existente más los 4 sótanos del proyecto, dando una altura aproximada de 43.85 metros. Teniendo en cuenta este nivel, revisamos la ficha técnica (Fig. 23) en el cual podemos observar que la instalación llega hasta los 46.8 metros de autonomía, adicional a ello, la empresa hizo un pedido de un cuerpo de 3 metros (con el objetivo de tener menos telescopaje). Por último una parte de estructura metálica de 1.5 metros según la ficha técnica, dando así una altura inicial de 51.3 metros, el cual es mayor que la altura solicitada.

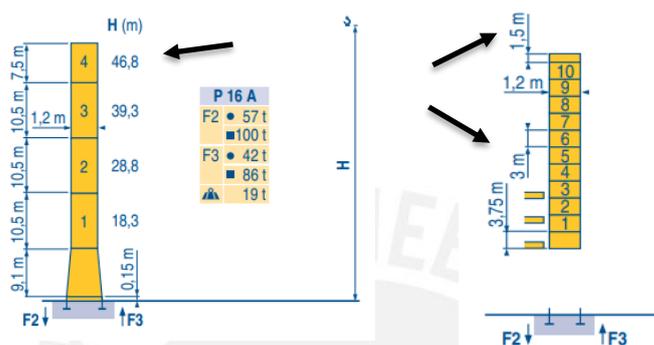


Fig. 23 Ficha técnica: mástil

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano. (2019).

Para poder calcular la altura final de la torre, partimos desde la altura de autonomía de 51.3 metros, posteriormente se agregan cuerpos de telescopaje adicional al mástil, de 3 metros cada tramo, dotando de una altura final que deberá ser mayor que la altura total del proyecto. Obteniendo una altura de 72.3 metros. (Fig. 24).

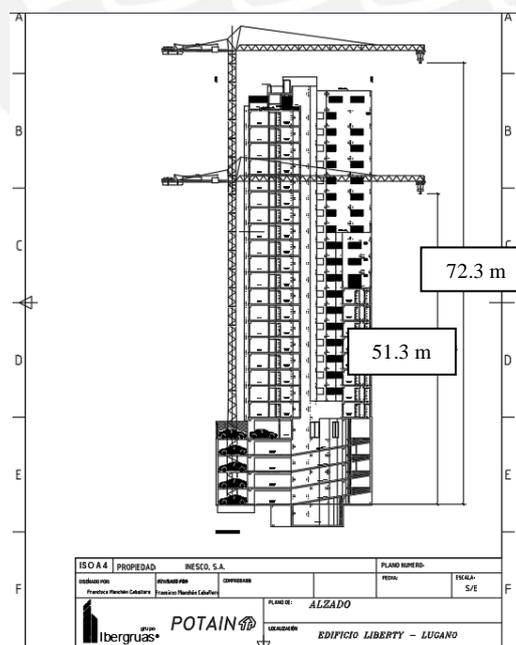


Fig. 24 Elevación de la torre grúa

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano. (2019)

3. Carga en punta y carga máxima

Es importante conocer cuánto es la capacidad de carga que puede soportar la grúa a lo largo de su pluma. La carga máxima se da cuando el gancho se encuentra más cerca de la torre, mientras que la carga en punta se da cuando el gancho se encuentra en la posición más alejada de la pluma, soportando así una menor capacidad de carga.

Previamente calculamos la longitud de pluma el cual es de 30 metros de longitud, mientras que el lugar más alejado del proyecto se encuentra a 27 metros, con estos precedentes evaluaremos cuales son las cargas permitidas según la ficha técnica (Fig. 25). La carga máxima será de 3 toneladas y la carga en punta de 1.9 toneladas. Sin embargo, para el lugar más alejado del proyecto se tendrá una capacidad de carga de 2.1 toneladas.

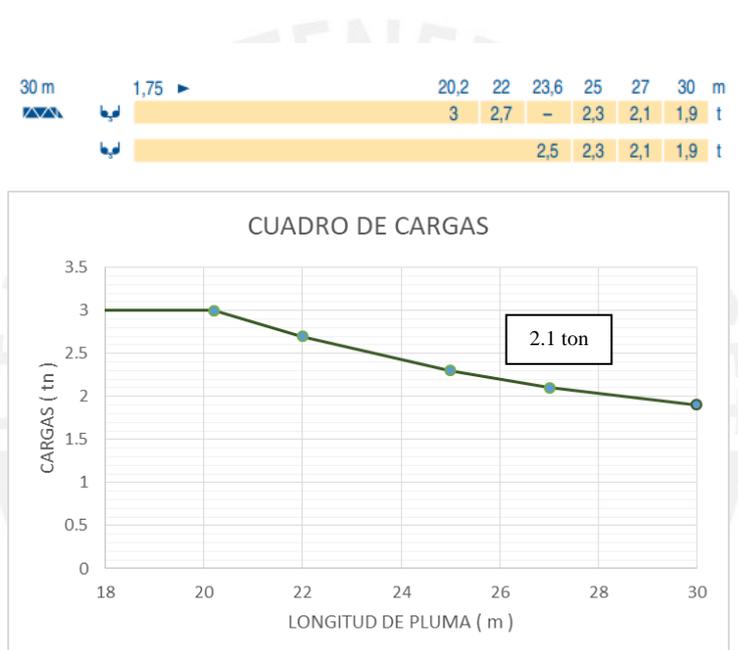


Fig. 25 Ficha técnica: Curvas de carga

Fuente: *Proyectos y construcciones Lugano. (2019).*

Este dato es muy importante porque nos permite evaluar cuanto material se puede transportar en obra. Por ejemplo, podemos calcular cual es la capacidad de balde de concreto, la cantidad de bovedillas, viguetas, encofrado, cuanto acero se puede izar y transportar en el proyecto, etc. De esta manera, se puede realizar una programación más detallada y precisa.

4. Clasificación de torre grúa

Conforme lo explicado previamente en los sub capítulos, criterios y características del proyecto, se elegirá una torre grúa fija empotrada en su base con pluma horizontal de 30 metros de longitud, el cual deberá tener una altura inicial de 51.3 metros y que posea una movilidad vertical telescópica para incrementar su altura hasta los 72.3 metros.

5. Potencia eléctrica requerida

Para evaluar este criterio es necesario revisar la ficha técnica de la grúa y ver el requerimiento de frecuencia y potencia eléctrica necesaria para su funcionamiento. (Fig. 26).

CEI 38  IEC 38	kVA	
400 V (+6% -10%) 50 Hz	15 PC : 25 kVA 25 PC : 35 kVA	2000'14

Fig. 26 Ficha técnica: mecanismos

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano. (2019)

Como se puede ver la diferencia de potencial o tensión eléctrica necesaria deberá ser de 400 Voltios (más menos de 6 a 10 por ciento) con una frecuencia de 50 Hz en su conexión. Mientras que la potencia necesaria será de 35Kva o en conversión por factor de potencia $Kw=FP \times Kva = 0.8 \times 35Kva = 28 Kw$.

Para la instalación de la grúa se debe contemplar la posibilidad de hacer una conexión directa de la red principal al tablero y luego al transformador de la torre grúa para que el flujo eléctrico sea constante y no se afecte por la caída de baja tensión. Es por ello que se debe de evaluar los antecedentes del proyecto y ver qué tipo de instalación de la red principal eléctrica se tiene en el proyecto. En nuestro caso, el terreno tiene una conexión trifásica subterránea de 5 KW, el cual no es suficiente para suministrar de energía a la torre grúa. Por ello se plantearon dos opciones, alquilar un grupo electrógeno o hacer un contrato de aumento de carga en nuestro proyecto. En el cual, se optó por la segunda opción y se hizo un contrato con la empresa ENEL y su respectivo pago para el incremento de carga (Fig. 27).

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.(S/.)	SUB TOTAL(S/.)
1	Incremento de Carga hasta 70 kW en Sum 713670 (Subtipo C4.1) - Obras	3,719.00	3,719.00
1	Retiro de conexión Trifásica Subterránea de 5 kW	154.71	154.71
2	Rotura y Reparación de Vereda	110.00	220.00
SUB- TOTAL			4,093.71
I.G.V.			736.87
TOTAL(S/.)			4,830.58

Fig. 27 Presupuesto administrativo para aumento de carga

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano. (2019)

6. Tipo de cabina de mando

Como se mencionó anteriormente, se ha comprobado que para edificios mayores a 30 metros o de 10 pisos es recomendable usar una cabina de mando (Fig. 28), debido a que conforme aumenta la altura del edificio aumenta el número de puntos ciegos en las maniobras de carga. Además, será necesario evaluar el sobrecosto de esta cabina en su cotización.



Fig. 28 Cabina de mando torre grúa

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano

7. Dimensionamiento de apoyo

Debido a que el proyecto presenta 4 sótanos se deberá realizar una zapata de apoyo para la torre grúa, el cual debe ser diseñada por un ingeniero estructural tomando en cuenta para su diseño el estudio de suelos, el peso de la estructura metálica, factores de carga por viento y la capacidad de carga de la grúa.

Para el proyecto se necesitó una zapata de 20 m³ de concreto con resistencia de 210 kg/cm², también fue necesario colocar acero adicional de 20 varillas de 1" y 20 varillas de 3/4" para su armado superior e inferior respectivamente (Fig. 29).

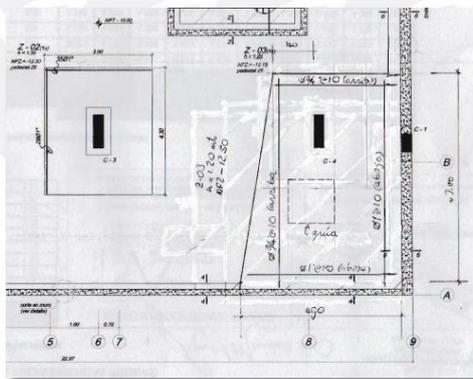


Fig. 29 Plano de zapata de torre grúa

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano

8. Tiempo de montaje

Para el montaje de la torre grúa se debe contar con una grúa auxiliar móvil, el cual tendrá la capacidad de carga suficiente para armar los componentes de la torre grúa. El procedimiento empieza por acoplar la primera pieza del mástil con el marco de empotramiento, ubicado en la zapata de la torre grúa,

Posteriormente, se terminará de colocar y fijar todas las piezas del mástil y telescopaje hasta la altura que indica la ficha técnica de mástil (fig. 24). Después de ello, se colocará la contra pluma en el último nivel de la torre, esta deberá fijarse y colocarse a nivel horizontal. También se deberá armar la pluma, pero como no hay espacio dentro de obra se arma a nivel de calle hasta alcanzar la longitud de 30 metros, calculada previamente, y esta se colocará al nivel opuesto de la contra pluma, los cuales deberán de acoplarse y asegurarse por pasadores especiales. Una vez que se verifique la buena conexión de las piezas, se colocarán las pesas de concreto en la contra pluma, el cual compensará el peso de la pluma. Luego de ello se verificará la horizontalidad, la rotación, orientación y calibración en la corona de giro. Por último, se colocará y fijará la cabina de mando al final de la torre.

Esta operación de montaje para este tipo de grúa puede durar entre uno o dos días dependiendo de una buena instalación, condición climática, gestión previa para el montaje (permisos municipales, cartas a vecinos, policía auxiliar, planos de desvío vehicular, señalización, personal calificado para el montaje, *rigger*, etc.). En caso de excederse con el tiempo de montaje se pueden generar sobrecostos de instalación, multas municipales y paros en la construcción.

Una vez culminado el análisis de estos criterios y aprobar la propuesta técnica (Fig. 30), se procede a pedir cotizaciones y este caso la empresa Ibergruas ganó la licitación de esta solicitud con la torre grúa modelo MC68B (Anexo E) con las siguientes características:

PROPUESTA TÉCNICA	
Marca	Potain
Modelo	MC-68B
Versión	Empotrada
Altura Autonomía (m)	51.30
Altura inicial (m)	51.30
Altura final (m)	72.30
Largo máximo de pluma (m)	30.00
Largo de pluma requerido (m)	30.00
Requerimiento de Energía eléctrica (Kw)	28
Carga máxima (Kg)	3000
Carga en punta (Kg)	1900
Carga solicitada al extremo del proyecto (Kg)	2100

Fig. 30 Propuesta técnica de Torre grúa

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano

4.4 Cronograma general contractual

En la Fig. 31, se detalla el cronograma general contractual del proyecto “Edificio Liberty “en las cuales se elaboró los hitos de inicio y los plazos para las partidas en la etapa de estructura y arquitectura. Además, se muestra el tiempo de arrendamiento de la torre grúa (8 meses).

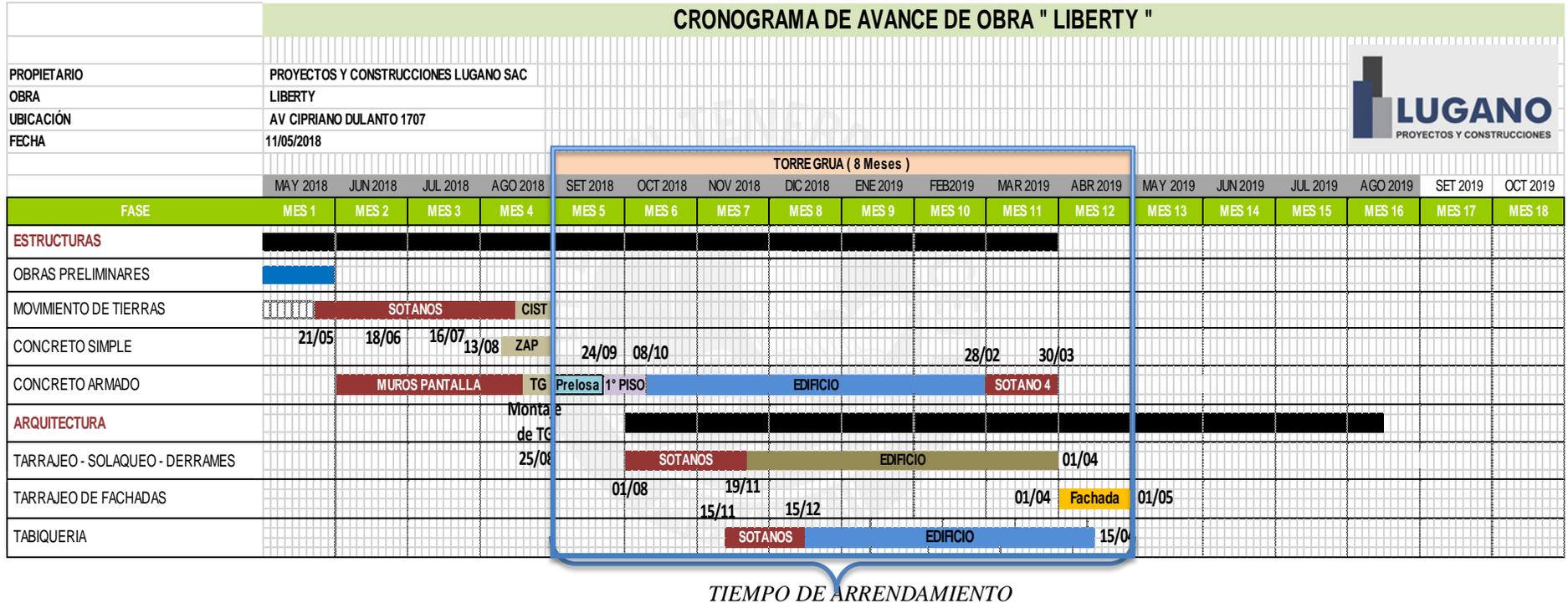


Fig. 31 Cronograma general de la obra

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano S.A.C

4.5 Cronograma de ejecución de obra

En la siguiente tabla 3, se muestra el cronograma ejecutado en obra y el uso de la torre grúa en el periodo de muestra, se trabajó tanto para la parte de estructuras, desde el vaciado de la cisterna hasta el vaciado del último nivel del edificio, como la de arquitectura, acarreo de materiales. El tiempo de análisis fue desde el piso 2 hasta culminar el arrendamiento de la torre grúa.

Tabla 3 Programación de la torre grúa

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA					
MES	DIAS	FECHAS	PISOS	AREA(m2)	EQUIPO
MAYO	30 DIAS	1 DE MAYO AL 30 DE JULIO	EXCAVACION MASIVA Y MUROS PANTALLA (3 ANILLOS)	340	BOMBA CONCRETERA
JUNIO	30 DIAS			340	
JULIO	30 DIAS			300	
AGOSTO	30 DIAS	1 AL 30 DE AGOSTO	CIMENTACION	225	USO DE LA TORRE GRUA
			MURO DE CISTERNA	580	
			TECHO DE CISTERNA		
SETIEMBRE	20 DIAS	1 AL 20 DE SETIEMBRE	4TOSOTANO	500	USO DE LA TORRE GRUA
	10 DIAS	21 AL 30 DE SETIEMBRE	3ERSOTANO	500	
OCTUBRE	10 DIAS	1 AL 10 DE OCTUBRE	2DOSOTANO	500	
	5 DIAS	11 AL 15 DE OCTUBRE	1ERSOTANO	500	
	10 DIAS	16 AL 30 DE OCTUBRE	1º PISO	300	
	5 DIAS	1 AL 5 DE NOVIEMBRE	2º PISO	275	
NOVIEMBRE	6 DIAS	6 AL 12 DE NOVIEMBRE	3º PISO	270	
	4 DIAS	13 AL 16 DE NOVIEMBRE	4º PISO	270	
	7 DIAS	17 AL 23 DE NOVIEMBRE	5º PISO	270	
	6 DIAS	24 AL 30 DE NOVIEMBRE	6º PISO	270	
DICIEMBRE	5 DIAS	1 AL 5 DE DICIEMBRE	7º PISO	270	
	6 DIAS	6 AL 12 DE DICIEMBRE	8º PISO	270	
	7 DIAS	13 AL 19 DE DICIEMBRE	9º PISO	270	
	8 DIAS	20 AL 27 DE DICIEMBRE	10º PISO	260	
	9 DIAS	28 DE DICIEMBRE AL 5 DE ENERO	11º PISO	260	
ENERO	6 DIAS	6 AL 11 DE ENERO	12º PISO	260	
	7 DIAS	12 AL 18 DE ENERO	13º PISO	240	
	6 DIAS	19 AL 24 DE ENERO	14º PISO	240	
	7 DIAS	25 AL 31 DE ENERO	15º PISO	240	
FEBRERO	7 DIAS	1 AL 7 DE FEBRERO	16º PISO	240	
	6 DIAS	8 AL 14 DE FEBRERO	17º PISO	240	
	6 DIAS	15 AL 20 DE FEBRERO	18º PISO	240	
MARZO	8 DIAS	21 AL 28 DE FEBRERO	19º PISO	240	
	10 DIAS	1 AL 10 DE MARZO	20º PISO	240	
MARZO	15 DIAS	10 AL 25 MARZO	AZOTEA	240	
	20 DIAS	25 DE MARZO AL 14 ABRIL	ACARREO DE MATERIALES	-	
ABRIL	-	22 DE ABRIL	DESMONTAJE	-	

Fuente: Propia

Las partidas de construcción al término del casco se muestran en el (ANEXO D).

5 Productividad en edificios de 20 pisos.

5.1 Partidas a analizar

Las partidas son las actividades que en conjunto dan el proyecto de construcción. Las partidas a analizar corresponden a la etapa de estructura del proyecto. Además, se indica la cuadrilla utilizada en cada actividad.

5.1.1 Partida de vaciado de concreto

Esta actividad consiste en vaciar o verter la mezcla de concreto en un encofrado modulado y construir un elemento estructural determinado. Ejemplo, viga, columna, muro, losa, escalera, etc.

El vaciado de concreto se analizó de dos maneras con bomba de concreto y con balde de concreto.

❖ Caso 1: Vaciado sin torre grúa (bomba de concreto).

Consiste impulsar la mezcla de concreto desde el mixer hasta el punto más alto de vaciado en proceso de construcción a través de una bomba que impulsa el concreto. La bomba puede ser estacionaria (fija y con un sistema de tuberías) o telescópica (bomba montada sobre camión y con un brazo articulado con tuberías adosada).

Para el análisis se utilizó información de otros proyectos similares de 20 pisos, los cuales usaban una bomba estacionaria modelo TK 70 con capacidad máxima de salida 57 m³/Hr, presión máxima de hormigón 78 bar y tamaño máximo de agregados de 38mm, usados en la mayoría de proyectos.

A continuación, se presenta la cuadrilla establecida para el vaciado de concreto de elementos verticales y horizontales. (Tabla 4).

Tabla 4 Cuadrilla para vaciado con bomba de concreto

Vaciado sin torre grúa		
Cuadrilla	Vertical	Horizontal
Operario de vaciado	1	1
Ayudantes	4	5

Fuente: Propia

❖ Caso 2: Vaciado con torre grúa (balde de concreto).

Consiste en vaciar la mezcla de concreto en un balde metálico, partiendo desde el lugar en que se estaciona el mixer de concreto y luego llevar el balde lleno hasta el punto de vaciado y descargarlo. En el proyecto Liberty se empleó un balde con capacidad de volumen de 0.85 m³ de concreto. La cuadrilla de vaciado está conformado por la siguiente Tabla 5.

Tabla 5 Cuadrilla para vaciado con torre grúa

Vaciado con torre grúa		
Cuadrilla	Vertical	Horizontal
Operario de vaciado	1	1
Rigger (Operario)	1	1
Rigger (Operario)	1	1
Ayudantes	2	2

Fuente: Propia

5.1.2 Partida de acarreo de materiales

El acarreo o transporte de materiales consiste en llevar los materiales necesarios desde su punto de acopio a la zona de trabajo. En la construcción, se refiere a trasladar los materiales necesarios, manualmente o con ayuda de una maquina o herramienta con la finalidad de distribuir y proveer de recursos al personal de producción. En nuestro caso de estudio se analizarán dos propuestas, el primer análisis será con un elevador de carga y el segundo será con una torre grúa, ambos casos tendrán que analizar el acarreo de materiales con mayor impacto en el proyecto: acero, viguetas, bovedillas y mampostería. Para este análisis no se consideró el traslado de encofrado, debido a que la estructura es aporticada y la modulación de las columnas son similares, de poco metraje y peso.

➤ Acero

El material de acero llega a obra previa coordinación con oficina técnica, las varillas son de 9 metros de longitud y su peso depende del diámetro de cada varilla. Por lo general, los pedidos eran quincenales entre 10 a 12 toneladas entre acero liso y corrugado. Estas serán transportadas al pie del banco de fierro para su posterior habilitación y luego serán llevados al lugar de su instalación.

Suministro de Acero: INKAFERRO.

➤ Viguetas

Las viguetas son prefabricadas y moduladas según el plano estructural, estas son clasificadas según los paños de losa aligerada y son apiladas en la zona de descarga de materiales. Posteriormente se ordenan estas viguetas según sector, paño y longitud, para después ser transportadas al lugar de su instalación según el plano de modulación estructural.

Suministro de Viguetas: PRODAC S.A.

➤ Bovedillas

Los ladrillos de techo son almacenados en una zona de acopio del primer nivel y posteriormente son transportados en parihuelas al sector donde se necesite el material. Una parihuela de bovedillas tiene la capacidad de apilar 500 bloques de este material.

Suministro de Viguetas: PRODAC S.A.

➤ Mampostería

Debido a la estructura dual del edificio, se necesitará de muros de ladrillos divisorios para los departamentos, estos serán de tabiquería tipo aislada. Para ello se pedirán bloques de material sílico calcáreo con las siguientes medidas Placa P10 (10x25x50) y Placa P14 (14x25x50).

Suministro: Compañía minera Luren S.A.

➤ Cuadrilla de acarreo de materiales.

Para transportar los materiales será necesario el apoyo de personal capacitado y ayudantes. A continuación, se detalla la cuadrilla de acarreo de materiales con torre grúa y también el acarreo con elevadores de carga si no se cuenta con una torre grúa. (Tabla 6).

Tabla 6 Cuadrilla establecida para el acarreo de materiales

Acarreo de materiales		
Cuadrilla	Torre grúa	Elevadores
Operario de maquina	1	1
Rigger (Operario)	1	0
Rigger (Operario)	1	0
Ayudantes	0	3

Fuente: Propia

5.2 Flujo de trabajo de las partidas analizadas.

El flujo de trabajo se describe de acuerdo con el proceso constructivo de edificaciones con sistema estructural dual. En el cual, primero se construyen las columnas o muros y luego las vigas, losas y escaleras.

5.2.1 Flujo de trabajo de vaciado de concreto.

Procedimientos para vaciar elementos verticales (placas y columnas)



Procedimientos para vaciar elementos horizontales (losas, vigas y escaleras).



La siguiente (Fig. 32 y Fig.33) muestran los posicionamientos del mixer para el vaciado de concreto en el caso de vaciado con bomba o el vaciado con balde de concreto.

❖ Caso 1: Vaciado sin torre grúa (bomba de concreto).

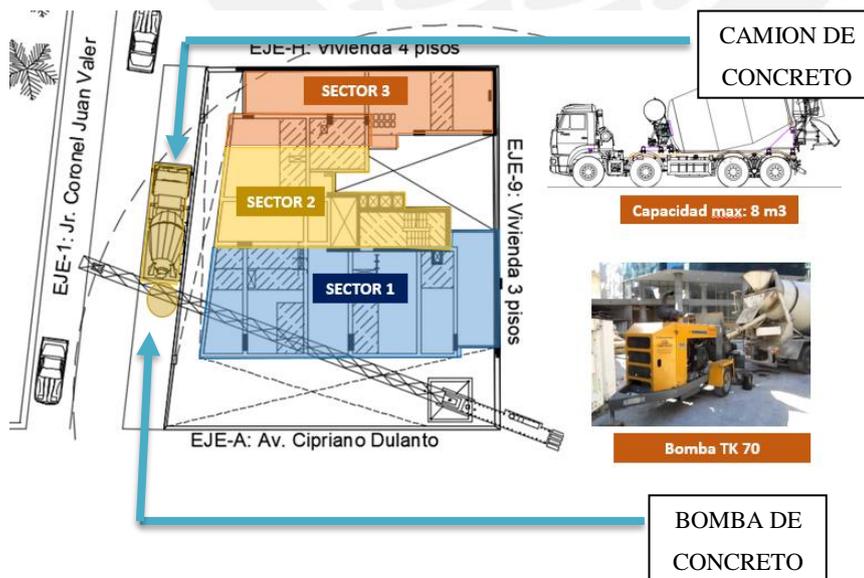


Fig. 32 Ubicación del mixer y la bomba de concreto

Fuente: Propia

❖ Caso 2: Vaciado con torre grúa (balde de concreto).

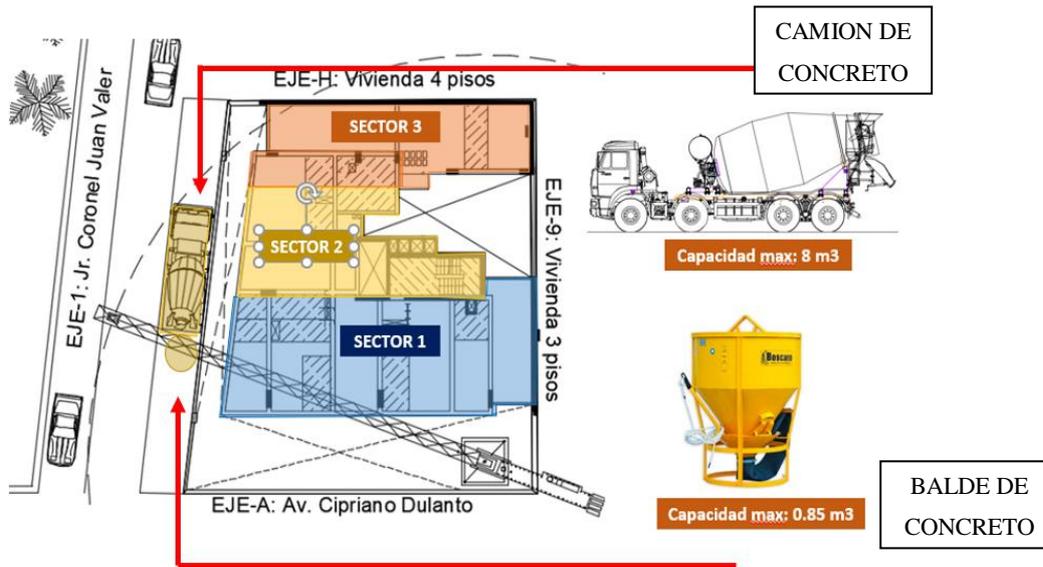


Fig. 33 Ubicación del mixer y el balde de concreto

Fuente: Propia

5.2.2 Flujo de trabajo en acarreo de materiales

El primer movimiento sucede cuando los materiales llegan a obra y son transportados del camión al punto de acopio, en caso de viguetas y bovedillas serán colocadas en el patio libre de obra y en caso del acero a la banca del fierro (Fig. 32). El segundo movimiento sucede del lugar donde están almacenadas hasta el piso y sector donde son necesitados para su instalación. El acceso para la llegada de materiales es por el Jirón. Juan Valer y no por la Av. Dulanto, debido a que existe un paradero de bus en dicha avenida.

5.3 Análisis de vaciado de concreto en casco estructural de 20 pisos.

5.3.1 Análisis de vaciado sin torre grúa (bomba de concreto).

Debido a que el proyecto “Edificio Liberty” no realizó la partida de vaciado de concreto con bomba concretera, se presentarán resultados de visitas a proyectos similares en edificios multifamiliares de 20 pisos. Además, en complemento a esta investigación se evaluarán los resultados obtenidos por los autores (A. Linares & B. Sandoval, 2019), en el que se evalúa la productividad y rendimientos de vaciado de los proyectos *Modo Student Residence* y el proyecto *Cerezos de Surco*.

5.3.1.1 Resultados de productividad sin torre grúa (bomba de concreto).

A continuación, se muestran los resultados de productividad del proyecto Cerezos de Surco en el cual se emplea el vaciado de concreto con bomba tradicional TK70.

I. Distribución de trabajo en el proyecto Cerezos de Surco.

A continuación, se muestra la distribución promedio de trabajo en vaciado horizontal y vertical del proyecto Cerezos de Surco, proyecto de viviendas multifamiliar de 20 pisos de altura.

A. Vaciado con bomba tradicional en elementos verticales

Se muestran los resultados obtenidos al análisis de trabajo productivo, contributorio y no contributorio en la partida de vaciado vertical del proyecto Cerezos de Surco (Fig.34).

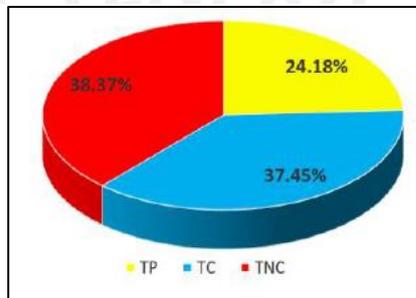


Fig. 34 Productividad de vaciado con bomba en vaciado vertical-Cerezos de Surco.

Fuente: Castillo y Flores (2016).

B. Vaciado con bomba tradicional en elementos horizontales

Se muestran los resultados obtenidos al análisis de trabajo productivo, contributorio y no contributorio en la partida de vaciado horizontal del proyecto Cerezos de Surco (Fig.35).

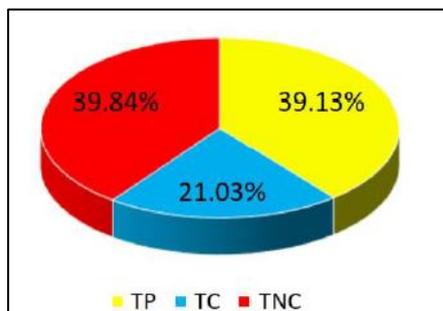


Fig. 35 Productividad de vaciado con bomba en vaciado horizontal-Cerezos de Surco.

Fuente: Castillo y Flores (2016).

II. Distribución de trabajo en el proyecto Student Residence

A continuación, se muestran los resultados obtenidos al análisis de distribución promedio de trabajo en vaciado vertical (Fig.36) y vaciado horizontal (Fig.37) del proyecto *Modo Student Residence*, proyecto de viviendas multifamiliares de 20 pisos de altura.

A. Vaciado con bomba TDH o PLACING en elementos verticales.

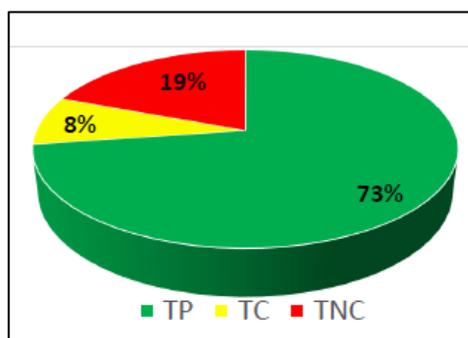


Fig. 36 Productividad de vaciado con bomba en vaciado vertical-Modo Student Residence.

Fuente: Castillo y Flores (2016).

B. Vaciado con bomba TDH o PLACING en elementos horizontales.

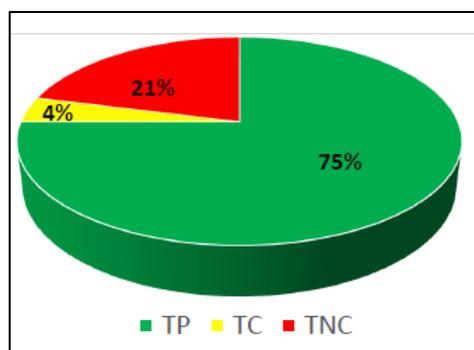


Fig. 37 Productividad de vaciado con bomba en vaciado horizontal-Modo Student Residence.

Fuente: Castillo y Flores (2016).

Como se puede observar existe una diferencia entre la distribución de trabajo productivo en el vaciado de elementos verticales de 48.82% (TP Cerezos de Surco: 24.18%, TP Student Residence: 73%), una diferencia en la distribución de trabajo contributorio de 29.45% (TC Cerezos de Surco: 37.45%, TC Student Residence: 8%), y una diferencia en la distribución de trabajo no contributoria de 19.37% (TNC Cerezos de Surco: 39.87%, TNC Student Residence: 19%).

Por otro lado, existe una diferencia entre la distribución de trabajo productivo en el vaciado de elementos horizontales de 35.87% (TP Cerezos de Surco: 39.13%, TP Student Residence: 75%), una

diferencia en la distribución de trabajo contributorio de 17.03% (TC Cerezos de Surco: 21.03%, TC Student Residence: 4%), y una diferencia en la distribución de trabajo no contributoria de 18.84% (TNC Cerezos de Surco: 39.84%, TNC Student Residence: 21%). Estas diferencias en el porcentaje de distribución de trabajo se deben a la implementación de un sistema de vaciado con bomba tradicional a un sistema de bombeo con TDH o PLACING BOOM.

5.3.1.2 *Resultados de rendimientos de vaciado con bomba de concreto.*

A continuación, se muestran los resultados de rendimientos promedio en vaciado horizontal y vertical del proyecto Cerezos de Surco, el proyecto *Modo Student Residence* y visitas a proyectos de viviendas multifamiliares de 20 pisos de altura en la ciudad de Lima.

A. Rendimiento de vaciado con bomba en elementos horizontales

La Tabla 7 muestra los rendimientos promedio de vaciado con bomba en elementos horizontales del proyecto multifamiliar de 20 pisos.

Tabla 7 Rendimiento de vaciado con bomba en elementos horizontales-Modo Student Residence.

Nivel	Rendimiento (m³/h)	Rendimiento (m³/día)	Promedio (m³/h)	Promedio (m³/día)
2	31	248		
4	30.6	244.8		
6	27.5	220		
8	25.7	205.6		
10	22.3	178.4	25.4	203.0
12	20.73	165.82		
14	22.57	180.55		
16	22.57	180.55		

Fuente Propia

Se observa que para los últimos niveles el rendimiento de vaciado es menor, esto debido a que se necesita de un mayor esfuerzo por parte de la bomba para distribuir el concreto por las tuberías hasta su último nivel. Los rendimientos promedio de vaciado con bomba en elementos horizontales son de 25.4 m³/hora o 203 m³/día.

B. Rendimiento de vaciado con bomba en elementos verticales

La tabla 8 muestra los rendimientos promedio de vaciado con bomba en elementos verticales de los proyectos multifamiliares de 20 pisos.

Tabla 8 Rendimiento de vaciado con bomba en elementos verticales

Nivel	Rendimiento (m3/h)	Rendimiento (m3/día)	Promedio (m3/h)	Promedio (m3/día)
19	15.48	123.87		
11	15.00	120	16.0	128.0
20	17.50	140		

Fuente Alarcón y Barandiarán (2019)

A continuación, se muestra la tabla con el comparativo de los rendimientos promedio de vaciado con bomba tradicional y con sistema TDH o PLACING en elementos verticales y horizontales.

Tabla Comparación de Rendimiento de vaciado con bomba en elementos verticales y horizontales

Tipo	Bomba TDH o Placing (m3/día)	Bomba TK 70 (m3/día)
Vertical	128	55
Horizontal	203	90

Fuente Propia.

Como se puede observar existe una diferencia en los rendimientos de vaciado entre ambos proyectos usando distintos tipos de bombeo de concreto, esto se debe a la implementación de un sistema de bombeo tradicional a un sistema con torre de hormigón TDH. Ante ello, se evidencia el gran potencial de aumentar la productividad implementando el uso de la tecnología en la construcción.

5.3.2 Análisis de vaciado con torre grúa (balde de concreto)

5.3.2.1 Resultados de productividad en el proyecto edificio Liberty

A. Productividad en vaciado vertical

Para el siguiente análisis se evalúa la distribución de trabajo de vaciado de concreto en muros, sus procesos y la incidencia de cada uno de ellos para identificar el trabajo productivo (TP), trabajo contributorio (TC) y trabajo no contributorio (TNC) de esta partida.

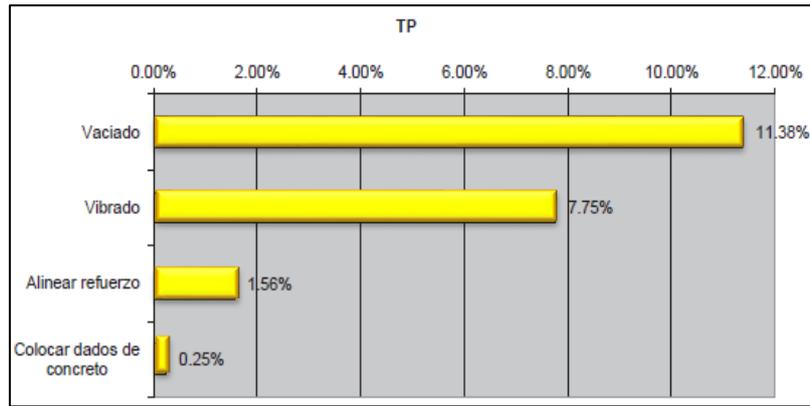


Fig. 38 Trabajo productivo de vaciado de muros.

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano.(2019).

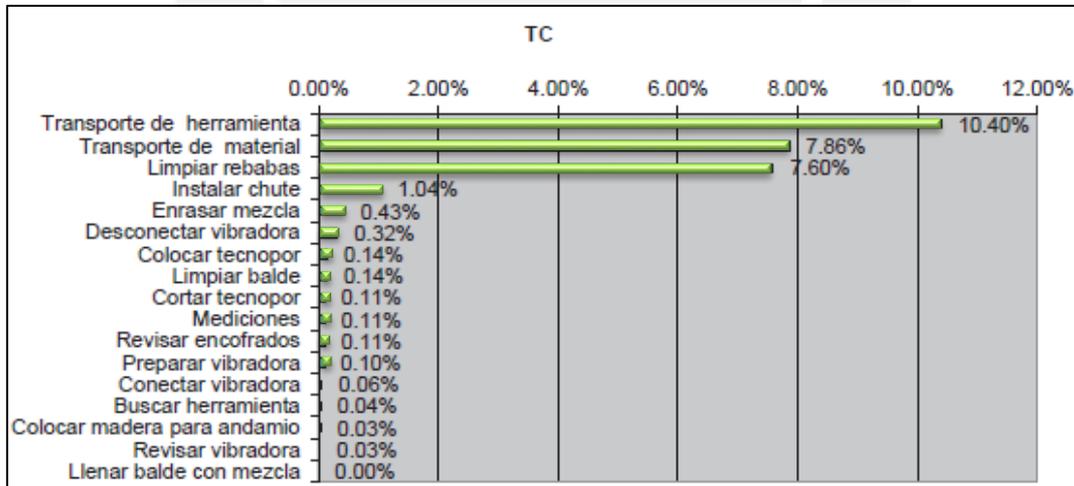


Fig. 39 Trabajo contributorio de vaciado de muros.

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano.(2019).

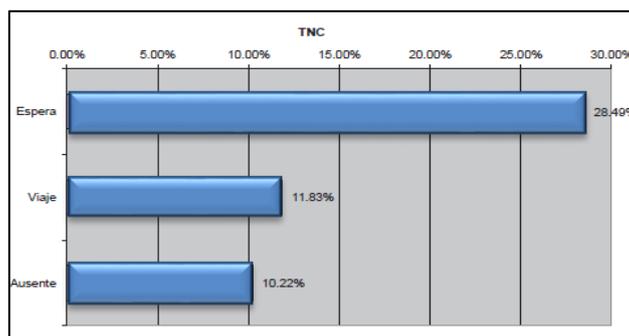


Fig. 40 Trabajo no contributorio de vaciado de muros.

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano.(2019).

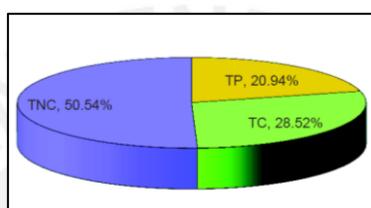


Fig. 41 Distribución de trabajo en vaciado de muros.

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano.(2019).

Los trabajos de mayor incidencia son la del mismo vaciado, transporte de herramientas, materiales (Fig.39), esperas y viajes (Fig.40), estos tiempos muertos se deben principalmente a la demora de la planta concretera. La capacidad de un *mixer* de concreto es de 7 a 8 m³ por vehículo y el mayor volumen de concreto en muros será en la escalera y ascensor con 15 metros cúbicos de mezcla en el frente de trabajo. Por ello, la planta distribuidora necesariamente deberá preparar dos tandas de mezcla de forma simultánea, lo que conlleva a un mayor tiempo de preparación y traslado del material simultánea a la ejecución del proceso, siendo este el principal factor de incidencias de tiempos de espera. La cuadrilla de vaciado de muros empleaba parte de este tiempo de espera en transportar, instalar los chutes y armar los andamios para la siguiente columna o placa que será vaciada. Sin embargo, un considerable porcentaje de tiempo de espera no puede ser aprovechado en realizar procesos y actividades que generen valor.

Como alternativa de solución para optimizar la partida se sugiere pedir, a la empresa que suministra el concreto, tandas con volúmenes pequeños de mezcla, con ello se espera que la planta realice la preparación de forma más rápida reduciendo de esta manera los tiempos de espera tanto de la ejecución de la partida como de la torre grúa. Además, se sugiere emplear un balde adicional para desocupar más rápido el *mixer* y con ello empezar con anticipación el ciclo de mezcla de la siguiente tanda.

B. Productividad en vaciado horizontal.

Para el siguiente análisis se evalúa la distribución de trabajo de vaciado de concreto en losas de concreto, sus procesos y la incidencia de cada uno de ellos para identificar su trabajo productivo (TP), trabajo contributorio (TC) y trabajo no contributorio (TNC).

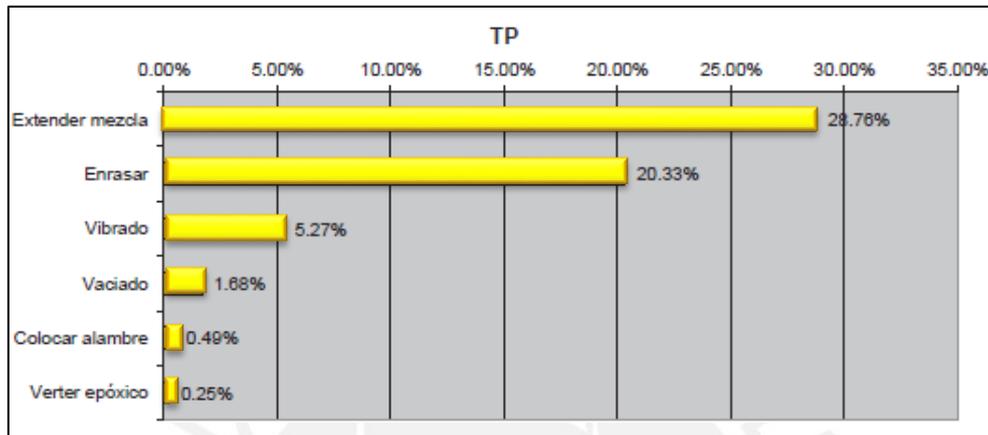


Fig. 42 Trabajo productivo de vaciado de losa.

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano.(2019).

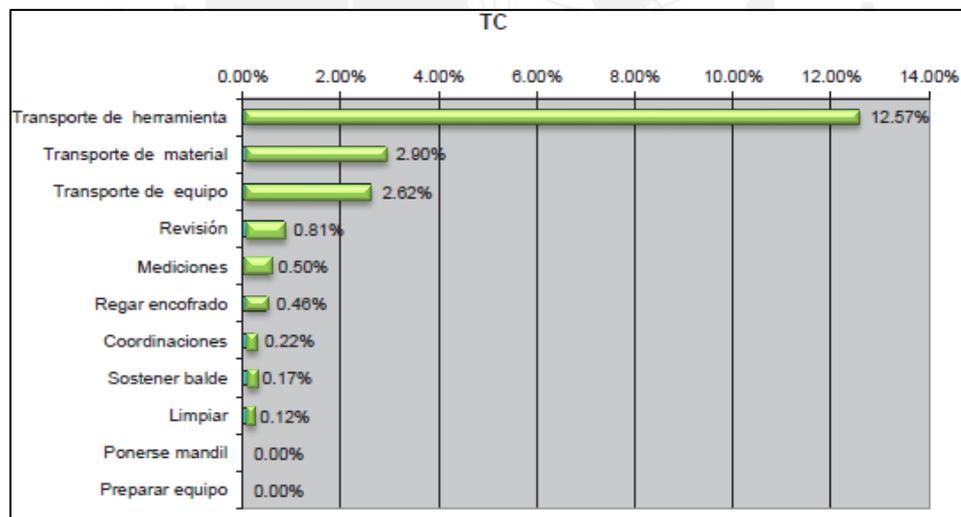


Fig. 43 Trabajo contributorio de vaciado de losa.

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano.(2019).

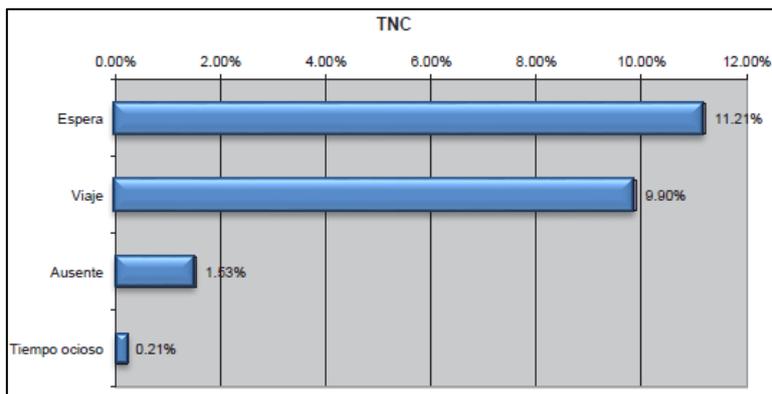


Fig. 44 Trabajo no contributivo de vaciado de losa.

Fuente: *Proyectos y construcciones Lugano*, (2019).

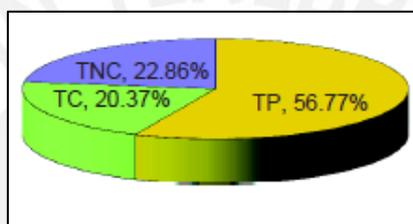


Fig. 45 Distribución de trabajo de vaciado de losa.

Fuente: *Proyectos y construcciones Lugano*.

Como se puede observar los trabajos de mayor incidencia son de extender la mezcla y, también, la de transporte de material y esperas; sin embargo, este porcentaje de tiempo no es relevante porque mientras se espera la llegada del siguiente mixer los encargados del vaciado siguen extendiendo la mezcla. Como alternativa de solución se sugiere utilizar herramientas manuales más livianas como reglas y rastrillos, con la finalidad de reducir la fatiga en los trabajadores.

5.3.2.2 Comparación de productividad de vaciado en los proyectos analizados.

A continuación, se presenta el cuadro comparativo de productividad del vaciado de concreto vertical y horizontal de los proyectos analizados sin torre grúa (Bomba TDH y bomba TK70) vs vaciado de concreto con torre grúa (balde de concreto). Por último, se analizará con que maquinaria se da el mejor trabajo productivo en el vaciado vertical y horizontal.

Tabla 9 Comparativo de productividad en vaciado vertical y horizontal

		Bomba TDH	Bomba TK70	Torre grúa
Trabajo productivo (TP)	Vertical	73.00%	24.18%	20.94%
	Horizontal	75.00%	39.13%	56.77%
Trabajo Contributorio (TC)	Vertical	8.00%	37.45%	28.52%
	Horizontal	4.00%	21.03%	20.37%
Trabajo no contributorio (TNC)	Vertical	19.00%	38.37%	50.54%
	Horizontal	21.00%	39.84%	22.86%

Fuente: Propia

Como se puede observar la mejor distribución de trabajo productivo en el vaciado de vertical y horizontal es el vaciado con bomba TDH; sin embargo, entre el vaciado con torre grúa y una bomba tradicional TK70 la torre grúa tendrá una mejor distribución de trabajo productivo.

5.3.2.3 Ciclo de vaciado y rendimiento de vaciado de concreto con balde.

El ciclo de transporte de concreto en balde empieza desde que el *rigger* abra la compuerta del mixer y se empiece a llenar el balde de concreto cuya capacidad es de 0.85 m³. Seguidamente, la torre grúa realizará el transporte vertical del balde por encima del acero vertical de las columnas o placas. Posteriormente, realizará un giro horizontal hasta la dirección de punto de vaciado; luego de ello, el carro de pluma deberá dirigir el balde de concreto al punto exacto de vaciado. Después, el balde deberá descender hasta la posición indicada por el *rigger* permitiendo descargar la mezcla. De regreso, el balde retornará vacío hasta llegar a tocar el piso y alistar la siguiente recarga de balde. Por lo tanto, el ciclo de vaciado será cuando el balde será transportado lleno de ida y vacío de vuelta hasta el punto de recarga. A continuación, se analiza un ciclo de vaciado promedio para el vaciado vertical del piso 4 (Tabla 10).

Tabla 10 Ciclo de vaciado de elementos verticales del piso 4

DESCRIPCIÓN		SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3
RECORRIDO DE IDA	Llenado de concreto en balde	35	35	35
	Ascenso vertical del balde	30	30	30
	Giro promedio de la torre grúa	17	14	14
	Desplazamiento del carro de la grúa	16	12	13
	Descenso vertical del balde lleno	15	15	15

RECORRIDO DE VUELTA	Vaciado de concreto con balde	100	100	110
	Ascenso vertical del balde vacío	20	20	20
	Giro promedio de la torre grúa	17	15	14
	Desplazamiento del carro de la grúa	16	12	14
	Descenso vertical del balde vacío	25	25	25
TIEMPO DE VACIADO POR SECTOR		291	278	290
CICLO DE VACIADO PROMEDIO (seg)		286.3		
CICLO DE VACIADO PROMEDIO		4.8 Min		

Fuente: Propia

A continuación, se muestra un ciclo de vaciado promedio para el vaciado horizontal (Tabla 11).

Tabla 11 Ciclo de vaciado de elementos horizontales del piso 4

DESCRIPCIÓN		SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3
RECORRIDO DE IDA	Llenado de concreto en balde	35.2	35.2	35.2
	Ascenso vertical del balde	35.0	35.0	35.0
	Giro promedio de la torre grúa	18.0	18.0	16.0
	Desplazamiento del carro de la grúa	14.0	12.0	13.0
	Descenso vertical del balde lleno	17.1	17.2	17.2
RECORRIDO DE VUELTA	Vaciado de concreto con balde	20.0	20.0	20.0
	Ascenso vertical del balde vacío	24.0	24.0	24.0
	Giro promedio de la torre grúa	18.0	18.0	16.0
	Desplazamiento del carro de la grúa	14.2	12.0	13.0
	Descenso vertical del balde vacío	25.0	25.0	25.0
TIEMPO DE VACIADO POR SECTOR		220.5	216.4	214.4
CICLO DE VACIADO PROMEDIO (seg)		217.1		
CICLO DE VACIADO PROMEDIO		3.6 Min		

Fuente: Propia

Adicionalmente, se realizaron varias mediciones en campo para poder estimar el ciclo promedio de vaciado desde el piso 2 hasta el piso 20.

Para poder obtener el ciclo de vaciado promedio por piso en elementos verticales y horizontales, se procedió a registrar la fecha de vaciado, el nivel en que se encuentra, tipo de elemento, vertical u horizontal que se va a vaciar, resistencia, cantidad de metros cúbicos a vaciar, hora de inicio y fin de vaciado en tiempos acumulados. Estos resultados se muestran en el Anexo C y D.

A. Ciclo promedio y rendimiento de vaciado vertical

Para el análisis de vaciado de elementos verticales se registraron los ciclos de vaciado con balde y el tiempo de vaciado del mixer de concreto en el cual se especifica la cantidad de metros cúbicos y el tiempo de descarga de concreto. La siguiente Tabla 12, muestra la propuesta de análisis de un ciclo de vaciado según la capacidad máxima por balde de 0.85 m³.

Tabla 12 Propuesta de ciclo promedio de vaciado con balde en verticales del piso 4.

ELEMENTO	CODIGO	VOLUMEN	TIEMPO VACIADO (MIN)	
COLUMNA C-2 C-3 C-4 C-5 Y C-9	Fc=525	5.50	34	
	kg/cm2			
MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210	5.00	30	
	kg/cm2			
ASCENSOR, ESCALERA	Fc=280	7.00	40	Rendimiento
	Fc=210	8.00	48	
	kg/cm2			
COLUMNA C-7 C-8 Y C13	Fc=280	7.00	42	10.1 m3/hr
	kg/cm2			
MURO EJE H/EJE 2-9	Fc=210	8.00	46	1 ciclo de vaciado
	kg/cm2			
TOTAL		40.50	240.00	5.0 Minutos

Fuente: Propia

Para corroborar un ciclo de vaciado vertical evaluado en campo (Tabla 10) con lo evaluado en análisis de ciclo de vaciado de la (Tabla 12), esta se calcula a partir de una regla de tres simple, si en 240 min se vació 40.5 m³ de concreto, cuantos minutos demora un ciclo de vaciado de concreto con balde de 0.85 m³, un ciclo demora 5 min.

La diferencia de 0.20 min, con la Tabla 9 evaluada en campo, se debe a la imprecisión y percepción del tiempo, intervalos de cambio mixer o la variabilidad en obra y la toma de datos del arranque y terminó del vaciado.

El registro diario de intervalos de vaciado con el balde de concreto permitirá estimar el ciclo promedio por nivel el cual se detalla en la siguiente tabla (Tabla 13).

Tabla 13 Resultado de ciclos promedio de vaciado en elementos verticales

NIVEL	Ciclo prom. de vaciado (min)	NIVEL	Ciclo prom. de vaciado (min)
3	4.8	12	7.4
4	5	13	7.5
5	5.5	14	7.5
6	5.6	15	7.7
7	6	16	7.9
8	6	17	8
9	6.3	18	8
10	6.6	19	8.1
11	7.1	20	8.3

Fuente: Propia

Se puede observar en la Fig. 46 que conforme van aumentando los niveles, también aumenta el tiempo de ciclo de vaciado debido a que los tiempos de ascenso y descenso del balde son mayores. Adicionalmente, conforme va aumentado el nivel de la estructura, la velocidad de transporte del balde disminuye debido a que el operador de la torre grúa debe tener un control más preciso del carro. La siguiente gráfica muestra la tendencia del ciclo de vaciado.

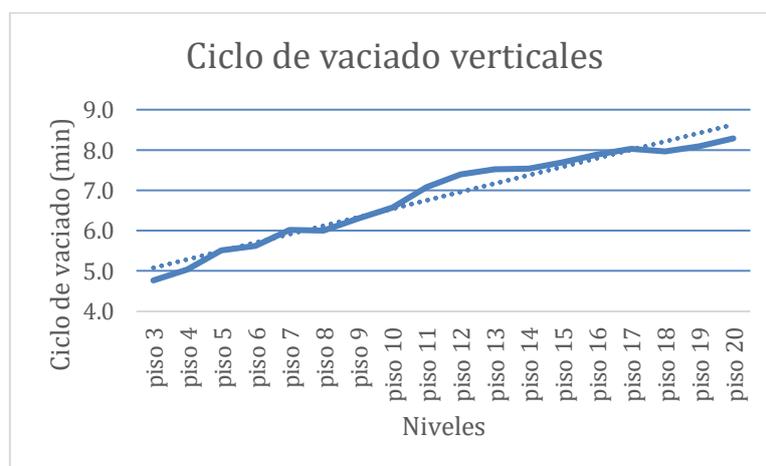


Fig. 46 Tiempo de un ciclo promedio de vaciado vertical

Fuente: Propia

De igual forma, con los datos obtenidos se puede indicar el rendimiento del vaciado de concreto con balde de concreto (Tabla 14).

Tabla 14 Tabla de rendimientos de vaciado de elementos verticales

NIVEL	Rend. prom (m3/h)	NIVEL	Rend. prom (m3/h)
piso 3	10.7	piso 12	6.9
piso 4	10.1	piso 13	6.8
piso 5	9.2	piso 14	6.8
piso 6	9.1	piso 15	6.6
piso 7	8.5	piso 16	6.5
piso 8	8.5	piso 17	6.3
piso 9	8.1	piso 18	6.4
piso 10	7.8	piso 19	6.3
piso 11	7.2	piso 20	6.2

Fuente: Propia

La relación del tiempo del ciclo de vaciados y el rendimiento es inversamente proporcional. Si el ciclo de vaciado aumenta, el rendimiento disminuye ya que un mayor tiempo en el ciclo de vaciado significa que se toma más tiempo para vaciar la mezcla de concreto. La siguiente Fig. 47, muestra los rendimientos de vaciado vertical para cada piso. A medida que aumenta el nivel tendremos un mayor tiempo de traslado y por lo tanto un menor rendimiento.



Fig. 47 Rendimientos de vaciado por piso de elementos verticales

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos previamente se calcula el rendimiento promedio de vaciado en elementos verticales de los 20 pisos del proyecto Liberty. (Tabla 15).

Tabla 15 Ratio de vaciado de verticales con balde de concreto en 20 pisos

Vaciado (elemento)	Volumen total (m3)	Tiempo total de vaciado (min)	Tiempo total de vaciado (hora)	Vol. (m3) / tiempo (día)	Vol. (m3) / tiempo (hora)
Verticales	671.50	5,337.00	88.95	60	7.5

Fuente: Propia

B. Ciclo promedio y rendimiento de vaciado horizontal.

De la misma manera que en los elementos verticales se procede a registrar los ciclos de vaciado horizontal y la toma de tiempo de vaciado por mixer para los elementos de losas y vigas (Tabla 16).

Debido a que los elementos horizontales no tienen tanta complejidad, en comparación a los vaciados verticales, se presume que los tiempos serán menores. El motivo por el cual se estima que el tiempo de vaciado de elementos horizontales es menor, radica en la superficie de vaciado.

Tabla 16 Resultado del ciclo promedio de vaciado de losa.

NIVEL	Ciclo prom. de vaciado (min)	NIVEL	Ciclo prom. de vaciado (min)
piso 3	3.6	piso 12	5.7
piso 4	3.7	piso 13	5.7
piso 5	4	piso 14	5.8
piso 6	4.2	piso 15	6.0
piso 7	4.4	piso 16	6.0
piso 8	4.8	piso 17	6.3
piso 9	5.0	piso 18	6.3
piso 10	5.4	piso 19	6.4
piso 11	5.5	piso 20	6.6

Fuente: Propia

Con respecto a los elementos verticales (columnas, muros y placas), estos tienen una superficie de vaciado mucho menor que los elementos horizontales. Por lo que el balde de concreto debe estar alineado sobre la superficie del elemento para que, durante la descarga del balde, la mezcla caiga dentro

del encofrado del elemento; en otras palabras, la maniobra del operador de la torre grúa debe ser más precisa de modo que aumenta el tiempo de vaciado en el punto de descarga.

En cambio, para el caso de horizontales (losas y vigas), las maniobras del operador no requieren tanta precisión. Solo basta colocar el balde sobre el punto de vaciado y descargar todo el contenido de mezcla. Con los datos obtenidos se puede indicar la tendencia del ciclo de vaciado horizontal Fig. 48 para los pisos estudiados en el proyecto.

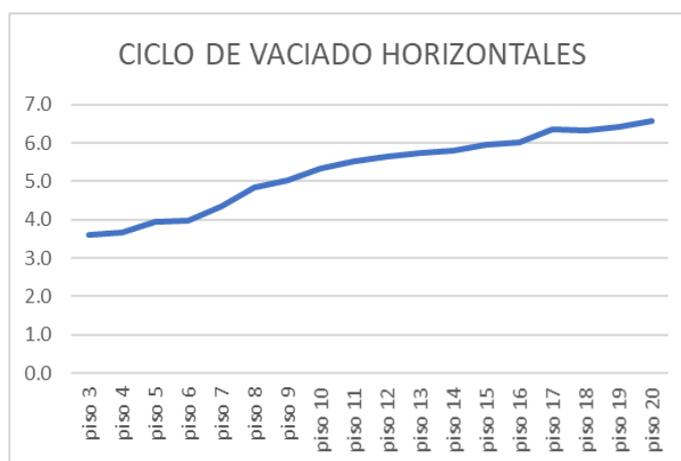


Fig. 48 Tiempo de un ciclo promedio de vaciado horizontal

Fuente: Propia

De igual forma que los elementos verticales, los tiempos de ciclos de vaciado aumentan por nivel; no obstante, son menores que los ciclos de vaciado de verticales. A continuación, se muestra los rendimientos de vaciado horizontal usando la torre grúa. (Tabla 17).

Tabla 17 Resultado de los rendimientos de vaciado horizontal.

NIVEL	Rend. prom (m3/h)	NIVEL	Rend. prom (m3/h)
3	14.1	12	9
4	13.9	13	8.9
5	12.9	14	8.8
6	12.2	15	8.5
7	11.7	16	8.5
8	10.6	17	8
9	10.1	18	8
10	9.5	19	8
11	9.2	20	7.8

Fuente propia

El análisis de estos resultados se muestra en el Anexo D y con ello se obtienen los rendimientos del vaciado de elementos horizontales de cada nivel. (Fig.49).

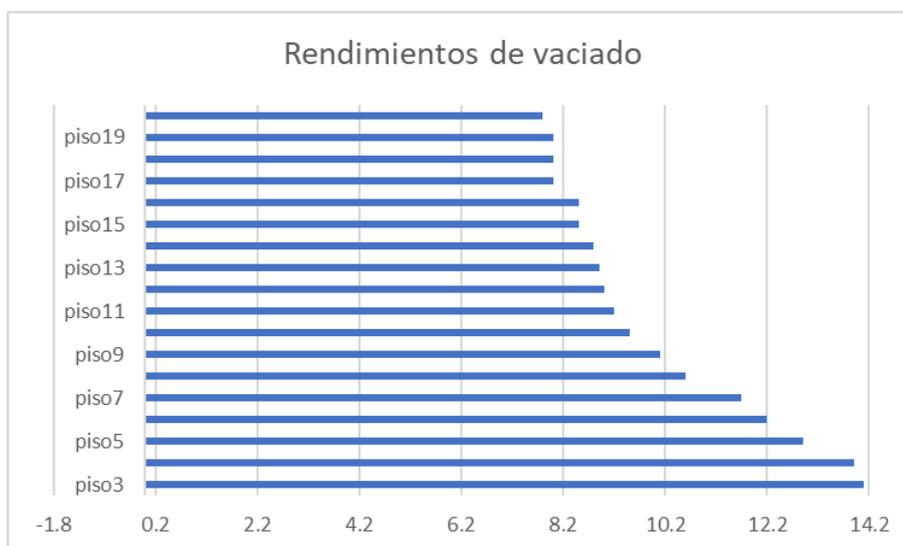


Fig. 49 Rendimientos de vaciado de elementos horizontales por nivel

Fuente: Propia

Finalmente, se muestra el ratio de rendimientos de vaciado en elementos horizontales del proyecto Liberty de 20 pisos (Tabla 18).

Tabla 18 Ratio de los elementos horizontales en los 20 pisos

Vaciado (elemento)	Volumen total (m3)	Tiempo total de vaciado (min)	Tiempo total de vaciado (hora)	Vol.(m3)/ tiempo(día)	Vol.(m3)/ tiempo(hr)
Horizontales	1,005.00	6,209.00	103.48	77.6	9.7

Fuente: Propia

Por último, se obtiene el tiempo total que la torre grúa fue utilizada para el vaciado de concreto y el rendimiento de vaciado de elementos horizontales con torre grúa. Con esta información es posible hacer una planificación de obra más detallada, mejorando la programación diaria y la programación semanal del “look ahead planning”.

5.3.2.4 Comparación de rendimientos de vaciado en los proyectos analizados.

Con los resultados calculados previamente se presenta la siguiente tabla 19, el cual muestra los rendimientos de vaciado por día con bomba y torre grúa en edificios multifamiliares de 20 pisos.

Tabla 19 Ratio de los elementos horizontales en los 20 pisos

Vaciado de concreto	TDH o Placing (m3/día)	Tradicional TK70 (m3/día)	Torre grúa (m3/día)
Vertical	128	55	60
Horizontal	203	90	77.6

Fuente: Propia

Con esta comparación de rendimientos, de los proyectos analizados, es posible identificar qué sistema de vaciado es el más óptimo para la necesidad de cada proyecto de construcción de viviendas multifamiliares de 20 pisos. En el cual se puede observar que con la Bomba TDH se tiene un rendimiento del doble al de una bomba tradicional y del vaciado con torre grúa. Sin embargo, entre el vaciado con torre grúa y una bomba tradicional TK70 no existe mucha diferencia entre sus rendimiento de vaciado vertical.

5.4 Análisis de acarreo de materiales

5.4.1 Distribución de materiales sin torre grúa (elevador de carga).

La partida de acarreo de materiales es descrita como parte de un trabajo contributorio para la obra. Es decir, que no genera beneficios directos al proyecto, pero es necesario para alcanzar el entregable.

El acarreo de los materiales propuesto tiene dos trayectos. El primero es cuando llega material a la obra y debe ser almacenado en su punto de acopio. El segundo trayecto es desde el punto de acopio hasta el piso y sector de trabajo. El siguiente croquis (Fig. 45) señala los puntos donde los materiales serán almacenados. Se empleó el elevador de carga modelo IZA-1500 que tenía una capacidad de 1.5 tn.

5.4.1.1. Viaje desde el camión de transporte al punto de almacenamiento

Se presenta la distribución de materiales con elevador de carga (Fig.50).

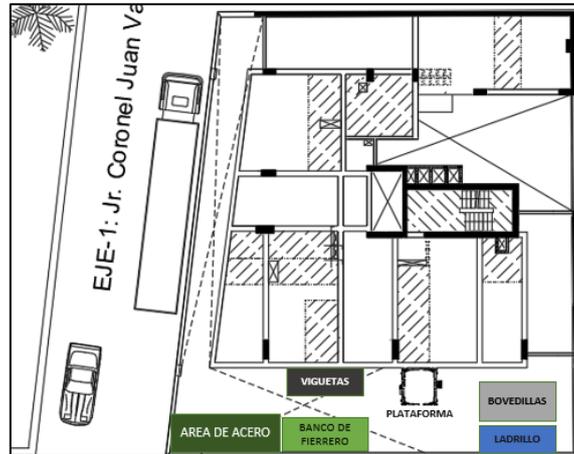


Fig. 50 Croquis de puntos de almacenamiento de materiales sin torre grúa.

Fuente: Propia

En comparación con proyectos que no utilizan la torre grúa y utilizan otros elevadores de carga, se necesitó de 2 horas para descargar 6 toneladas de acero, el doble de tiempo que la torre grúa; desde el camión de transporte al ingreso del proyecto y luego ser transportado hasta el banco del fierro. A continuación, se muestra la distribución de materiales en el caso de tener un elevador de carga (Fig.50).

5.4.1.2. Viaje del punto del acopio hasta el piso trabajado

En los proyectos visitados se utilizaba 2.5 horas diarias para transportar el acero habilitado y estaba restringido a las dimensiones del acero (longitud de varillas de hasta 6 metros). Para el caso de varillas muy largas fue necesario subir el material con soga y ganchos unidos al elevador de carga.

Para este caso de análisis los materiales como viguetas, bovedillas y mampostería serán distribuidas en el sector 1 de cada nivel debido a que la posición del elevador de carga se encuentra en esta posición.

5.4.2 Distribución de materiales con torre grúa

5.4.2.1 Viaje desde el camión de transporte al punto de almacenamiento

A continuación, se muestra la distribución de materiales usando la torre grúa.

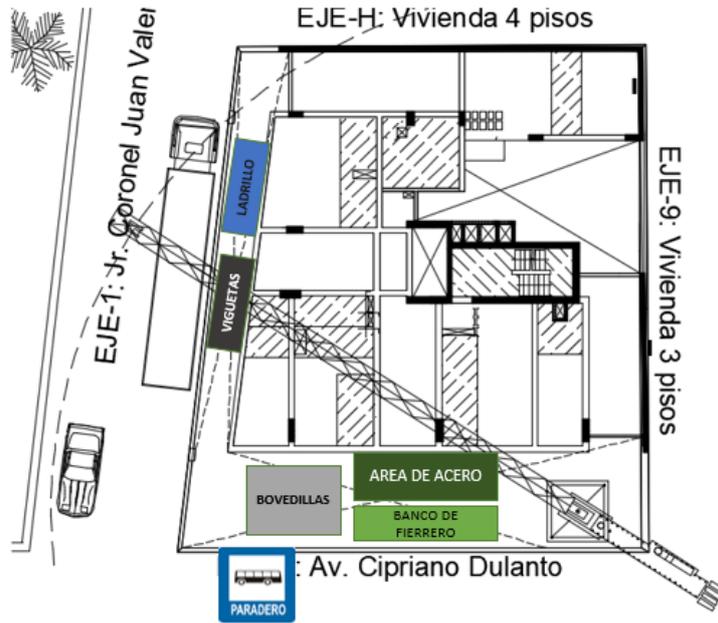


Fig. 51 Distribución de materiales en obra con torre grúa

Fuente: Propia

Por último, se muestra el de tiempo de transporte de material al punto de almacenamiento (Figura.52).



Fig. 52 Tiempos de viaje de acero al punto de acopio

Fuente: Propia

5.4.2.2 Viaje del punto del acopio hasta el nivel trabajado

El tiempo de transporte de acero habilitado es de una hora semanal y se mantuvo constante en todo el periodo de muestra. El material era desplazado desde el banco del herrero hasta el sector 1 del piso en que se trabajaba. La siguiente Fig.53 muestra la distribución del tiempo de esta actividad.

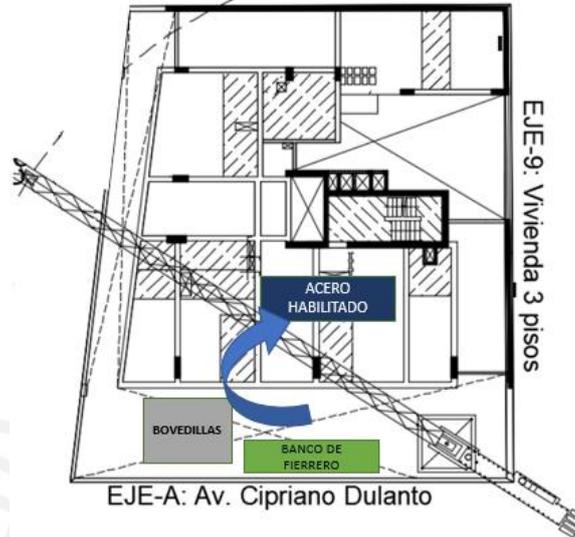


Fig. 53 Distribución de materiales al nivel de trabajo

Fuente: Propia

➤ Distribución de Acero

Debido a las demoras en la colocación de acero del último sector se registró el trabajo contributorio (TC) y trabajo no contributorio (TNC) de la partida colocación de acero en muros, con la finalidad de identificar la incidencia de los procesos en esta partida y evaluar el motivo de estos retrasos.

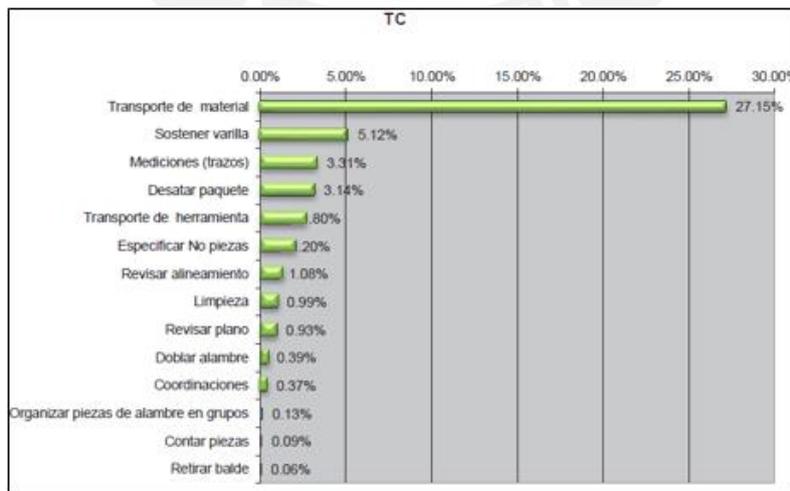


Fig. 54 Trabajo contributorio de colocación de acero en muros.

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano

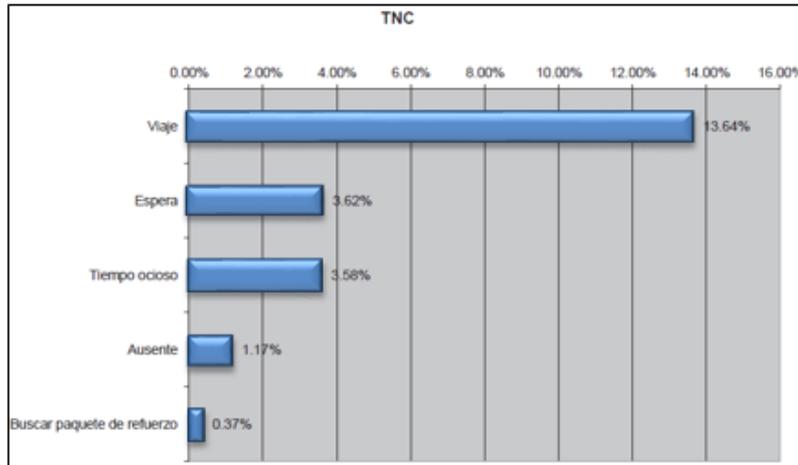


Fig. 55 Trabajo no contributorio de colocación de acero en muros.

Fuente: *Proyectos y construcciones Lugano (2019)*.

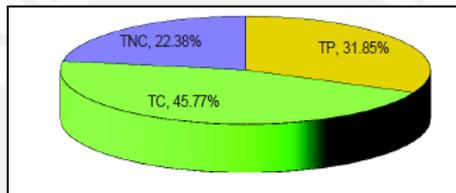


Fig. 56 Distribución del trabajo de colocación de acero en muros.

Fuente: *Proyectos y construcciones Lugano (2019)*.

Como se puede observar los procesos de mayor incidencia en la partida de colocación de acero en muros son de transporte de materiales (TC) y viajes (TNC). Estos movimientos se deben a que en el frente de trabajo se tiene un solo punto de acopio de materiales, por lo que los trabajadores deben de desplazarse hasta ese punto y luego llevar a su zona de trabajo, estos materiales son el acarreo de varillas.

Como alternativa de solución se propone utilizar la torre grúa para agrupar 3 paquetes de varias de acero, según los diámetros solicitados y se proceder a ubicarlos en 3 puntos estratégicos de cada sector con la finalidad de disminuir el tiempo de transporte de material y viajes. Por otro lado de utilizar elevadores de carga, se necesitará de personal adicional para el traslado del material.

➤ Distribución de viguetas

El transporte de viguetas se efectuaba desde el camión de carga hasta el punto de acopio de materiales y posteriormente al sector de trabajo. Para efectos de análisis se tomó un promedio de los viajes de cada sector. Las viguetas eran agrupadas por su longitud, paño y sector.

La siguiente Tabla 20 muestra la distribución de viguetas por sectores y por piso. Asimismo, se indica el tiempo de ciclo de traslado y el número de viajes por sector.

Tabla 20 Medrado y ciclos de transporte de viguetas

DEL PISO 3 AL 9					
Sector	N° VIGUETAS	UND	N° viajes	Ciclo prom (min)	Traslado (min)
Sector 1	66	und	10 viajes	5.5	55
Sector 2	29	und	4 viajes	4.5	18
Sector3	35	und	5 viajes	5	25
DEL PISO 10 AL 13					
Sector	N° VIGUETAS	UND	N° viajes	Ciclo prom (min)	Traslado (min)
Sector 1	66	und	10 viajes	6.5	65
Sector 2	27	und	4 viajes	5	20
Sector 3	32	und	5 viajes	6	30
DEL PISO 14 AL 20					
SECTOR	N° VIGUETAS	UND	N° viajes	Ciclo prom (min)	Traslado (min)
Sector 1	66	und	10 viajes	7.5	75
Sector 2	11	und	2 viajes	6	12
Sector3	13	und	2 viajes	7	14

Fuente: Propia

Según la sectorización del edificio, el sector 1 presenta mayor área de losas aligeradas y representaba el área más grande de los tres sectores, por lo que tiene una mayor cantidad de viajes y en consecuencia es el sector que más tiempo tomaba en la descarga de materiales. Esto se puede comprobar en los tiempos de traslados de la tabla 19. Con esta información, también se obtiene el tiempo total que utilizó la torre grúa para el acarreo de viguetas que es de 1853 minutos o casi 31 horas en acarreo de viguetas.

➤ **Distribución de bovedillas**

El acarreo de bovedillas se hizo de forma similar a las viguetas. Son agrupadas en parihuelas, de 120 unidades cada una, para luego ser almacenadas en un punto de acopio dentro de obra. La Tabla 21 muestra el tiempo promedio de ciclo de movimiento para cada sector y piso del edificio.

Tabla 21 Número de bovedillas por sector y tiempos de traslado.

SECTOR	N° bovedillas	Parihuelas	N° viajes	Ciclo prom. (min)	Traslado (min)
Sector 1	630	5	5	5	25
Sector 2	240	2	2	4	9
Sector3	345	2	3	5.5	15

SECTOR	N° bovedillas	Parihuelas	N° viajes	Ciclo prom. (min)	Traslado (min)
Sector 1	630	5	5	6	30
Sector 2	216	2	2	5	10
Sector3	300	2	3	6.5	18

SECTOR	N° bovedillas	Parihuelas	N° viajes	Ciclo prom. (min)	Traslado (min)
Sector 1	630	5	5	7	35
Sector 2	90	1	1	6.5	6.5
Convencional	250	2	2	7	14
Sector3	120	1	1	8	8

Fuente: Propia

Se observa que los tiempos de traslado de viguetas y bovedillas son mayores para el sector 1, debido a que están en proporción con el área de losa aligerada. A mayor cantidad de viguetas mayor cantidad de bovedillas. El tiempo total de traslado de bovedillas es de 872.5 minutos o de 14.5 horas. Este tiempo de traslado es aproximadamente la mitad que el tiempo usado en viguetas.

➤ Distribución de mampostería

El proyecto Liberty empleaba ladrillos de concreto vibrado de espesor de 7 cm, 10 cm y 14 cm. El transporte era realizado por parihuelas de 100 unidades cada una y el transporte de la grúa era de una parihuela por viaje. La siguiente tabla 22 muestra la cantidad de ladrillos de tabiques por piso, el número de viajes y el tiempo de cada ciclo.

Tabla 22 Cantidad de ladrillos por piso

Nivel	Tipo	Metrado (m2)	Cantidad ladrillo	Cantidad parihuela	N° viajes	Ciclo prom	Traslado (min)
Del 3 al 9	p-10	188	1448	15	15	5.5	82.5
	p-14	155	1194	12	12		66
Del 10 al 13	p-10	175	1348	14	14	6.5	91
	p-14	150	1155	12	12		78
Del 14 al 15	p-10	165	1271	13	13	7	91
	p-14	140	1078	11	11		77

Fuente: Propia

Se observa que el tiempo empleado para el traslado de ladrillos es mucho mayor en comparación al de viguetas y bovedillas, siendo un tiempo total de traslado de 2387.5 minutos o de 39.8 horas.

La finalidad del registro de tiempos y movimientos, calculados previamente, es poder implementar una programación más detallada para el uso eficiente de la torre grúa de la torre grúa. Esta programación (Fig. 57) se actualizaba cada 5 pisos, debido a que el edificio no tiene una sección típica en sus 20 niveles.

		LUN	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB
07:30:00 a. m.	08:00:00 a. m.	TRASL. ACERO S1-P19	LADRILLO S3-12	LADRILLO S1-13	LADRILLO S2-13	ACARRE O	BOVEDILLA S2 S3 P20
08:00:00 a. m.	09:00:00 a. m.						
09:00:00 a. m.	10:00:00 a. m.	ENCOFR. ADO				VIGUETA P20 Y BOVEDILLA S1-S2 P20	APARATOS PILOTO
10:00:00 a. m.	11:00:00 a. m.		LOSA S3 P19	VIGUET S1-P20	CIMENTO ACERO		
11:00:00 a. m.	12:00:00 p. m.	LOSA S1 S2 P19					
12:00:00 p. m.	01:00:00 p. m.			PS2- P20	PS3-P20	ENCOFR. ADO	
01:00:00 p. m.	02:00:00 p. m.		PS1- P20				
02:00:00 p. m.	03:00:00 p. m.						
03:00:00 p. m.	04:00:00 p. m.	ACARRE O					
04:00:00 p. m.	05:00:00 p. m.						

Fig. 57 Programación semanal de los trabajos de torre grúa

Fuente: Edificio Liberty de Lugano (2019)

6. Costos de implementación.

6.1 Costo de inversión mensual sin torre grúa (elevador de carga).

Para poder comparar que maquinaria, torre grúa o elevador de carga, es más rentable en el proyecto se procede a evaluar los costos que demanda un elevador de carga modelo IZA 1500 (Anexo F) con capacidad de carga de 1.5 toneladas.

A continuación, se muestra la tabla 23, la cual detalla los costos fijos, costos de operación y costos de personal necesario para la operatividad del elevador de carga y traslado de material.

Tabla 23 Cuadro Costos mensuales del elevador de carga

ITEM	COSTOS MENSUALES DEL ELEVADOR DE CARGA IZA 1500	UND	CANT	P.U. MES	TOTAL S/.
COSTOS FIJOS					
1.0	COSTO DE MONTAJE	GBL	1.0	S/1,817.20	S/9,086.00
2.0	COSTO DE DES MONTAJE	GBL	1.0	S/1,817.20	S/9,086.00
COSTOS DE OPERACIÓN					
3.0	COSTOS MENSUALES DE ALQUILER	MES	5.0	S/5,900.00	S/29,500.00
4.0	ESTIMACIÓN DE COSTO ELÉCTRICO	MES	5.0	S/500.00	S/2,500.00
5.0	ACCESORIOS DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO	MES	5.0	S/590.00	S/2,950.00
COSTO DE PERSONAL					
6.0	OPERADOR DE ELEVADOR	MES	5.0	S/3,850.00	S/19,250.00
7.0	AYUDANTE (PERSONAL ADICIONAL)	MES	5.0	S/2,800.00	S/14,000.00
8.0	AYUDANTE (PERSONAL ADICIONAL)	MES	5.0	S/2,800.00	S/14,000.00
9.0	AYUDANTE (PERSONAL ADICIONAL)	MES	5.0	S/2,800.00	S/14,000.00
SUBTOTAL CON I.G.V.				S/22,874.40	S/114,372.00

Fuente: Propia

El costo mensual promedio del elevador de carga será de 22 874.40 soles y el costo total de los 5 meses de arrendamiento el cual comprende desde el piso 2 hasta el piso 20 será de 114 372.00 soles. La estimación de costo eléctrico se realizó en base a costos de proyectos pasados.

La cotización se incluirá en el Anexo G. (Monto sin I.G.V.).

6.2 Costo de inversión mensual con torre grúa.

El costo de inversión de la torre grúa se evalúa de acuerdo con el flujo de caja proyectado por las diferentes empresas contratistas de grúa. El flujo de caja es la estimación del dinero que deberá pagar la empresa constructora en el tiempo de uso de la torre grúa (en el caso del proyecto Liberty fue de 8 meses de arrendamiento). Para calcular el costo de inversión se evaluarán los costos fijos, costos de alquiler, operación, seguridad y personal necesario para la funcionalidad de la torre grúa, estos costos se calcularán en periodos mensuales.

A continuación, se muestra la Tabla 24, la cual detalla los gastos fijos de la torre grúa. Estos costos consideran la inversión para el traslado, montaje, desmontaje de la torre grúa, etc.

Tabla 24 Costos fijos de instalación para la grúa MC68B

MODELO: GRUA MC 68 B VERSION: EMPOTRADA		PRECI O	CANTIDAD TOTAL	Arrios.	8 MESES TOTAL	
COSTOS FIJOS (SIN I.G.V.)					TOTAL	
1	Montaje grúa altura inicial 51.30	S/3,300.00	1.00		S/3,300.00	
2	Desmontaje grúa altura final 72.30	S/3,300.00	1.00		S/3,300.00	
3	Pies de empotramiento	S/8,250.00	1.00		S/8,250.00	
4	Carga y transporte de tramo de aplome de Ibergruas a Obra	S/1,485.00	1.00		S/1,485.00	
5	Grúa hidráulica para montaje - descarga en obra	S/5,940.00	1.00		S/5,940.00	
6	Grúa hidráulica para desmontaje carga en obra	S/5,940.00	1.00		S/5,940.00	
7	Transporte de grúa torre patio IBERGRUAS a obra	S/5,775.00	1.00		S/5,775.00	
8	Transporte de grúa torre obra IBERGRUAS	S/5,775.00	1.00		S/5,775.00	
9	Telescopaje de grúa hasta 72.30 metros	S/825.00	1.00	1.00	S/825.00	
10	Colocación de arriostamiento sobre altura de autonomía	S/825.00	1.00	1.00	S/825.00	
11	Flete de anclajes de arriostamiento	S/990.00	3.00	1.00	S/990.00	
					Sin I.G.V.	S/42,405.00
					Con I.G.V.	S/50,037.90
					Promedio mensual	S/. 6,254.74

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano (2019)

El costo fijo será de 50,037.00 nuevos soles y el gasto promedio mensual será entre los 8 meses de alquiler dando como resultado 6,254.74 nuevos soles. Para el cambio de moneda se consideró (1 dólar a 3.3 soles), según cotización.

Adicionalmente, se debe considerar como gastos mensuales de alquiler, los costos de arrendamiento por las horas máquina, horas del operador, mantenimiento, operatividad, arriostamiento y tramos de la torre grúa como se muestra en la siguiente Tabla 25.

Tabla 25 Costos de alquiler de inversión para la grúa MC68B

MODELO: GRUA MC 68 B VERSION: EMPOTRADA		PRECIO	CANTIDAD		8 MESES
			TOTAL	Arrios.	TOTAL
COSTOS MENSUALES (SIN I.G.V)					
12	Arriendo grúa 220 horas mensuales	S/3,960.00	1.00		S/31,680.00
13	Operador grúa 220 horas mensuales	S/5,032.50	1.00		S/40,260.00
14	certificación del montaje	S/0.00	1.00		S/0.00
15	Arriendo de tramo de 3 metros	S/1155.00	4.00	4.00	S/4,620.00
16	Arriendo de marcos de arrostramiento	S/132.00	1.00	1.00	S/528.00
17	Mantenimiento mensual	S/495.00	1.00		S/3,465.00
				Sin I.G.V.	S/80,553.00
				Con I.G.V.	S/95,052.54
				Promedio mensual	S/. 11,881.57

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano (2019)

El subtotal de los costos mensuales es de 95,052.54 nuevos soles. El gasto mensual promedio de alquiler será de 11,881.57 soles. Además, la torre Grúa no solo cuenta con gastos fijos y de alquiler, sino también gastos de accesorios de seguridad y operatividad como los siguientes equipos (Tabla 26).

Tabla 26 Costos de accesorios de seguridad y operatividad de la grúa.

DESCRIPCIÓN DE LA COMPRA O REQUERIMIENTO	ORDEN	Monto con I.G.V.	
Cable suministro de energía T.G. (50% del costo total, uso para 2 proyectos).	OC N° 132	S/.	902.91
Accesorios para izaje de T.G. (estrobos y eslingas).	OC N° 162	S/.	4,000.00
4 Escobillas de acero mantenimiento de balde y canastilla de T.G.	OC N° 176	S/.	108.00
Medición y protocolo de pozo a tierra para la T.G.	OT N° 58	S/.	250.00
10 Galones de petróleo para mantenimiento de balde.	CAJA CHICA	S/.	153.40
16 Grampas y 16 ml de cable acerado	OC N° 180	S/.	85.19
15 Unid de grapas y 10 ml de cable acerado-letrero	OC N° 196	S/.	77.00
1 Manguera de 2 metros y una abrazadera	OC N° 313	S/.	752.19
1 Plataformas de acceso (33% del costo total para uso de 3 proyectos)	OC N° 438	S/.	1,995.71
1 Canastilla metálica (33% del costo total para uso de 3 proyectos)	OC N° 439	S/.	1,725.86
Compra de balde metálico (16.67% del costo total para uso de 6 proyectos)	OC N° 010	S/.	1,166.67
Concreto para zapata de torre grúa (20m3 de concreto)	CONCRETO	S/.	4,956.00
Acero para zapata de torre grúa (20 varillas de 3/4 y 20 de 1")	ACERO	S/.	2,714.00
		Subtotal:	S/. 18,886.93
		Prom. mensual	S/. 2,360.87

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano (2019)

El sub total de los costos de seguridad y operatividad es de 18,886.93 nuevos soles. Por ende, el gasto de seguridad y operatividad promedio será el subtotal entre los 8 meses de arrendamiento, dando como resultado 2,360.87 nuevos soles. Estos gastos deberán estar presentes en el presupuesto, ya que son los gastos mínimos necesarios para su correcto funcionamiento y operatividad en los 8 meses.

Asimismo, será necesario considerar el pago personal capacitado, como el de los 2 *rigger*, los cuales serán responsables de todas las maniobras para transportar los materiales. Adicional a ello, se deberá considerar el costo de energía para hacer funcionar a la torre grúa.

En resumen, el costo mensual de inversión de arrendamiento de la torre grúa se indican en la siguiente Tabla 27, costo promedio para los ocho meses de alquiler de la torre grúa. Este costo será de 24 569.75 nuevos soles y considerando las 200 horas de trabajo mensual para la torre grúa, el costo por hora será de 153.49 nuevos soles.

Tabla 27 Costos mensuales de la torre grúa

ITEM	COSTOS MENSUALES DE TORRE GRÚA	UND	CANT	P.U. MES	TOTAL S/.
COSTOS FIJOS					
1.0	COSTO DE INSTALACIÓN	GBL	1.0	S/6,254.74	S/50,037.90
COSTOS DE OPERACIÓN					
2.0	COSTOS MENSUALES DE ALQUILER (220HORAS)	MES	8.0	S/11,881.57	S/95,052.54
3.0	ESTIMACIÓN DE COSTO ELÉCTRICO	MES	8.0	S/2,500.00	S/20,000.00
4.0	ACCESORIOS DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO	MES	8.0	S/2,360.87	S/18,886.93
COSTO DE PERSONAL					
5.0	PERSONAL RIGGER (OPERARIO)	MES	8.0	S/3,850.00	S/30,800.00
6.0	PERSONAL RIGGER (OPERARIO)	MES	8.0	S/3,850.00	S/30,800.00
SUBTOTAL				S/30,697.17	S/245,577.37

Fuente: Propia

El costo mensual promedio de la torre grúa será de 30 697.17 nuevos soles y el costo total de los 8 meses de arrendamiento será de 245 577.37 nuevos soles. La estimación de costo eléctrico se realizó en base al 80% del pago promedio de recibos mensuales de suministro de energía Enel. Estos montos son menores en comparación a utilizar grupo electrógeno y combustible. El utilizar este equipo conlleva a un precio aproximadamente dos veces mayor.

6.3 Comparativo de costos sin torre grúa vs con torre grúa.

Se mostrará un cuadro comparativo de costos de las partidas y del personal necesario para el vaciado de concreto y el acarreo de materiales. Este comparativo se realizó con los gastos mensuales de elevador de carga Tabla 23 y por otro lado, empleado la torre grúa analizado en la Tabla 27. Para igualar los rendimientos ambos métodos tendrán como objetivo construir un piso por semana.

El alcance de la muestra tendrá como referencia el Cronograma de ejecución de obra de la Tabla 3, en el cual se analizará el vaciado desde el piso 2 hasta el vaciado del piso 20 (5 meses de ejecución).

Para el acarreo de materiales en la fase de estructuras se utilizará el elevador de carga para el izaje de las viguetas, bovedillas, acero, etc. Este elevador tendrá el mismo tiempo de alquiler que el periodo de vaciado de 5 meses. Por otro lado, se necesitará de winches eléctricos adicionales de menor capacidad para el apoyo de acarreo en la fase de arquitectura, usados en el acarreo de ladrillos, cerámico, etc. Sin embargo, no se considera el sobre costo de estos winches ya que este no tiene mucha incidencia en el costo total.

6.3.1 Consideraciones para el comparativo.

Para la partida suministro de concreto sin torre grúa se empleará el uso de la bomba TK70. El volumen total de concreto para elementos verticales es de 671.5 m³ indicado en la Tabla 15, el volumen total de concreto para elementos horizontales es de 1005 m³ indicado en la Tabla 18, el volumen total para el periodo de muestra será de 1676.5. Sin embargo, para este método de vaciado se considerará un desperdicio en tubería del 5% (concreto atrapado en tubería), por lo tanto el concreto total para bombeo será de 1760.33 m³.

Por último, se considera el costo de alquiler de tubería adicional necesaria para bombear desde el piso 7 hasta llegar al del piso 20 (tiempo estimado de ejecución 3 meses).

Para la partida de acarreo de materiales y vaciado de concreto se hará un cuadro comparativo de costos (Tabla 28), utilizando la torre grúa y por otro lado usando elevador de carga. El desarrollo del cuadro será en base a los costos calculados previamente en la Tabla 27, costos mensuales de la torre grúa y la Tabla 23, costos mensuales del elevador de carga, el tiempo de análisis será desde el piso 2 hasta el piso 20. Tiempo de ejecución 5 meses.

Los precios de las cotizaciones estarán incluidas en el Anexo G.

Tabla 28 Cuadro comparativo de costos Torre grúa vs Elevador de carga.

CUADRO COMPARATIVO EN EL PERIODO DE CASCO (INC I.G.V)							
ESPECIFICACIONES	UND	CANTIDAD	TORRE GRÚA		ELEVADOR Y BOMBA DE CONCRETO		
			P.U.	SUB TOTAL	P.U.	SUB TOTAL	
CONCRETO ARMADO (suministro)							
Concreto vertical y horizontal (Bomba TK70) Con 5% desperdicio en tubería	m3	1760.33	-	-	S/37.8	S/66,469.9	
Tubería adicional 36 mts lineales, transporte, mano de obra e instalación UNICON	mes	3	-	-	S/1,180.0	S/3,540.0	
ALQUILER DE MAQUINARIA							
Alquiler mensual Torre grúa	mes	5	S/30,697.17	S/153,485.9			
Alquiler mensual elevador de carga	mes	5	-	-	S/22,874.4	S/114,372.0	
				TOTAL	S/153,485.9	TOTAL	S/184,381.9
						Diferencia	S/30,896.02

Fuente: Propia

Si bien el costo mensual de la torre grúa (S/30,697.17) es mayor que el del elevador de carga (S/22,874.4), la torre grúa también será utilizado para el vaciado de concreto, lo cual es de gran utilidad y ahorro para ejecución de la partida de vaciado de concreto.

Como se observa en el cuadro comparativo existe una diferencia de S/. 30 896.02 soles, en todo el periodo de muestra, utilizando torre grúa en comparación al elevador de carga y bomba de concreto. Esto se debe a que a pesar de que el alquiler de un elevador es menor, la cantidad de personal adicional que se necesita para el acarreo de materiales es mayor, por lo que al final el ahorro del costo se centra en la reducción de personal.

Todos los costos del cuadro comparativo incluirán el I.G.V.

7. Análisis de la seguridad de la torre grúa

7.1 Lineamientos de seguridad en el proyecto Liberty

En este capítulo se mencionan criterios y herramientas del plan de seguridad que utiliza la empresa Proyectos y construcciones LUGANO para los procedimientos de trabajo con torre grúa en la construcción de edificios multifamiliares de 20 pisos. El plan de seguridad del proyecto Liberty tendrá como referencia al sistema internacional de gestión de seguridad y salud ocupacional OHSAS 18001 y la norma peruana G. 050 “Seguridad durante la construcción”.

7.1.1 Procedimientos de trabajos.

El objetivo de este procedimiento es establecer lineamientos de trabajos asociados a la operación de la torre grúa, así como las medidas preventivas y controles mínimos de seguridad para dar resguardo a los procesos constructivos de incidentes, accidentes o daños a la salud durante los trabajos que impliquen riesgo al trabajar con esta máquina.

I. Responsabilidades.

Organización de las áreas de trabajo:

Según el artículo 7.1 de la Norma G. 050 menciona: “El empleador debe delimitar las áreas de trabajo y asignar el espacio suficiente a cada una de ellas con el fin de proveer ambientes seguros y saludables a sus trabajadores. Para tal efecto se deben considerar como mínimo las siguientes áreas:”

- Área dirección y administración (oficinas).
- Área de servicios (SSHH, comedor y vestuario).
- Área de parqueo de maquinarias de construcción (en caso aplique).
- Área de almacenamiento de herramientas, equipos manuales y más.
- Área de operaciones de obra.
- Área de acopio temporal de residuos.

Competencias:

La gestión para cumplir la siguiente responsabilidad será por parte de la constructora quien asumirá la dirección y compromiso de asignar y monitorear a los diferentes *stake holders* del proyecto.

- Residente de obra
Es el responsable de hacer cumplir el plan de seguridad y salud en el trabajo SST, antes del inicio de los trabajos contratados y durante la ejecución del proyecto.

- Operador de grúa
El operador deberá verificar el correcto funcionamiento de los mandos de la grúa. Asimismo, deberá comprobar el buen estado de los cables de acero, limitadores de recorrido del carro y del gancho. En el caso de detectar posibles anomalías, deberá informar de inmediato al responsable de SSOMA. En el caso que los defectos sean importantes, el operador debe detener temporalmente la grúa torre. Por último, deberá preocuparse del orden y aseo de la cabina, escalera y barandas

- Maniobrista
Deberá verificar las capacidades de carga e inspeccionar el buen estado de los cables, estrobos, eslingas de nylon, grilletes, ganchos que se emplean para las operaciones de carga y traslado verificando que no presenten cortes o deformaciones que las debiliten.

- Supervisores de seguridad.
 - Responsable que se cumpla el presente procedimiento.
 - Responsable de verificar la inspección mensual de la grúa.

II. PROCEDIMIENTO

Si bien las normativas de las OHSAS 18001 no establecen un modelo único de implementación del sistema de gestión en seguridad y salud, la empresa en mención es responsable de cumplir los siguientes procedimientos para la correcta instalación y funcionamiento de la torre grúa, estas son:

- A) Planificación y aplicación del sistema
- B) Medidas de control en la ejecución de los trabajos.
- C) Medidas de control en el cierre de jornada.
- D) Actuación en caso de emergencia

Estos procedimientos se detallan en el ANEXO H los cuales son propiedad de la empresa Proyectos y construcciones Lugano, facilitados para esta investigación.

7.2 Análisis de las partidas involucradas según el IPER

En este capítulo las partidas que se analizaron de forma preliminar son las de mayor incidencia en el uso de la torre grúa, en el tiempo de análisis y recopilación de datos, estas fueron el vaciado de concreto con balde y el acarreo de materiales. Por último, se presentará la identificación de peligros y evaluación de riesgos IPER de todas las partidas involucradas en el uso de la torre grúa, con la finalidad de llevar un mejor mapeo y control por parte del SOMA en el proyecto. A continuación se procederá a realizar la evaluación de riesgo preliminar en el tiempo de estudio.

En primer lugar, se identifica la probabilidad de ocurrencia de un accidente y la severidad de dicha lesión. Los cuales se muestra en la siguiente tabla 29.

Tabla 29 Identificación de probabilidad de frecuencia y severidad consecuencias

PROBABILIDAD FRECUENCIA	SEVERIDAD CONSECUENCIAS		
	Leve	Moderado	Grave
Ocasional	1	2	3
Poco Frecuente	2	4	6
Frecuente	3	6	9

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano (2019).

Con el valor de severidad se ingresa a la Tabla 30 y se determina el nivel de riesgo de seguridad; si este riesgo es aceptable, se procede con la actividad, si el riesgo es medio o alto, se deben adoptar medidas adicionales para mitigar su ocurrencia.

Tabla 30 Evaluación del nivel de seguridad

VALOR	NIVEL RIESGO	OBSERVACION
1	Bajo	Riesgo Aceptable
2		
3	Medio	Controlar Riesgos
4		
6	Alto	
9		

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano (2019).

Teniendo en cuenta estos valores y niveles de riesgo se presenta, a continuación, la evaluación preliminar de riesgo, en el tiempo de análisis, para las actividades de vaciado de concreto y acarreo de materiales (Tabla 31).

Tabla 31 Evaluación de riesgo preliminar en el proyecto Liberty.

Ítem	Actividad	Identificación del peligro	EVALUACION DEL RIESGO				MEDIDAS DE CONTROL OPERACIONAL	
			Riesgo	Pr ob	Sev	Valor		Nivel
01	Vaciado de concreto	Vaciado de concreto con balde	Caídas de altura	1	2	2	bajo	Uso de equipo de protección personal competo
			Sobre esfuerzos	1	1	1	bajo	Trabajo ergonómico
			Caída del balde de concreto	1	4	4	medio	Aseguramiento del gancho; verificación de la tensión vertical del cable
02	Acarreo de materiales	Movimiento de carga con la torre grúa	Caída de objetos	1	2	2	bajo	Aseguramiento de la carga; ganchos y cables debidamente asegurados
			Tropiezo o caída	2	2	4	medio	Limpieza de la zona de desplazamiento para el operador y el rigger
			Aplastamientos	1	4	4	medio	Señalización del transporte de carga, uso de señal auditiva para el transporte

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se puede observar que hay una mayor incidencia en el nivel medio y bajo, por lo que se considera a estas actividades como controlada.

Adicionalmente, en búsqueda de una mejor identificación de riesgos y peligros, se realizó una matriz IPER más completa al término de casco estructural, teniendo en cuenta los lineamientos de seguridad mencionadas en el curso seguridad y salud en la construcción (Brioso, 2018). El autor menciona la siguiente ecuación para conocer la magnitud del riesgo

$$\text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia} = \text{Magnitud o nivel de riesgo}$$

Para poder desarrollar esta ecuación se muestran los índices de probabilidad (Tabla 32) y consecuencia (Tabla 33) con los que se obtendrá el nivel de riesgo de cada actividad. Los cuales han sido mostrados en el curso de Seguridad y salud en la construcción.

Tabla 32 Índices de probabilidad y severidad

ÍNDICE	Personas expuestas	PROBABILIDAD			Severidad
		Procedimientos Existentes	Capacitación	Exposición al riesgo	
1	De 1 a 3	Existen satisfactorios y suficientes.	Personal entrenado. Conoce el peligro y lo previene.	Al menos una vez al año o esporádicamente.	Lesión sin incapacidad o Discomfort / Incomodidad.
2	De 4 a 12	Existen parcialmente y no son satisfactorios o suficientes.	Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro, pero no toma acciones de control.	Al menos una vez al mes o Eventualmente.	Lesión con incapacidad temporal o Daño a la salud reversible.
3	Más de 12	No existen	Personal no entrenado, no conoce el peligro, no toma acciones de control.	Al menos una vez al día o Permanentemente.	Lesión con incapacidad permanente o Daño a la salud irreversible

Fuente: Brioso Xavier (2018) Curso de Seguridad y Salud en la construcción.

Tabla 33 Matriz Correlación

		Consecuencia			
		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino	
		1	2	3	
Probabilidad	Baja	4 a 5	Trivial 4	Tolerable 5 - 8	Moderado 9 - 16
	Media	6 a 8	Tolerable 5 - 8	Moderado 9 - 16	Importante 17 - 24
	Alta	9 a 12	Moderado 9 - 16	Importante 17 - 24	Intolerable 25 - 36

Fuente: Brioso Xavier (2018) Curso de Seguridad y Salud en la construcción.

Una vez obtenido el valor de riesgo, se realizará la interpretación del resultado a través de la siguiente Tabla 34. Se puede observar que a mayor nivel de riesgo, más peligro representa dicha actividad.

Tabla 34 Nivel de riesgo

NIVEL DE RIESGO	INTERPRETACIÓN / SIGNIFICADO
Intolerable 25 – 36	No se debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo incluso con recursos limitados, debe prohibirse el trabajo.
Importante 17 – 24	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Moderado 9 -16	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas (mortal o muy graves), se precisará una acción posterior para establecer con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Tolerable 5 – 8	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar la eficacia de las medidas de control
Trivial 4	No se necesita adoptar ninguna acción

Fuente: Brioso Xavier (2018) Curso de Seguridad y Salud en la construcción.

Con todo lo antes mencionado se procede a construir la siguiente matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos IPER, en los cuales se analizarán las actividades más importantes de la torre grúa en el proyecto Liberty (Tabla 35). Esta matriz IPER propone medidas de control para reducir los valores de riesgos de dichas actividades.

Tabla 35 Matriz IPER realizada con los lineamientos de seguridad.

Actividad	Tarea	Peligro	Riesgo	Consecuencia	N° Trabajadores	Índice de Probabilidad					Índice de Severidad	Valor del Riesgo	Nivel de Riesgo	Controles			
						Personas Expuestas	Procedimientos existentes	Capacitaciones	Exposición al riesgo	Probabilidad total				Medidas Preventivas	Consideraciones adicionales	Encargado	Documento relacionado
Construcción del casco	Vaciado de concreto con torre grúa	Desorden	Caída a nivel	Heridas menores	10	2	1	1	3	7	1	7	Tolerable	Mantener el orden y limpieza en la zona de trabajo.	Todo material de trabajo debe ser apilado y acomodado fuera del área de trabajo.	Capataz	Protocolos de calidad
		Trabajos en altura	Caída de altura	Heridas, traumatismo	10	2	1	1	3	7	2	14	Moderado	Uso de sistema anti caída certificado	El arnés deberá ser homologado de tipo paracaídas, la línea de vida de 5/8" y el gancho será con doble seguro. Obligatorio para alturas mayores a 1.80m	Capataz	Procedimiento de Trabajos en Altura
														Andamios estables	Verificación de armado de andamios arriostrados.	Capataz	Procedimiento de trabajos en Altura
Uso de balde concreter	Caída del balde	Caídas, golpes	4	1	1	1	3	6	3	3	18	Importante	Revisión diaria del gancho diario, uso de señal auditiva para informar	Usar equipo recomendado por el fabricante, delimitar con señales el paso del balde sobre la obra	Rigger	Referencia NTP 701- Norma Española	

Se puede identificar que las actividades (durante toda la etapa del casco) con valores de riesgo más altas son la de caída del balde de concreto y de la caída de carga durante el acarreo de materiales. Esto debido a que el índice de severidad es el más alto para estas partidas, ya que si el balde encofrado o la parihuela de ladrillos cayeran sobre el personal se produciría una lesión con daño irreversible o incluso la muerte. En comparación a la matriz IPER inicial de proyecto se observa un mayor análisis, por lo que se propone que las obras trabajen con una matriz IPER más detallada, ya que así se identifica las actividades más riesgosas y se encarga a una persona la responsabilidad de efectuar los levantamientos respectivos.

7.3 Evaluación de incidentes y accidentes en el período de muestra.

7.3.1 Incidentes y accidentes frecuentes.

A experiencia de los ingenieros responsables de SSOMA y de lo investigado empíricamente, se detectó que los accidentes más comunes en obra, para etapa de casco, son por orden de ocurrencia:

a) Pisadura de clavo

Se describe a esta acción como pisar la punta de un clavo con la suela del zapato. Debido a que los zapatos de seguridad otorgada al personal son de marca genérica y no cuentan con protección adicional en la suela, lo cual son más susceptibles a este accidente.

Esto puede ocurrir en dos etapas. La primera durante el desencofrado de materiales y el material esta desordenado. La segunda etapa es durante la limpieza de material excedente. A pesar de que no hubo un reporte de accidentes y/o incidentes por parte de la empresa se pudo obtener la razón de este accidente a una vez por mes (promedio).

b) Golpes o contusiones por herramientas y/o equipos.

Este accidente se describe como un golpe por una herramienta, debido a un mal empleo de las herramientas (falta de capacitación) o a un descuido por parte del personal (distracciones). Esto incluye golpes por martillos o tablas durante el desencofrado de materiales o durante un movimiento de materiales en una zona cercana como transportar varillas de acero, etc.

c) Cortes

Se describe como la raja o herida producida por una herramienta afilada y/o punzocortante por herramientas como la sierra eléctrica o la sierra de mano. También, ocurre por varillas de acero sin su capuchón o por alambres de acero salidos. En la mayoría de los casos es por un descuido del personal o una distracción.

d) Caídas a nivel o tropiezos.

Ocasionado por obstrucción de material o durante la subida de materiales por la escalera.

7.3.2 Índices de accidentabilidad y pérdida de jornadas de trabajo.

La mayoría de constructoras no lleva un registro de enfermedades profesionales que se detectan en el personal de la obra y tampoco se comunican al personal competente. Esto se debe a que no se cuenta con metodologías eficaces para el registro, monitoreo y control de seguridad y salud en los proyectos de construcción. Por ello, es necesario tomar acción del asunto de manera integral.

Según Brioso, Xavier. (2009) Menciona que existen cinco índices de seguridad que toda empresa debe manejar. Estos son:

Índice de Frecuencia Mensual	IFm	$\frac{\text{Accidentes con tiempo perdido en el mes} \times 200\,000}{\text{Número horas trabajadas en el mes}}$
Índice de Gravedad Mensual	IGm	$\frac{\text{Días perdidos en el mes} \times 200\,000}{\text{Número de horas trabajadas en el mes}}$
Índice de Frecuencia Acumulado	IFa	$\frac{\text{Accidentes con tiempo perdido en el año} \times 200\,000}{\text{Horas trabajadas en lo que va del año}}$
Índice de Gravedad Acumulado	IGa	$\frac{\text{Días perdidos en el año} \times 200\,000}{\text{Horas trabajadas en lo que va del año}}$
Índice de Accidentabilidad	IA	$\frac{IFa \times IGa}{200}$

El autor menciona que “Para el cálculo de los índices de seguridad, el número de horas hombre trabajadas depende del método de la empresa contratista pues no existe una metodología estándar. Esta situación suele ser aprovechada por las empresas para inflar las horas hombre y tener menores índices de siniestralidad que los reales.”.

Para nuestro caso en estudio, se usó el baremo propuesto por las notas técnicas de prevención española NTP 236 debido a que el reporte de accidentes e incidentes no fue del todo reportado por el personal responsable del proyecto, ya que si un incidente podía ser controlado por el supervisor de seguridad no era necesario registrarlo o llevarlo a instancias mayores. Se adjunta el ANEXO I, el cual muestra las jornadas laborales perdidas debido a los accidentes ocurridos en el trabajo según la NTP 236 Accidentes de trabajo: control estadístico.

Debido a la falta de metodologías se debe de concientizar y vigilar el registro de las horas hombre de trabajo. Además de registrar el número de días perdidos a causa de los descansos médicos y de la gravedad de las lesiones. Por ello, el autor propone que “debe existir una estrategia nacional para que los médicos tengan los mismos criterios y se guíen por los mismos parámetros.” Brioso (2009).

7.4 Medidas preventivas con torre grúa

En este capítulo se presenta los principales factores de peligros con torre grúa que van desde peligros en su cimentación hasta los peligros que puedan ocurrir alrededor de la zona de la obra. Asimismo, analizarán factores de peligro y sus medidas de prevención. Según la NTP 701: Grúas-torre. Recomendaciones de seguridad en su manipulación (2005). Se muestra la siguiente (Tabla 36).

Tabla 36 Identificación peligro y medidas de prevención.

Peligro	Factores de peligro	Medida de prevención
Vuelco o caída de la torre grúa	Problemas en la cimentación de la grúa	Controlar las excavaciones próximas a la zapata de cimentación; Controlar y comprobar la resistencia del concreto de la zapata de cimentación.
	Zapata o contrapeso defectuoso	Verificar, al inicio de la jornada, la zapata o contrapeso de la torre grúa, su estado y fijación
	Golpe en la estructura de la torre grúa	Comprobar que la estructura y el entorno de la torre grúa estén protegidos de posibles golpes o colisiones por otras máquinas o vehículos
	Rotura o fatiga de material	Realizar mantenimiento periódico de los elementos de carga de la torre grúa en especial de la corona de giro y el carro; Comprobar que el mantenimiento sea realizado por personal capacitado y reconocido por el fabricante de la grúa
	Fuertes Vientos	Realizar correcta la puesta de fuera de servicio de la torre grúa; Comprobar que no se coloquen en la estructura elementos ajenos a la misma (no autorizados por el fabricante como carteles en torre, pluma o contrapesos)
	Rotura del cable de carro	Instalar el dispositivo de bloqueo mecánico de inmovilización del carro para el caso de rotura del tramo de cable anterior y evitar que el carro vaya a la punta de la flecha
	Errores humanos	Solo emplear personal calificado y certificado por una institución reconocida para el manejo de la torre grúa; Evitar maniobras riesgosas (a)
Caída de la carga	Mal enganchado o colocación de la carga	Verificar que los Riggers estén capacitados por una institución reconocida; El rigger tomara las medidas establecidas para evitar los peligros que resulten del transporte de carga y de su caída eventual; Las cargas largas y/o pesadas se sujetaran con doble eslinga para evitar deslizamiento; El tipo de amarre de las eslingas debe ser teniendo en cuenta los datos de fabricante ya que según se coloque esta, la capacidad de carga varía;
	Falta o mal estado del pestillo de seguridad del gancho	El operador de la torre grúa y/o el rigger tiene como responsabilidad diaria verificar las condiciones del gancho. En caso no se encuentre en las debidas condiciones, se suspenderá el uso de la torre grúa hasta su cambio y/o reparación

Caída de la carga	Rotura del cable de elevación	Instalar el mecanismo de bloqueo (disponible en el mercado) que al romperse el cable de elevación, bloquea los ramales que pasan por la polea del mismo y evita la caída de la carga y el gancho; el rigger debe comprobar diariamente el estado de los cables, así como el paso por las poleas; Realizar una inspección y mantenimiento quincenal de los cables y poleas; Evitar que el cable roce en la estructura del edificio o cualquier otra superficie y , en caso imprescindible, colocar protecciones adecuadas; Todo cable que presente deformación o estrangulamiento debe ser sustituido; Evitar que el gancho y el cable reposen en el suelo ya que puede provocar la salida del cable de algunas de las poleas debido a la desaparición del efecto de tensión; No elevar cargas superiores indicadas por el fabricante o por la empresa de arrendamiento.
	Rotura o fallo de los accesorios de carga	Después de utilizar los estrobos, eslingas, cadenas, bateas, jaulas, plataformas, paletas, contenedores, pinzas, calderos, etc., se deben inspeccionar para detectar posibles deterioros en los mismos y proceder en consecuencia antes de su reutilización; El rigger debe contemplar en sus responsabilidades diarias la inspección de estos accesorios.
	Rotura o fallo del mecanismo de elevación	El rigger debe verificar quincenalmente el freno y el nivel de aceite de la reducción de elevación; no realizar maniobras de contramarcha para evitar la rotura de los dientes de engranaje del motor; elevar y descender la carga de manera progresiva comenzando y terminando las maniobras con la velocidad más lenta
	Errores humanos	Prohibido usar la torre grúa para transporte de personal, elevar cargas superiores a las específicas por el fabricante y durante desastres (sismos) o incendios; Evitar transporte de cargas por encima del personal; trabajar fuera de los límites señalizados de la zona de trabajo
Atrapamientos de personas entre la torre grúa con sus	Trabajar en espacios angostos	El espacio libre mínimo para el paso de personal, entre las partes más salientes de la grúa y cualquier obstáculo, debe ser de 0,6 m de ancho por 2,50 m de alto (en caso de imposibilidad, se prohibirá el acceso);
	Manipulación incorrecta de carga	Tener la zona de trabajo debidamente señalizada e informar al personal de los trabajos realizados sobre la zona; El personal no debe estar ubicado debajo de la carga al momento de recibirla; No tratar de empujar las cargas a lugares donde no puede llegar mediante balanceo; Utilizar una señal acústica para avisar la presencia de carga

componentes o con las cargas	Caídas de personas al mismo nivel	Despejar la zona de trabajo de obstáculos que pudiesen existir en la zona de tránsito del personal a la zona de descarga de la torre grúa; Si se usase mando a distancia, evitar el movimiento del operador de la torre grúa pues, en caso de tropiezo, se puede realizar un movimiento incontrolado de la carga; Mantener el orden y limpieza
	Caídas de personas a distinto nivel	El acceso a la cabina de mando debe estar siempre iluminado; el operador de la torre grúa no debe cruzar ningún espacio sobre el vacío para acceder o salir de la cabina de mando; La escalera de acceso a la cabina de mando debe estar sobre una superficie nivelada y despejada; La escalera de acceso debe estar protegida con anillos de seguridad instalados a partir de los dos metros de altura y debe disponer de descanso cada nueve metros. Instalar una línea de anclaje vertical donde anclar el arnés de seguridad tanto de subida como de bajada; Para el caso de mantenimiento de pluma y contrapesos, instalar una línea de anclaje horizontal.
Choque eléctrico o electrocución	Contacto eléctrico directo	Se tomarán las medidas necesarias para que en ningún momento la torre grúa o la carga transportada pueda entrar en contacto con líneas eléctricas, en caso de existencia de líneas de alta tensión se debe mantener un espacio de seguridad de 5 metros alrededor de esta; En lo posible se soterrarán las líneas eléctricas presentes en la obra; Nunca se debe manejar la torre grúa desde el cuadro eléctrico.
	Contacto eléctrico indirecto	Comprobar que la instalación eléctrica general de la obra está realizada con el preceptivo proyecto eléctrico y en caso de que la torre grúa esté conectada al alimentador público, un ingeniero eléctrico certificado debe aprobar su instalación; Comprobar la puesta a tierra y medirla con un telurómetro.
Vibraciones del puesto de manejo	Vibraciones del puesto de manejo	No colocar la cabina de mando o la ubicación de manejo de la grúa en lugares o plataformas expuestas a vibraciones como consecuencia de otros trabajos; En el caso de disponer de cabina de mando, el estado del asiento deberá revisarse periódicamente y reemplazarlo cuando se encuentre en mal estado. Se recomienda el uso de asientos ergonómicos que sean capaces de absorber las vibraciones
Incendio y explosión en la torre grúa o en sus proximidades	Trabajar cerca a lugares con riesgo inflamable,	Está prohibido el almacenamiento de trapos, desperdicios, aceites u otras materias combustibles en la torre grúa y en su entorno inmediato. La cabina o en su defecto el puesto de mando estará provisto de extintores que permitan combatir eficazmente todo comienzo de incendio

Fuente NTP 701: Grúas torre -Recomendaciones de seguridad en su manipulación (2005)

Por último, se adjunta el código de señales de movimiento de carga de los maniobristas para garantizar la correcta comunicación entre el maniobrista y el operador de la grúa. (Anexo I).

8. Conclusiones

Conclusiones del objetivo general

Se analizó la productividad y seguridad con intervención de la torre grúa y sin intervención de la torre grúa justificando el arrendamiento de la torre grúa para el caso de un proyecto multifamiliar de 20 pisos. El resultado de este análisis se presenta en el capítulo 6.3, el cual muestra un cuadro comparativo de costos con torre grúa versus un elevador de carga y vaciado de concreto con bomba. En este análisis se puede observar una diferencia de S/. 30,896.02 a favor de utilizar una torre grúa, siendo más rentable utilizar la torre grúa en un proyecto de edificio multifamiliar de 20 pisos. La diferencia de estos costos se eleva conforme aumenta el número de meses de construcción del casco, esto significa que, en cuanto mayor duración tiene el proyecto, resulta más rentable emplear la torre grúa.

Conclusiones de los objetivos específicos.

Criterios de selección para elegir una torre grúa.

Se desarrollaron los 8 criterios de selección de torre grúa propuesta en el capítulo 3.4 con la finalidad de poder elegir la mejor opción de torre grúa resolviendo los requerimientos mínimos de planificación, mejorando la producción y ejecución del proyecto multifamiliar de 20 pisos.

Productividad en vaciado de concreto.

➤ Sin torre grúa

Se analizó la productividad de los procesos constructivos sin torre grúa para tres proyectos multifamiliares de 20 pisos, obteniendo un mayor impacto de trabajo productivo con el vaciado utilizando la bomba TDH en comparación con el vaciado de torre grúa y vaciado con bomba tradicional TK70.

Adicionalmente, se concluye que a partir de la información obtenida de los proyectos estudiados en las diferentes empresas constructoras, es poco frecuente el vaciado de elementos verticales con bomba de concreto. Esto es debido a que:

- El volumen de concreto por sectores (entre 10 a 20 m³ para el caso de estudio) es menor al concreto mínimo requerido para vaciar con bomba que exigen las empresas concreteras empleadas en los

proyectos (UNICON mínimo 20 m³, POLIMIX 25 m³). De no cumplir con el mínimo exigido de concreto con bomba, se genera un sobrecosto de 36 soles/m³ hasta llegar al pedido mínimo.

- La cantidad de desperdicio de concreto por piso aumenta con el vaciado con bomba debido a la altura en el proceso constructivo, por lo que el pedido de concreto debe ser mayor para cubrir la merma.

➤ **Con torre grúa**

Se analizó la productividad de los procesos constructivos con torre grúa para un proyecto multifamiliar de 20 pisos, obteniendo un mayor impacto de trabajo productivo cuando el vaciado se realiza con torre grúa en comparación con una bomba tradicional TK70.

Productividad en acarreo de materiales.

➤ **Sin torre grúa**

Se concluye que los tiempos de traslado sin torre grúa son mayores y representan un mayor esfuerzo de traslado y, por tanto, una mayor cantidad de personal que aumenta el costo presupuestado de esta partida.

➤ **Con torre grúa.**

La ventaja de una maquinaria como la torre grúa (fija de pluma horizontal) es el alcance longitudinal, ya que puede llegar a mayor distancia que un elevador, grúa de pluma abatible o grúas móviles; además, la grúa de pluma horizontal puede hacer tres maniobras simultáneamente: izaje, rotación y traslación de la carga, el hecho que se realicen estas tres maniobras, permite una disminución de tiempo cuando se trasladan los materiales. Por ello, el uso de torre grúa es eficaz para acarreo de materiales, ya que reduce tiempos de viajes y traslado de material, equipos y herramientas.

El personal solo deberá realizar el transporte de herramientas manuales y recorrer menores distancias. Adicionalmente, la torre grúa, al tener una gran movilidad, permite llevar los materiales desde el punto de acopio hasta el lugar de trabajo, en especial a gran altura.

Rendimientos de vaciado de concreto

➤ **Sin torre grúa**

Se analizó el rendimiento de vaciado de concreto horizontal y vertical con bomba TDH (vaciado vertical 128m³/día, vaciado horizontal 203 m³/día) y bomba tradicional TK 70 (vaciado vertical 55

m³/día, vaciado horizontal 90 m³/día) obteniendo un rendimiento del doble a favor del vaciado con bomba TDH.

➤ **Con torre grúa**

Se analizó el rendimiento de vaciado de concreto horizontal y vertical con torre grúa (vaciado vertical 60m³/día, vaciado horizontal 77.6 m³/día) y bomba tradicional TK 70 (vaciado vertical 55 m³/día, vaciado horizontal 90 m³/día) obteniendo un rendimiento de vaciado similar en elementos verticales, y poca diferencia en horizontales.

Adicionalmente, con los rendimientos de vaciado vertical y horizontal de la torre grúa, se puede realizar una mejor programación para los proyectos que realizan el vaciado con balde de concreto. Una programación diaria con los ciclos de tiempos de uso de la torre grúa permitirá a los contratistas y al área de producción organizar y distribuir mejor sus tiempos al usar la torre grúa.

Comparativo de Costos

Se analizó los costos de implementación y seguridad con intervención de la torre grúa y sin intervención de la torre grúa justificando, el arrendamiento de la torre grúa para el caso de un proyecto multifamiliar de 20 pisos. El comparativo de costos con torre grúa versus un elevador de carga y vaciado de concreto con bomba, muestra una diferencia de S/. 30,896.02 a favor de utilizar la torre grúa, siendo más rentable utilizar la torre grúa en este proyecto.

Lineamientos de seguridad

➤ **Sin torre grúa**

Utilizar el sistema de elevadores involucra una mayor cantidad de personal y, según la matriz IPER empleada, esto significa un mayor número de personas expuestas, por lo que el valor de riesgo aumentaría.

➤ **Con torre grúa**

Con la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPER) se demostró que las actividades con mayor vulnerabilidad son los traslados de los materiales de carga con torre grúa, ya que tienen una mayor probabilidad de caer. Con lo evaluado se llevará un mejor control para minimizar los riesgos a la hora de transportar los materiales.

Conclusiones adicionales

- Se deberán identificar los sectores de trabajo y sus metrados de las diferentes partidas analizadas, con ello se crearán grupos de trabajo a menor escala facilitando su ejecución y control dentro del proyecto. Por último, mediante un análisis de ciclos de movimientos se buscará estandarizar y mejorar la eficiencia en la distribución de materiales y el vaciado de concreto.
- Se plantea tener trabajos contributorios paralelos a los planificados a fin de minimizar los tiempos muertos en el uso de la torre grúa. Por ejemplo, el traslado de acero para un nuevo frente de trabajo, el traslado de los encofrados o el traslado de los residuos, entre otros.
- La construcción con elementos prefabricados dinamiza los procesos y son de fácil traslado e instalación, por ello es de importancia realizar el registro de ciclos de movimientos con la torre grúa. Además, se deben definir y supervisar los metrados, sectorizaciones, planificación, control y seguridad de las partidas.
- Existen muchos proyectos que no cuentan con espacio suficiente para las maniobras de una torre grúa horizontal. Por este motivo, tras las grandes demandas del mercado, las empresas contratistas de alquiler de torres grúa ponen a disposición las torres grúa abatibles, las cuales son de gran ayuda para la construcción de edificios que se encuentran muy cerca de otros edificios más altos.
- Se deben investigar las constantes actualizaciones de modelos de torre grúa que existen en el mercado con la finalidad de mejorar los tiempos y costos del proyecto.
- Se debe de implementar la mejora continua de los procesos estudiados previamente con la finalidad de optimizar y dinamizar los procesos constructivos.
- El ingeniero responsable del proyecto deberá evaluar previamente el tiempo de ejecución, velocidad de obra, presupuesto, hitos de inicio de partidas u otros, con la finalidad de evaluar la opción más rentable. Por ejemplo, para un proyecto de 20 pisos es rentable usar la torre grúa y; por otro lado, para la construcción de edificios de menor envergadura (5 pisos) podría ser mejor utilizar un elevador o montacargas.

9. Recomendaciones

Recomendaciones para el objetivo general

Se recomienda analizar la productividad y seguridad con intervención de la torre grúa y sin intervención de la torre grúa para más proyectos multifamiliar de 20 pisos, evaluando la diferencia de costos y viendo la opción más rentable.

Recomendaciones para los objetivos específicos.

Criterios de selección para elegir una torre grúa.

- Se recomienda que las empresas que arriendan torres grúa deban regularizar y estandarizar la información necesaria para evaluar su uso en cada proyecto. Esto debido a que cuentan con mucha información irrelevante que puede llevar a que la maquina esté sobredimensionada o que presente contratiempos a la hora de ejecutar las partidas. La mayoría de veces estas empresas no envían la información necesaria para el proyecto, dejando muchas dudas para la selección de la grúa que se requiere.
- Se recomienda evaluar los 8 criterios mínimos del capítulo 3.4 para seleccionar la mejor opción de torre grúa y aprobar la propuesta técnica, para solicitar una correcta cotización.

Productividad en Vaciado de concreto.

- Según los ingenieros responsables de los proyectos analizados, no es recomendable hacer vaciado de elementos verticales con bomba si el proyecto es mayor de 10 niveles (ejemplo 2 sótanos y 8 pisos), debido a que el tiempo de ejecución de la etapa de casco más tabiquería sería de 3 meses aproximadamente, el cual es el tiempo mínimo de arrendamiento que exigen las empresas de alquiler de torre grúa. Por ello, se recomienda analizar estas posibilidades.

Productividad en acarreo de materiales.

- Se recomienda que el transporte de materiales sea en las primeras horas de trabajo; asimismo, se recomienda que el vaciado de concreto de elementos verticales sea por la mañana, y por las tardes se realice el de los elementos horizontales. En caso de quedar tiempos muertos al cierre de jornada, se recomienda aprovechar la torre grúa para trasladar materiales pendientes para el día siguiente.

- Se recomienda utilizar personal calificado para las maniobras de la torre grúa, ya que mejora los tiempos de traslado y los rendimientos de las partidas. Además, conocen el equipo y saben la capacidad de carga de la torre grúa en las distintas posiciones horizontales del carro.

Rendimientos de vaciado de concreto

- Se recomienda el vaciado con bomba de concreto para proyectos con amplias losas macizas, losa de transferencia o pre losas de concreto, ya que permite realizar el vaciado de concreto horizontal libre de obstrucciones y de manera continua. Sin embargo, en caso de losas aligeradas, conformadas por viguetas prefabricadas, bovedillas y ladrillo hueco para vaciado convencional, se tendrá un vaciado de menor volumen de concreto por lo que sería de utilidad la torre grúa.

Comparativo de Costos

- Se recomienda hacer un comparativo de costos antes de la construcción con la finalidad de evaluar la opción más rentable según las características de cada proyecto.

Lineamientos de seguridad

- Se recomienda a las empresas constructoras implementar la tecnología en la construcción evaluando los lineamientos de seguridad para dar un mejor control y monitoreo en las partidas de trabajo.

Recomendaciones adicionales.

- Se deberá de conocer el entorno de trabajo de la torre grúa para prevenir posibles obstáculos y contratiempos.
- El análisis de ciclo de movimientos nos permite identificar los rendimientos de vaciado y tiempos de traslado de materiales los cuales son de gran importancia para la programación diaria y semanal.
- El caso de estudio se centró en estructuras de tipo aporricada (columnas y placas de concreto más ladrillo para los tabiques). Sería interesante realizar el comparativo de coste para un sistema de losa de transferencia que utiliza más concreto y no usa tabiques de ladrillo.

10. Referencia bibliográfica

- Ballard, Glenn. (2000). *Last planner System: Sistema de producción y Control*, Dr. Disertación, Escuela de Ingeniería Civil, Univ. De Birmingham, Reino Unido, 2000.
- Brioso, Xavier. (2009). *Aplicación y compatibilización de la norma G.050, Seguridad y salud durante la construcción*, Lima, Perú.
- Brioso, Xavier. (2015), *El Análisis de lean construction y su relación con el Project & Construction Management: Propuesta de Regulación en España y su Inclusión en la Ley de la Ordenación de la Edificación*. PhD thesis. Technical University of Madrid, Spain, 2015.
- Brioso, Xavier. (2015). *Enseñando Lean Construcción: Pontificia Universidad Católica del Perú Curso de Capacitación en Lean Project & Construction Administración*. *Procedia Ingeniería*, 123 (2015) 85 – 93.
- Brioso, Xavier. (2017). *Synergies between Last Planner System and OHSAS 18001 - A general overview*. *Building & Management*. 1. 24-35. 10.20868/bma.2017.2.3551.
- Brioso, Xavier. (2018). *Curso de Seguridad y Salud en la construcción* [Material de clase], PUCP, Lima, Perú.
- Brioso, Xavier & Humero, Antonio & Calderon-Hernandez, Claudia. (2018). *Teaching how to integrate Last Planner System and the Safety and Health Management System*. DOI. 10.20868/abe.2018.1.3691.
- Capote, Jorge, A. (2012). *Estudio referente a las grúas y el montaje en obras de construcción*. Dpto. de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos Ingeniería de la Construcción. Universidad de Cantabria.
- Howell, G., Ballard, G. (2002). *Working Near the Edge: Un nuevo enfoque para la seguridad en la construcción*. Décima Conferencia Anual del Grupo Internacional para la Construcción Lean. Gramado, Brasil.
- Poshdar, Mani & Gonzalez, Vicente & Raftery, Gary & Francisco, Orozco. (2014). *Characterization of Process Variability in Construction*. *Journal of Construction Engineering and Management*. 140.
- Pons, Juan Felipe (2014). *Introducción a Lean Construction*. 1ª Edición. Fundación laboral de la construcción.
- Koskela, Lauri. (2000). *Una exploración hacia una teoría de la producción y su aplicación a la construcción*. Tesis de Doctorado, VTT Building Technology, Espoo, Finlandia.
- Linares, Luz. & Barandiarán, Hugo. (2019). *Sistema de bombeo del concreto hidráulico para mejorar la productividad en edificios multifamiliares de altura*, (Tesis de grado). URP, Lima, Perú, 2019.
- Lozano, Miguel. (2019). *Análisis de productividad en edificaciones utilizando torres grúa*. E especialización en productividad de la construcción, Centro de Formación Rendel CEFOR, Lima, Perú. (2019)

ASOCEM (2015) *Rascacielos en construcción para la capital*, disponible el 15 abril del 2015 en, <http://www.asocem.org.pe/noticias-nacionales/rascacielos-en-construccion-para-la-capital>>

Divagación y arquitectura, disponible 2 setiembre 2012, en <http://divagararquitectura.blogspot.com/2012/09/centro-civico-de-lima-en-construccion.html>>

Informe Económico de la Construcción IEC. Edición. N° 39 (2021, Marzo). CAPECO, Perú, 89. Disponible en Marzo 2021 en http://www.construccionindustria.com/iec/descarga/IEC39_0321.pdf>

Lean Construction Institute (2014), disponible 30 Abril de 2014 en: <http://www.leanconstruction.org>>

Norma G.050: Seguridad durante la Construcción. Reglamento Nacional de Edificaciones, Ministerio de Vivienda, 9 de mayo del 2009.

NTP 236: *Accidentes de trabajo: control estadístico* disponible Marzo, 1980 http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_236.pdf>.

NTP 701 (Notas Técnica de prevención): *Grúas torre Recomendaciones de seguridad en su manipulación*. Instituto Nacional de seguridad en el trabajo. España, 2005. Disponible en https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_701.pdf/30b60e0e-ef6b-4088-8046-bb5abbffe262>

OSHA 29 CFR 1926. *Estándares de Construcción OSHA* con revisiones a 1903, 1904, Subparte E, Subparte K, Subparte L y Subparte M. Regulaciones de la Industria de la Construcción. Derechos de reproducción © Reglas Press, llc, Julio 2005. 548 p. disponible en <https://www.normasiso.net/ohsas-180012015-pdf/>

PERÚ CONSTRUYE. (2018, Julio3). Grúas Torre: Equipos que elevan la productividad y seguridad en obra. Revista Perú Construye, Edición N°53, 2018. Disponible en marzo, 2018. Sitio web: <https://peruconstruye.net/edicion-53/>

Randolph, H. (2002). Reducing Variability to Improve Performance as a Lean Construction Principle. octubre 08,2018, de ASCE Sitio web: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282002%29128%3A2%28144%29>

Teoría e historia de la arquitectura, disponible 2 de Julio 2014 de <https://teoriarquitecturaem.wordpress.com/category/historia/antigua-grecia-1200-a-c-146-a-c/page/2/>

UNITEC. (2016). *Historia Evolutiva de la Grúa*. Disponible Noviembre 20, 2018, Sitio web: <https://www.unitecls.com/wp-content/uploads/2016/05/HISTORIA-EVOLUTIVA-DE-LAS-GR%C3%AAS-1.pdf>. >

11. Anexos

Anexo A: Planos del edificio Liberty

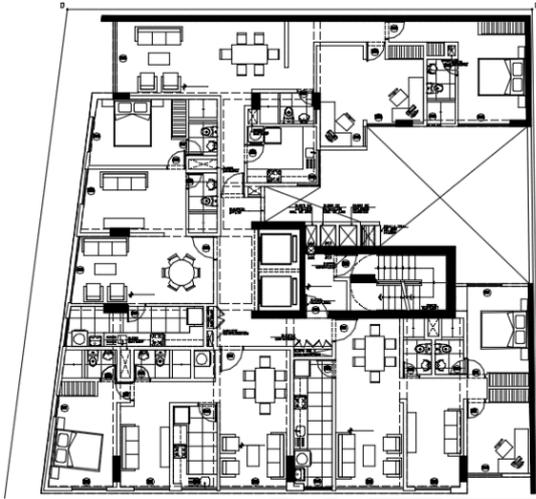


Fig. 58 - Anexo A1 Plano de piso típico del 3° al 9° piso

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano

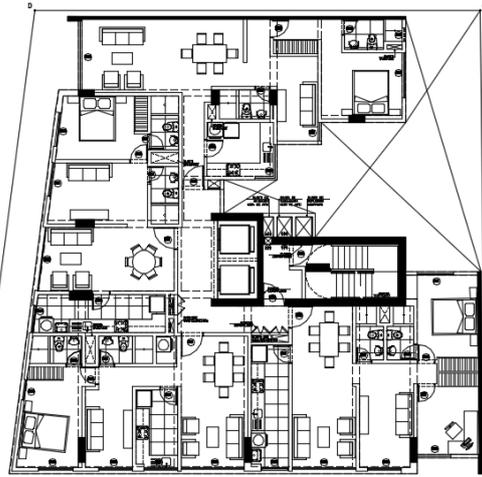


Fig. 59 Anexo A2- Plano de piso típico del 11° al 12° piso

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano



Fig. 60 Anexo A3- Plano de piso típico del 14° al 19° piso

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano

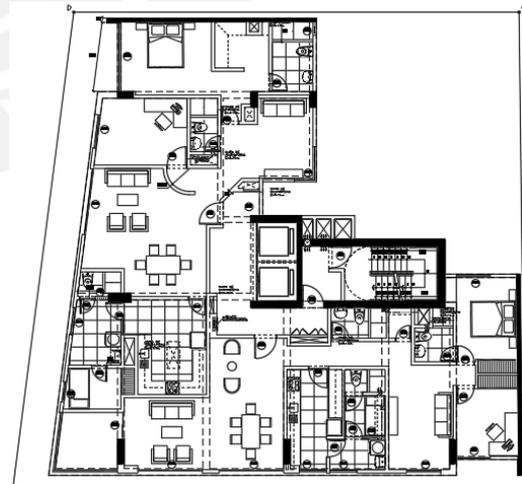


Fig. 61 Anexo A4 -Plano de piso 20°

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano

Anexo B: registro de vaciado en verticales

Tabla 37 Anexo B – Registro de vaciado de verticales

Nivel	Elemento	Resistencia	Volumen	Tiempo vaciado (Min)	Rendimiento	1 Ciclo de vaciado	
PISO 3	COLUMNA C-2 C-3 C-4	Fc=525 kg/cm2 PIE 67 D	4.00	20	10.7	m3/hr	
	MURO EJE 9/ EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	26			
	ASCENSOR, ESCALERA	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	41			
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	34			
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	19			
	COLUMNA C-7 C-13 C-8	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	43			
	MURO EJE H/EJE 2-9	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	8.00	47			1 ciclo de vaciado
	TOTAL		41.00	230.00		4.8	Min
PISO4	COLUMNA C-2 C-3 C-4 C-5 Y C-9	Fc=525 kg/cm2 PIE 67 D	5.50	34	10.1	m3/hr	
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	30			
	ASCENSOR, ESCALERA	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	40			
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	8.00	48			
	COLUMNA C-7 C-8 Y C13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	42			
	MURO EJE H/EJE 2-9	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	8.00	46			1 ciclo de vaciado
	TOTAL		40.50	240.00		5.0	Min
PISO5	COLUMNA C-2, 3, 4, 5 Y 9	Fc=525 kg/cm2 PIE 67 D	5.50	36	9.2	m3/hr	
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.50	24			
	ASCENSOR, ESCALERA	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	49			
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	47			
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	3.00	21			
	COLUMNA C-7 C-8 C-11 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	35			
	MURO EJE H/EJE 1-9	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	31			
Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B		4.00	23	1 ciclo de vaciado			
	TOTAL		41.00	266.00		5.5	Min
PISO6	COLUMNA C-2, 3, 4, 5 Y 9	Fc=525 kg/cm2 PIE 67 D	5.50	34	9.1	m3/hr	
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.50	28			
	ASCENSOR, ESCALERA	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	50			
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	32			
	COLUMNA C-7 C-8 C-11 Y C-13	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	8.00	53			
	COLUMNA C-8 C-11	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	3.00	23			
	MURO EJE H/EJE 1-9	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	31			
Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B		4.00	27	1 ciclo de vaciado			
	TOTAL		42.00	278.00		5.6	Min
PISO7	COLUMNA C-2, 3, 4, 5, 9, 7, 8 Y 13	Fc=525 kg/cm2 PIE 67 D	5.50	41			

	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	38				
	ASCENSOR, ESCALERA COLUMNA C-7 C-8 C-11 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	46				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	50				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.50	46				
	COLUMNA C-11	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	27				
	MURO EJE H/EJE 1-9	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	42			1 ciclo de vaciado	
		TOTAL	41.00	290.00	8.5	m3/hr	6.0	Min
PISO8	COLUMNA C-2, 3, 4, 5 Y 9	Fc=525 kg/cm2 PIE 67 D	5.50	42				
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.50	31				
	ASCENSOR, ESCALERA COLUMNA C-7 C-8 C-11 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	52				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	8.00	52				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.50	40				
	COLUMNA C-11	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	3.50	30				
	MURO EJE H/EJE 1-9	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	8.00	50			1 ciclo de vaciado	
		TOTAL	42.00	297.00	8.5	m3/hr	6.0	Min
PISO9	COLUMNA C-2, 3, 4, 5 Y 9	Fc=525 kg/cm2 PIE 67 D	5.50	43				
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.50	42				
	ASCENSOR, ESCALERA COLUMNA C-7 C-8 C-11 Y C-13	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	45				
		Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	43				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	8.00	61				
	COLUMNA C-11	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	39				
	MURO EJE H/EJE 1-9	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.50	42			1 ciclo de vaciado	
		TOTAL	42.50	315.00	8.1	m3/hr	6.3	Min
PISO10	COLUMNA C-2, 3, 4, 5 Y 9	Fc=350 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	27				
		Fc=350 kg/cm2 PIE 57 B	3.00	18				
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.50	35				
	ASCENSOR, ESCALERA COLUMNA C-7 C-8 C-11 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	50				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	53				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.50	53				
	COLUMNA C-11	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	3.00	24				
MURO EJE H/EJE 1-9	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	65			1 ciclo de vaciado		
		TOTAL	42.00	325.00	7.8	m3/hr	6.6	Min
PISO11	COLUMNA C-2, 3, 4, 5 Y 9	Fc=350 kg/cm2 PIE 57 B	5.50	43				
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	31				
	ASCENSOR, ESCALERA COLUMNA	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	38				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	59				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.50	42				

	COLUMNA C-7 C-8 C-11 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	3.50	33				
	MURO EJE H/EJE 1-9	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.50	54			1 ciclo de vaciado	
	TOTAL		36.00	300.00	7.2	m3/hr	7.1	Min
PISO12	COLUMNA C-2, 3, 4, 5 Y 9	Fc=525 kg/cm2 PIE 67 D	5.50	46				
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	3.50	30				
	COLUMNA C-7 C-8 C-11 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	60				
	ASCENSOR, ESCALERA COLUMNA	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	56				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	50				
MURO EJE H/EJE 1-8	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.50	67			1 ciclo de vaciado		
	TOTAL		35.50	309.00	6.9	m3/hr	7.4	Min
PISO13	COLUMNA C-2, 3, 4 Y 9	Fc=350 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	43				
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	37				
	ASCENSOR, ESCALERA COLUMNA	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	35				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	58				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.50	50				
	COLUMNA C-7 C-8 C-11 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	3.00	25				
	MURO EJE H/EJE 1-8	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.50	62			1 ciclo de vaciado	
	TOTAL		35.00	310.00	6.8	m3/hr	7.5	Min
PISO14	COLUMNA C-2, 3, 4 Y 9	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	42				
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	40				
	ASCENSOR, ESCLERA	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	58				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	8.00	65				
	COLUMNA C-7 C-8 C-11 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	3.00	31				
	MURO EJE H/EJE 1-8	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	48			1 ciclo de vaciado	
	TOTAL		32.00	284.00	6.8	m3/hr	7.5	Min
PISO15	COLUMNA C-2, 3, 4 Y 9	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	50				
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	43				
	ASCENSOR, COLUMNA C-7 C-8 C-11 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	62				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	8.00	70				
	MURO EJE H/EJE 1-8	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	8.00	65			1 ciclo de vaciado	
	TOTAL		32.00	290.00	6.6	m3/hr	7.7	Min
PISO16	COLUMNA C-2, 3, 4 Y 9	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	40				
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	44				
	ASCENSOR, COLUMNA C-7 C-8 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	62				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	50				
	ESCALERA	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	55				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	55				
MURO EJE H/EJE 1-8	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	46			1 ciclo de vaciado		

		TOTAL	32.00	297.00	6.5	m3/hr	7.9	Min
PISO17	COLUMNA C-2, 3, 4 Y 9	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	48				
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	38				
	ASCENSOR, ESCALERA COLUMNA	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	35				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	65				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	54				
	COLUMNA C-7 C-8 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	3.00	32				
	MURO EJE H/EJE 1-8	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	40			1 ciclo de vaciado	
	TOTAL	33.00	312.00	6.3	m3/hr	8.0	Min	
PISO18	COLUMNA C-2, 3, 4 Y 9	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	46				
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	3.00	37				
	ASCENSOR, ESCALERA COLUMNA	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	40				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	62				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	55				
	COLUMNA C-7 C-8 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	3.00	30				
	MURO EJE H/EJE 1-8	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	30			1 ciclo de vaciado	
	TOTAL	32.00	300.00	6.4	m3/hr	8.0	Min	
PISO19	COLUMNA C-2, 3, 4 Y 9	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	52				
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	50				
	ASCENSOR, COLUMNA C-7 C-8 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	59				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	62				
	ESCALERA	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	59				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	61			1 ciclo de vaciado	
	MURO EJE H/EJE 1-8	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	61				
	TOTAL	36.00	343.00	6.3	m3/hr	8.1	Min	
PISO20	COLUMNA C-2, 3, 4 Y 9	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	55				
	MURO EJE 9/EJE B-C	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	4.00	42				
	ASCENSOR, COLUMNA C-7 C-8 Y C-13	Fc=280 kg/cm2 PIE 57 B	7.00	69				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	8.00	72				
	ESCALERA	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	53				
		Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	5.00	53				
MURO EJE H/EJE 1-8	Fc=210 kg/cm2 PIE 57 B	6.00	59			1 ciclo de vaciado		
	TOTAL	36.00	351.00	6.2	m3/hr	8.3	Min	

Fuente Propia

Anexo C: Registro de vaciados horizontales

Tabla 38 Anexo C – Registro de vaciado de horizontales

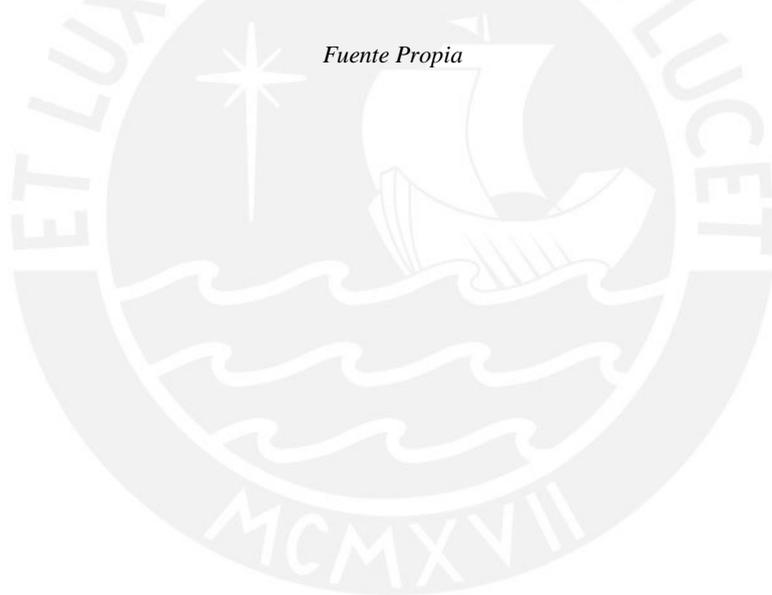
NIVEL	ELEMENTO	VOLUMEN	TIEMPO VACIADO (MIN)	RENDIMIENTO		1 CICLO DE VACIADO	
PISO3	VACIADO LOSA S1 Y S2	8.00	29	14.1	m3/hr	3.6	minutos
		8.00	28				
		8.00	29				
		8.00	32				
		5.00	24				
		4.50	21				
	VACIADO DE LOSA S3	8.00	36				
		6.00	33				
4.50		23					
		60.00	255.00				
PISO4	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	33	13.9	m3/hr	3.7	minutos
		8.00	35				
		8.00	34				
		8.00	26				
		8.00	29				
	VACIADO DE LOSA S3	8.00	33				
		7.00	36				
		4.50	30				
		59.50	256.00				
PISO5	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	34	12.9	m3/hr	4.0	minutos
		8.00	38				
		8.00	35				
		8.00	37				
		8.00	38				
	VACIADO DE LOSA S3	8.00	35				
		8.00	40				
		3.50	20				
		59.50	277.00				
PISO6	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	35	12.2	m3/hr	4.2	minutos
		8.00	34				
		8.00	40				
		8.00	32				
		8.00	35				
	VACIADO DE LOSA S3	8.00	48				
		8.00	41				
		3.00	25				
		59.00	290.00				
PISO7	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	45	12.2	m3/hr	4.2	minutos
		8.00	42				
		8.00	37				
		8.00	35				

		8.00	42				
	VACIADO DE LOSA S3	8.00	46				
		6.00	28				
		5.00	27				
						1 ciclo de vaciado	
		59.00	302.00	11.7	m3/hr	4.4	minutos
PISO 8	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	38				
		8.00	49				
		8.00	48				
		8.00	39				
		8.00	51				
	VACIADO DE LOSA S3	8.00	46				
		5.00	30				
		7.00	40				
		60.00	341.00	10.6	m3/hr	4.8	minutos
PISO9	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	42				
		8.00	46				
		8.00	40				
		8.00	43				
		8.00	46				
	VACIADO DE LOSA S3	4.50	31				
		8.00	60				
		8.00	51				
		60.50	359.00	10.1	m3/hr	5.0	minutos
PISO10	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	46				
		8.00	45				
		8.00	40				
		8.00	51				
		6.00	50				
	VACIADO DE LOSA S3	8.00	56				
		8.00	52				
		54.00	340.00	9.5	m3/hr	5.4	minutos
PISO11	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	49				
		8.00	55				
		8.00	48				
		8.00	50				
		6.00	40				
	VACIADO DE LOSA S3	8.00	53				
		8.00	56				
		54.00	351.00	9.2	m3/hr	5.5	minutos
PISO12	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	55				
		8.00	52				
		8.00	49				
		8.00	54				
		6.00	40				
	VACIADO DE LOSA S3	8.00	52				
		8.00	57				
		54.00	359.00	9.0	m3/hr	5.7	minutos
PISO13		8.00	51				

	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	50	8.9	m3/hr	1 ciclo de vaciado 5.7 minutos	
		8.00	56				
		8.00	58				
		8.00	52				
	VACIADO DE LOSA S3	7.00	41				
		6.00	50				
		53.00	358.00				
PISO14	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	53	8.8	m3/hr	1 ciclo de vaciado 5.8 minutos	
		8.00	55				
		8.00	54				
		8.00	58				
		8.00	55				
	VACIADO DE LOSA S3	7.00	46				
6.00		41					
		53.00	362.00				
PISO15	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	54	8.5	m3/hr	1 ciclo de vaciado 6.0 minutos	
		8.00	58				
		8.00	54				
	VACIADO DE LOSA S3	7.00	59				
		7.00	40				
		7.00	46				
		8.00	61				
		53.00	372.00				
PISO16	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	57	8.5	m3/hr	1 ciclo de vaciado 6.0 minutos	
		8.00	58				
		8.00	56				
		8.00	52				
		8.00	60				
	VACIADO DE LOSA S3	7.00	48				
6.00		44					
		53.00	375.00				
PISO17	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	57	8.0	m3/hr	1 ciclo de vaciado 6.3 minutos	
		8.00	58				
		8.00	57				
		8.00	56				
		8.00	55				
	VACIADO DE LOSA S3	8.00	64				
6.00		56					
		54.00	403.00				
PISO18	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	59	8.0	m3/hr	1 ciclo de vaciado 6.3 minutos	
		8.00	57				
		8.00	64				
		8.00	58				
		8.00	60				
	VACIADO DE LOSA S3	7.50	55				
6.00		46					
		53.50	399.00				

PISO19	VACIADO DE LOSA S1 Y S2	8.00	58				
		8.00	57				
		8.00	67				
		8.00	58				
		8.00	62				
	VACIADO DE LOSA S3	7.00	54			1 ciclo de vaciado	
		6.00	44			6.4	minutos
		53.00	400.00	8.0	m3/hr		
PISO20	VACIADO DE LOSA S1	8.00	54				
		8.00	50				
		8.00	53				
		8.00	52				
		8.00	52				
	LOSA S2	8.00	57				
		7.00	52				
	LOSA S3	6.00	40			1 ciclo de vaciado	
			53.00	410.00	7.8	m3/hr	6.6

Fuente Propia



Anexo D: Partidas de construcción al término de casco.

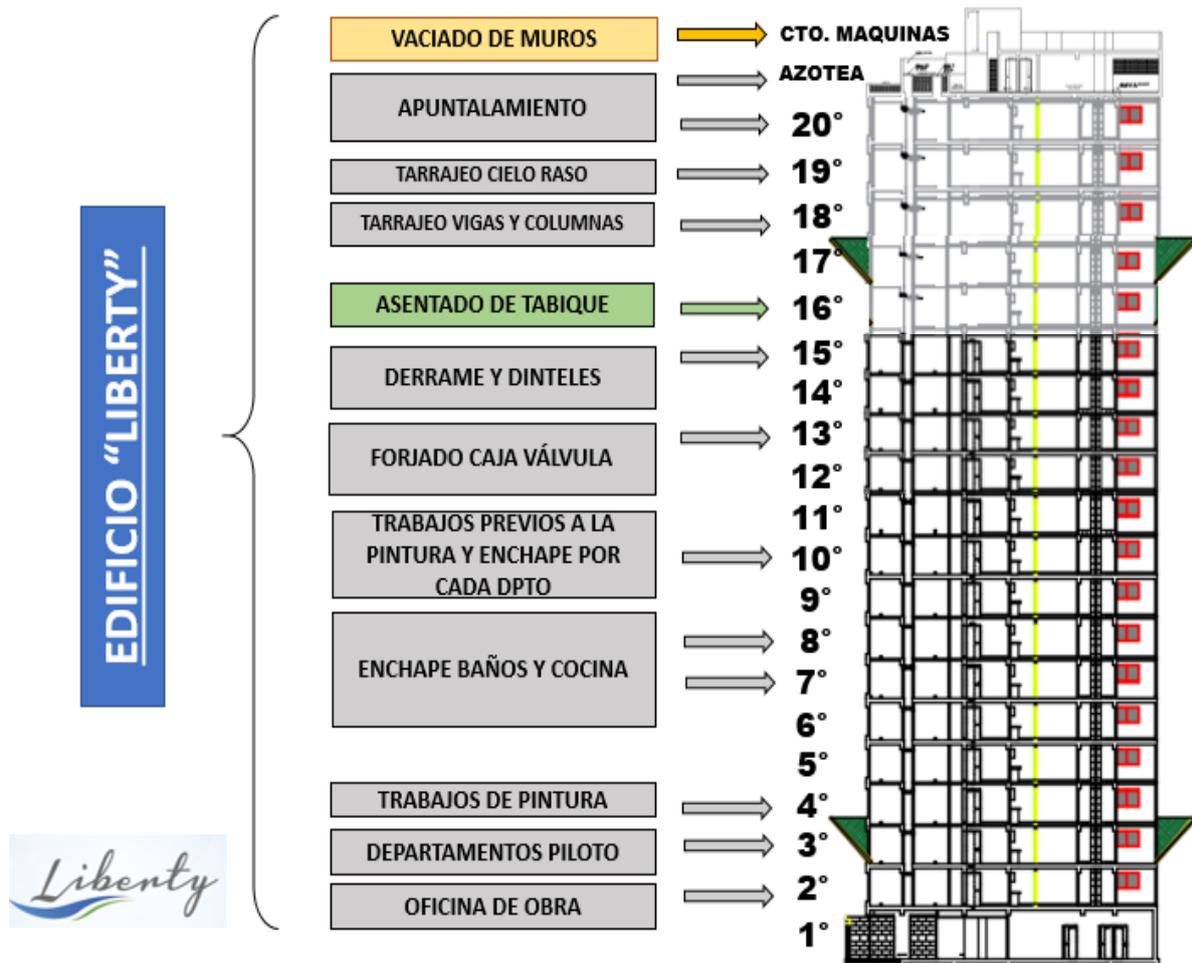


Fig. 62 Anexo D1 – Partidas de construcción al finalizar el casco.

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano

Anexo E: Ficha técnica de la torre grúa.

POTAIN 
MC 68 B 

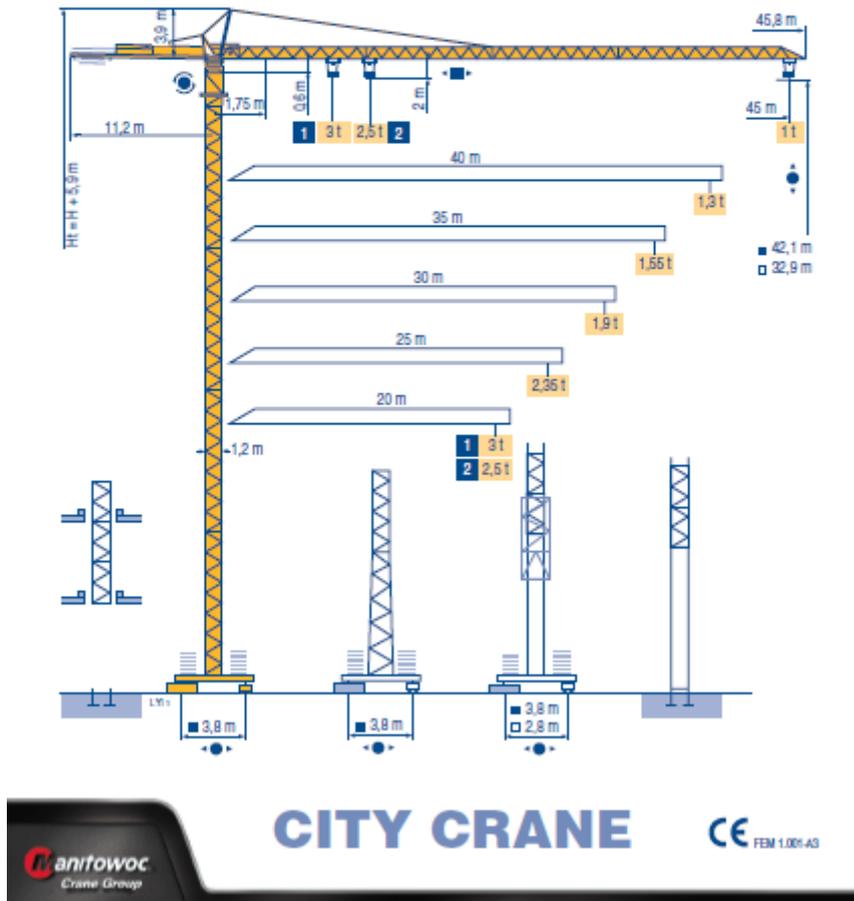


Fig. 63 Anexo E 1 – Ficha técnica grúa Potain Modelo MC-68B

Fuente: Proyectos y construcciones Lugano..

Anexo F: Ficha técnica del elevador de carga.



IZA 1500

Características técnicas:

CARGA MÁXIMA:	MAXIMUM LOAD:	MAXIMALE LAST	1500 kg
ALTURA MÁXIMA:	MAXIMUM HEIGHT:	MAXIMALE HOHE	150 m.
VELOCIDAD NOMINAL:	NOMINAL SPEED:	NENNGESCHWINDIGKEIT	10/24/40 m/min.
POTENCIA DE MOTORES:	POWER OF MOTORS:	MOTOREN LEISTUNG	2x5,5/2x7,5 Kw
TENSION NOMINAL:	NOMINAL VOLTAGE:	NENNSPANNUNG	380 V.
MAX. ALTURA AUTOPORTANTE:	MAX STANDING HEIGHT:	MAX ELBSTRAGENDE HOEHE	6 m.
ALTURA DEL MASTIL:	MAST DIMENSIONS:	ABMESSUNG EINES MASTES	1,5 m.
INTENSIDAD MÁXIMA:	MAXIMUM CURRENT:	MAXIMALE STROMSTARKE	32 A

Entre los dispositivos de seguridad destacan:

- Selector de planta sin restricción alguna por número
- Final de carrera en todas las puertas de acceso.
- Mecánico y eléctrico sistema antiplastamiento.
- Detector de sobrecarga (opcional).
- Detector de final de mástil electrónico.
- Doble final de carrera para control de subida y bajada.
- Descenso manual en caso de emergencia o fallo de suministro.
- Doble manual/automático modo: de acuerdo a las necesidades y lugar de trabajo.
- Montaje de mástiles con una sola llave: seguro y rápido.
- Parada de emergencia.
- Alarma acústica de maniobra.

Fig. 64 Anexo F 1 – Ficha técnica Elevador de carga IZA 1500.

Fuente: Empresa GMR Perú - ENCOMAT.

Anexo G: Cotización del elevador de carga ecomat 1500kg

PRESUPUESTO: GMRC_493_2020_ELEVADOR DE CARGA ENCOMAT 1500 KG_LUGANO_LIBERTY		
FECHA: 2/10/2020		
VALIDEZ DE OFERTA: 30 DIAS		
DATOS ECONOMICOS:		
COSTOS MENSUALES DE ALQUILER		
ELEVADOR 1500 KG.	S/.	4,000.00
MANTENIMIENTO MENSUAL DEL EQUIPO	S/.	500.00
TRANSFORMADOR	S/.	500.00
COSTO MENSUAL	S/.	5,000.00
NUMERO DE MESES DE ALQUILER.	5	
SUB TOTAL ALQUILER		S/.
		25,000.00
MONTAJE		
CERTIFICADO DE MONTAJE	S/.	500.00
MANO DE OBRA DE MONTAJE INICIAL DEL PISO 1 HASTA EL PISO 20	S/.	6,000.00
TRANSPORTE DE MONTACARGAS EN CAMION HIAB DE ALMACÉN A OBRA.	S/.	1,200.00
SUB TOTAL DEL SERVICIO DE MONTAJE	S/.	7,700.00
		S/.
		7,700.00
DESMONTAJE		
MANO DE OBRA DE DESMONTAJE FINAL.	S/.	6,000.00
TRANSPORTE DE MONTACARGAS EN CAMION HIAB DE OBRA A ALMACEN.	S/.	1,200.00
LIMPIEZA FINAL DEL EQUIPO.	S/.	500.00
SUB TOTAL DEL SERVICIO DE DESMONTAJE	S/.	7,700.00
		S/.
		7,700.00
COSTO TOTAL APROXIMADO.		S/.
		40,400.00

Fig. 65 Anexo G 1 – Presupuesto de Elevador de carga IZA 1500. (SIN I.G.V)

Fuente: Empresa GMR Perú - ENCOMAT.

Anexo H: Procedimientos de trabajo con torre grúa facilitadas por la empresa

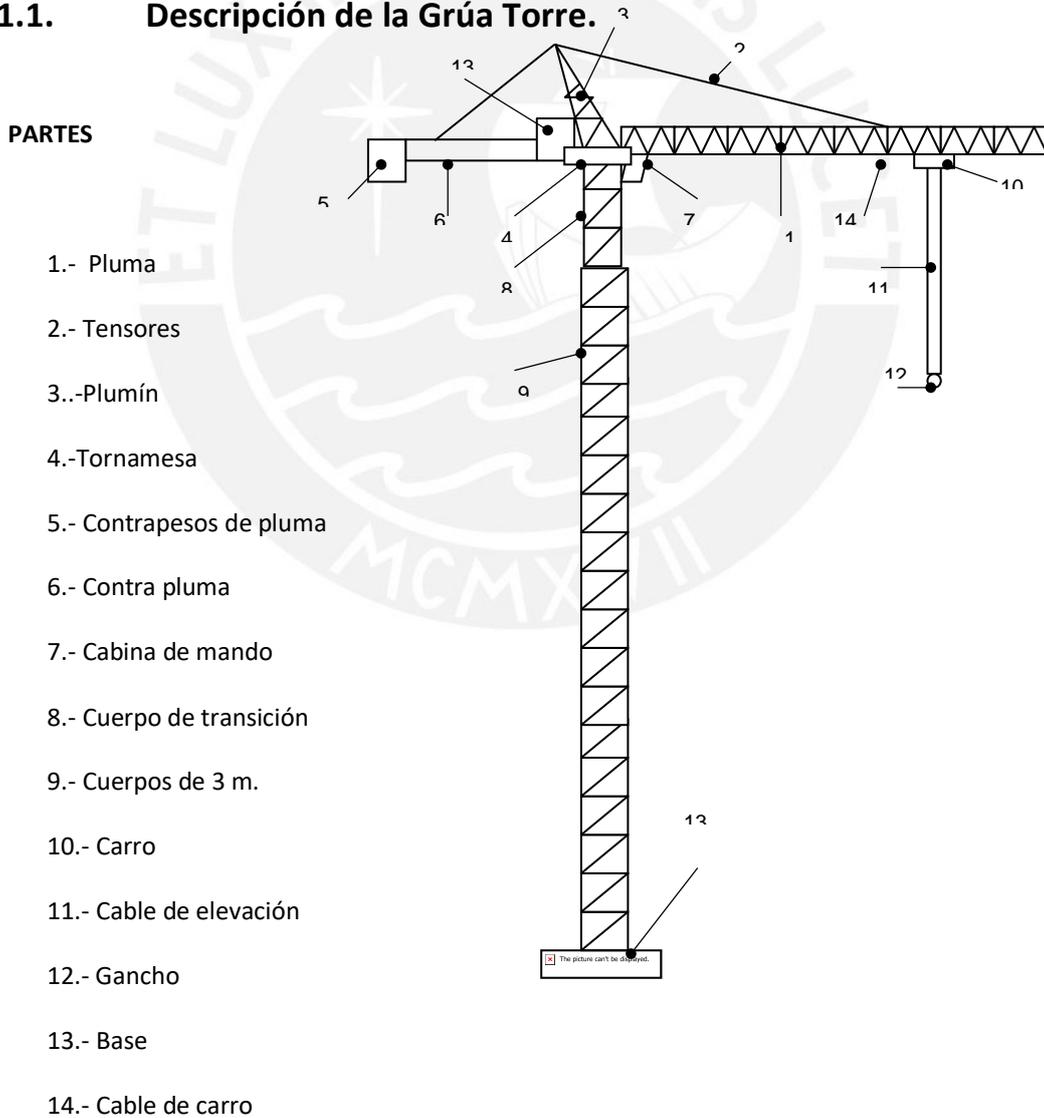
Proyectos y construcciones Lugano.

1.1. Planificación

- 1 ó 2 semanas antes de iniciar actividades se debe tener una reunión de PRE-Movilización.
- Procedimiento para movilización y des-movilización.
- Plan de Tráfico (Tránsito) – Ruta de movilización.
- Procedimiento para Armado y desarmado
- Procedimiento para Mantenimiento y Supervisión.
- Procedimiento para maniobras.
- Cronograma de Capacitación de Operador y Rigger.
- Exámenes Pre-Ocupacionales del personal Operador, Rigger y Mecánicos de mantenimiento.
- Conocer de manera general la Grúa Torre.

1.1.1. Naturaleza de la Grúa Torre.

1.1.1.1. Descripción de la Grúa Torre.



CAPACIDADES DE MOVIMIENTO DE LA GRÚA TORRE

La grúa puede girar en el plano horizontal 360° y verticalmente desde el nivel del suelo hasta 2 metros bajo la pluma. La capacidad de altura depende de la cantidad de cuerpos instalados teniendo como máximo 110m de altura.

MECANISMO DE LA GRÚA TORRE

La grúa torre tiene el mecanismo de elevación, el mecanismo de giro y el mecanismo del carro. Todos estos mecanismos son alimentados con 440 V a 60hz, y emplea 60kw de potencia. El grupo electrógeno requerido debe ser como mínimo de 90kw.

MECANISMO DE ELEVACION.-

Es el que permite subir y bajar la carga; está constituido por:

- Un motor eléctrico de 3 velocidades y giro en ambos sentidos.
- Un reductor del motor al tambor del cable de elevación.
- El Tambor de enrollamiento.
- El cable de elevación.
- El sistema de freno mecánico y magnético.

MECANISMO DE GIRO.

Es el que permite girar la pluma y contrapluma en 360° y está constituido por:

- Dos motores eléctricos de 3 velocidades y giro en ambos sentidos. Los motores tienen reductores incorporados terminando en piñones de giro.
- Los motores también tienen incorporado un freno mecánico y un freno magnético.
- Una corona sobre la que giran los piñones del motor.

MECANISMO DEL CARRO

Es el que permite mover hacia delante y hacia atrás el carro sobre la pluma, está constituido por:

- Un motor eléctrico de 4 velocidades y giro en ambos sentidos. El motor tiene un reductor incorporado.
- El motor también tiene incorporado un freno mecánico y un freno magnético
- Un tambor de enrollamiento de doble entrada con cable de acero.
- Un carro apoyado en cuatro ruedas que se deslizan sobre la pluma.

FUNCIONAMIENTO DE UNA GRÚA TORRE

Su funcionamiento lo podemos dividir en cuatro puntos importantes:

- **VELOCIDADES DE TRABAJO:** Como se indicó anteriormente, las grúas tienen básicamente tres mecanismos comandados por motores eléctricos que determinan las velocidades de operación, las que son importantes para determinar los ciclos de trabajo y el rendimiento. Los motores tienen cuatro velocidades las cuales son secuenciales, esta es la característica más relevante, pues permite tomar y dejar carga en forma lenta y precisa.

Las grúas poseen los siguientes motores eléctricos trifásicos:

MOTOR DE ELEVACION: Es el motor más potente de la máquina, 45kW o 60hp. Su función es mover el tambor del cable de elevación. Tiene de 4 velocidades secuenciales cuya secuencia es:

$1^\circ - 2^\circ - 3^\circ - 4^\circ - 3^\circ - 2^\circ - 1^\circ$

1° Velocidad: Es aquella que se emplea al comienzo y al final y es 34m/min

2° Velocidad: 54 m/min.

3° Velocidad: 86m/min.

4° Velocidad: 134m/min.

El motor se ubica en la tornameza.

MOTORES DE GIRO: Son dos motores los que permiten girar la pluma y contrapluma en 360° con un giro máximo de 0.85 r.p.m.

Tienen una potencia de 4.8 kW c/u.

MOTOR DEL CARRO: Posibilita el movimiento de traslación del carro en la pluma con una velocidad máxima de 52m/min. Su potencia es de 3.4kW.

- **CAPACIDADES DE CARGA:** Se define como la potencia máxima que tiene una grúa para izar una determinada carga. Como máquina tiene una capacidad limitada, que está especificada por el fabricante. Se debe tener presente que mientras más cerca de la punta de la pluma, menor será la capacidad de carga, sin sobrepasar el par máximo, conque la grúa fue diseñada para trabajar. Su capacidad de carga es variable, pues está basada en el equilibrio de la carga con los contrapesos, siendo la torre el eje del equilibrio. Es así, como al alejarse la carga del eje de equilibrio, ésta disminuye hasta llegar al mínimo en la punta de la pluma.

La pluma de la grúa actúa como una viga simplemente apoyada y cuando la carga se encuentra más lejos actúa como una viga en volado.

- **SISTEMA DE FRENADO:** Está compuesto por un conjunto de resortes calibrados, los cuales ejercen presión permanente sobre un disco de freno en el rotor del motor. Los resortes se comprimen por medio de un electroimán que ejerce una fuerza contraria a la de los resortes y así queda libre el motor para que pueda funcionar.

El frenado en marcha lento no es instantáneo, sino que existe un lapso de tiempo al aplicar el freno en que el motor sigue girando.

Las ventajas de este sistema son:

- Permite efectuar las operaciones con mayor seguridad y precisión.
- Se puede frenar en un corto intervalo de tiempo.

Este freno se calibra al inicio en el montaje de la grúa torre por personal calificado.

- **SISTEMAS DE SEGURIDAD:** Las grúas torre están equipadas con diversos dispositivos de seguridad, que actúan a consecuencia de una mala operación del operador o a una mala indicación del maniobrista. La calibración de los sistemas de seguridad de la grúa y su control periódico es de una importancia vital, ya que, de su buen funcionamiento y sin fallas depende la vida del personal que trabaja en su radio de acción y la vida útil de la máquina.

Se puede dividir en tres grupos a los limitadores de seguridad:

Limitadores de esfuerzos (LE)

Limitadores de par máximo o de momento máximo.

Limitador de carga máxima.

Limitadores de carrera (LC).

Limitador de fin de carrera superior e inferior del gancho.

Limitador de recorrido del carro distribuidor.

Limitador de velocidad.

Sistema de puesta en bandera o veleta.

Selección automática de velocidad.

Limitadores de advertencia (LA).

Bocina de alarma.

LIMITADOR DE PAR MAXIMO O DE MOMENTO MAXIMO.

Limita la carga elevada en función de la distancia o traslación del carro y la carga a elevar, por lo tanto al activarse por exceso de carga bloquea automáticamente la elevación y el avance del carro en la pluma, dejando operables naturalmente los movimientos contrarios, vale decir, carro hacia atrás y bajada de gancho.



Está ubicado en el ángulo recto del plumín. La calibración de este limitador se hace con la carga máxima de nominal, más 5% en la punta de la pluma y su regulación está dada por un microswitch de funcionamiento eléctrico.

ADVERTENCIA: Este 5%, NO SIGNIFICA QUE PUEDA LEVANTAR MAS CARGA como se cree normalmente, sino que es sólo para calibrar la grúa, este corte compensa el efecto dinámico del inicio del levante de una carga, lo que sobrepasa temporalmente la carga máxima a izar, diseñada y calculada por el fabricante. En caso contrario, no se podría levantar la carga máxima que la grúa puede izar, es decir se izaría menos. **¡POR NINGUN MOTIVO EL OPERADOR Y/O MECANICO DE OBRA PUEDE ALTERAR ESTA CALIBRACION !**

LIMITADOR DE CARGA MAXIMA.

La estructura de una grúa y su mecanismo de elevación han sido calculada y fabricados para soportar una carga máxima determinada. El Objetivo de éste limitador es impedir que éste sea sobrepasado. Actúa directamente sobre el sistema del cable de elevación, debido a la tracción ejercida por el cable.

Está ubicado en la base del sistema de elevación del cable, sobre la tornamesa.



LIMITADOR DE FIN DE CARRERA SUPERIOR E INFERIOR DEL GANCHO. (LC)

Su función es evitar que por error de operación, el gancho golpee las poleas del carro, provocando que el cable de elevación se corte, o que golpee el gancho en el suelo desenrollándose el cable del tambor o descarrilándose este cable de elevación de las poleas guías, con el peligro de cortarse por roce o estrangulación. Es decir, controla el número de vueltas efectuadas por el tambor de enrollamiento del huiñche, evitando de esta forma un accidente.

Es importante tener presente, que normalmente en las obras existen más de dos niveles de trabajo y el limitador es regulado para el más desfavorable.

Por esta razón, en algún instante el limitador no operará, por que estará en un nivel superior al regulado. Ejemplo: es el caso de las obras con subterráneos.



El limitador se encuentra ubicado en el tambor de enrollamiento del cable de elevación.

LIMITADOR DEL CARRO DISTRIBUIDOR (LC).

Actúa sobre el tambor de enrollamiento del cable del carro y limita el recorrido atrás y delante de éste. El movimiento del carro se controla, además mediante topes elásticos, los que evitan mecánicamente que el carro se salga de su pista de traslación.



BOCINA DE ALARMA.

Indica la puesta en marcha de la grúa. Está comandada directamente por el operador de la grúa, en el comando respectivo, y es muy útil para avisar al personal la aproximación de la carga al lugar de trabajo. Es importante señalar además, que funciona automáticamente con el limitador de par o momento máximo y con el limitador de carga máxima, avisando al operador cuando la grúa se ha desconectado por sobrecarga.

SISTEMA DE PUESTA EN BANDERA O VELETA.

Actúa directamente en el freno del motor reductor de giro, desbloqueándolo con el objeto que la pluma se oriente con el viento, cuando está fuera de servicio, a fin de oponerle la menor resistencia posible al viento. Es decir, permite que la pluma se oriente a la posición de vientos mayores que 70 km/h.

SISTEMA DE ENCLAVIJAMIENTO AUTOMATICO DEL CARRO (LC).

Actúa en el carro distribuidor de cargas y su función es trabar éste ante la eventualidad de que se corte su cable de tracción; con este sistema se evita que cualquier carga se deslice hacia la punta o hacia el tronco de la grúa.



SISTEMA DE HOMBRE MUERTO.

Ante la eventualidad que el operador sufre un percance invalidante, todos los movimientos se detienen de inmediato por que los comandos vuelven automáticamente a posición cero. Para que el operador pueda accionar cualquier mando se debe mantener presionado con el pulgar un botón en las palancas de mando.

SELECCIÓN AUTOMATICA DE VELOCIDAD.

Es un sistema automático de control de velocidad que permite el cambio secuencial de las velocidades, de la mas baja a la mayor velocidad, tanto de subida y como de bajada.



1.1.2. Equipo y Materiales

1.1.2.1. Equipo

- Grúa Torre.
- Grupo electrógeno.

1.1.2.2. Equipo de Protección Personal / Equipo de Protección Colectiva.

- Casco de seguridad.
- Lentes de seguridad.
- Tapones de oído.
- Guantes de cuero amarillo 9 "tipo A.
- Botas de seguridad con punta de acero.
- Arnés de seguridad con absorbedor de impacto.
- Malla de color naranja.
- Cinta de peligro color rojo.
- Soga de nylon de 5/8 "o Cable acerado de ½ ".
- Conos reflectivos de seguridad color naranja.
- Parantes de madera (cachacos).
- Carteles y señales informativas.

1.1.2.3. Materiales

- Gasolina.
- Petróleo
- Energía eléctrica.

1.1.3. Recurso Humano

El personal que trabaje en estas áreas tiene que estar capacitado en temas de procedimientos de demolición, utilización de máquinas para demolición, protección contra caídas, anclajes, manejo defensivo, señalización, seguridad en el trabajo, etc.

1.1.4. Escenarios/Peligros/Riesgos

Escenarios

- Montaje de Grúa.
- Maniobra de Grúa.
- Desmontaje de Grúa.

Peligros/Riesgos

- Atrapamientos.
- Golpes por manejo de objetos pesados.
- Cortes.
- Sobreesfuerzos.
- Contacto con la energía eléctrica.
- Los propios de lugar de ubicación, carga y descarga, según las necesidades reales (al pie de taludes, bordes de vaciados, en proximidad a zonas cercanas a líneas eléctricas aéreas).
- Vuelco o caída de la grúa por:

- Fuertes vientos.
- Incorrecta nivelación de la base fija.
- Lastre de la base inadecuada.
- Choque con otras grúas próximas por igual nivel, o solape (tanto por las plumas y contraplumas).
- Enganche entre cables de izado y entre grúas.
- Sobrecarga de la pluma.
- Fallo humano.

- Caídas desde altura.
- Incorrecta respuesta de los mandos.
- Derrame o desplome de la carga durante el transporte.
- Golpes por la carga a las personas o a las cosas durante su transporte aéreo.
- Los derivados de la interferencia con líneas de suministro aéreo de energía eléctrica.

1.2. Medidas de Control en la Ejecución de los Trabajos.

1.2.1. Medidas de Control al Inicio de las Actividades del Trabajo.

Sistemas de seguridad de la grúa.

La norma básica de seguridad, sin duda, son todos los sistemas automáticos de seguridad de la grúa, analizados en detalle anteriormente, que deben estar perfectamente calibrados y en funcionamiento. Además deben ser revisados por personal especializado. Comentario: se debe establecer y precisar el tiempo en que debe ser revisado.

IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE IZAJE

Los requerimientos esenciales son los siguientes:

Cada elemento de un tendrá su código identificadorio.

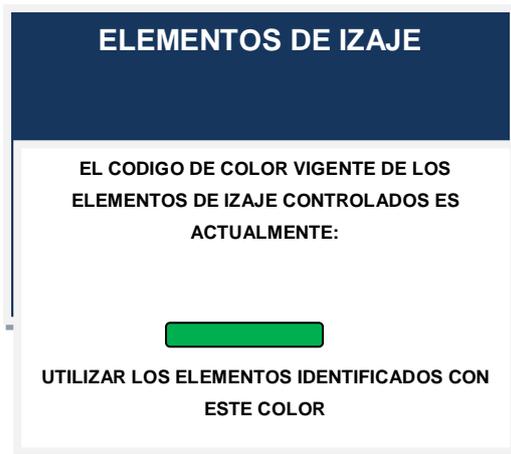
El código de identificación se indicará en algún lugar del elemento.

El área de seguridad llevara actualizado un registro donde se indicará de cada elemento:

- a) Su código de identificación.
- b) La fecha a la que fue sometido a inspección.

Se utilizara un código de colores diferentes para cada mes de inspección

Los elementos que presenten fallas deberán ser destruidos, hasta tanto se pintarán de rojo.



Maniobrista

Como medida básica para un trabajo con seguridad en las operaciones de una grúa torre es necesario el trabajo exclusivo de un Maniobrista calificado, puesto que generalmente las condiciones de visión no son óptimas para el operador.

Un Maniobrista debe conocer el código internacional para las operaciones con grúas torres que están basado en indicaciones con las manos.

Este señalero debe ser identificado rápidamente con un peto luminoso, para ser visualizado por el operador de la grúa. El operador se tiene que guiar sólo por él. Esto último no significa que el resto del personal no tenga la obligación de conocer el código a fin de colaborar cuando se produce una emergencia.

Se debe tener además, un sistema de radio comunicación, para complementar las ordenes correspondientes al operador en cuanto a las tareas que debe hacer y su orden correlativo; de este modo, se evita la incomunicación cuando el operador trabaja en la cabina.

En resumen, podemos concluir, que cada día es más necesario contar con personas preparadas en este nuevo oficio, de ser el maniobrista de grúas torre, ya que en más de una obra, son ellos mismos los que tienen la delicada labor de estrobar o eslingar la carga a izar por la grúa.

Estrobo y eslingas.

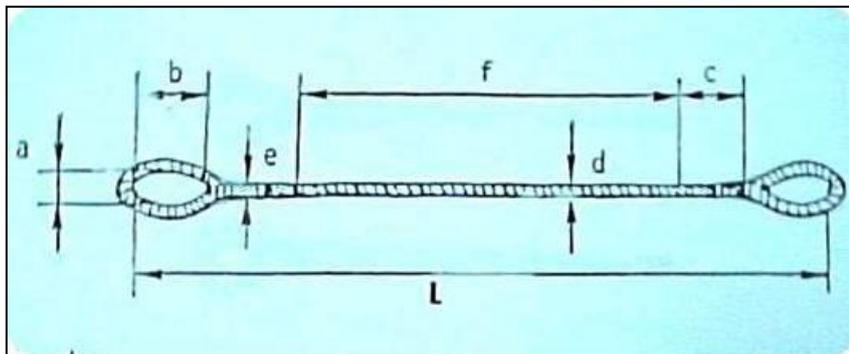
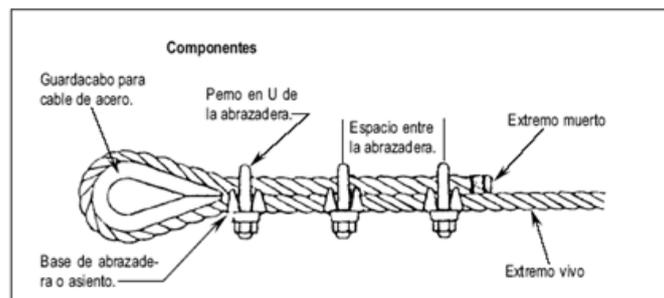
Gran número de accidentes tienen como causa la caída y mal manejo de cargas durante su eslingado o estrobo, transporte y almacenamiento; por lo cual, es necesario dar normas generales al respecto.

La elección de los estrosos y eslingas se hace fundamentalmente de acuerdo a la carga que se va a izar y al ángulo que se produce entre sus ramales.

- Está estrictamente prohibido usar estrosos improvisados.
- Las cargas deben estar perfectamente estibadas, para evitar deslizamientos o basculamientos.
- Se deberán usar amortiguadores o protectores, como madera blanda o goma, para proteger a los estrosos y eslingas de los bordes filudos de alguna carga.
- Verificar siempre que al estrobar no queden materiales sueltos que puedan desprenderse y caer.
- Verificar permanentemente el estado de los estrosos y eslingas, y si se encuentra alguna anomalía o defecto, inutilizarlos definitivamente para evitar que por error u omisión se usen nuevamente.

Tipos de estrosos.

Estrobo simple: es aquel que está formada por un cable único, cuyos extremos terminan en un ojo que puede hacerse trenzado o con casquillos prensados.



Siendo:

d = diámetro del cable.

a = ancho mínimo de la gaza (de 4 a 5 veces el diámetro del cable)

b = longitud mínima de la gaza (de 8 a 10 veces el diámetro del cable)

c = longitud de la costura (de 20 a 30 veces el diámetro del cable)

e = diámetro de la costura. (Como máximo 2 veces el diámetro del cable)

L = longitud mínima del estrobo. No deberá ser menor de 10 veces el diámetro del cable para estrobos de ramal simple.

La longitud mínima entre extremos interiores es la que se tendrá en cuenta para el fabricante (pedido), o para su confección.



DIAMETRO DE LOS CABLES (EN mm)	NUMERO DE GRAMPAS	
	CABLES CORRIENTES	CABLES ANTIGIRATORIOS DE ELEVADA RESISTENCIA
	SOBRE ALMA TEXTIL	SOBRE ALMA METALICA
DE 5 A 12	3	4
DE 12.5 A 20	4	5
DE 22 A 25	5	6
DE 25 A 35	6	7
DE 35 A 40	7	8

Estrobo sinfín.

Es aquel que tiene sus extremos trenzados, uniéndolos en un solo tramo, su tejido o trenzado debe ser de 18 veces el diámetro del cable.



Estrobo de varios ramales.

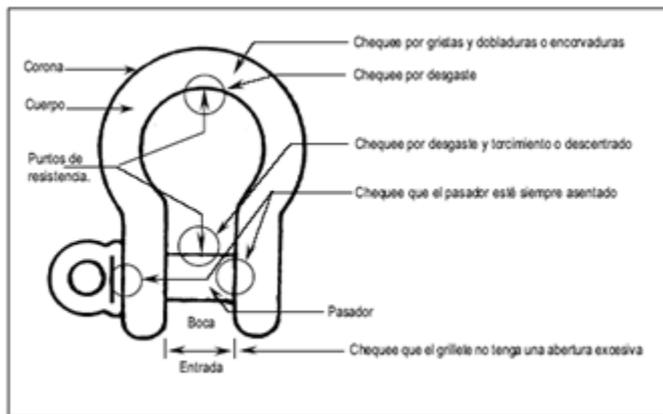
Son aquellos cuyos ramales están unidos, en un extremo, a un anillo o argolla y por el otro a ganchos o gazas



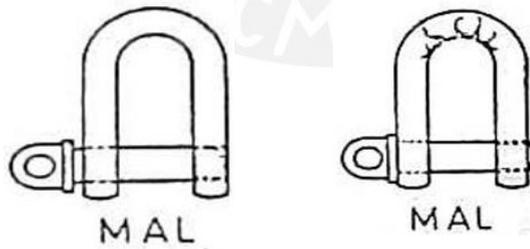
GRILLETES Y GANCHO.

Los grilletes son accesorios para unir la carga con los estrobos. Su capacidad debe ser debidamente controlada verificando la marca y capacidad máxima impresa en alto relieve en el grillete. Se debe desechar todo grillete que presente alguna anomalía.

Áreas de Inspección en Grilletes



El grillete debe tener las superficies lisas, sin bordes filosos ni grietas, ni abierta la horquilla como se indica en la figura. Si existen estos defectos, como no se permite separación hay que retirarlos de servicio.



El pasador tiene que introducirse totalmente en la horquilla del grillete

La horquilla y el bulón del grillete forman una unidad. Cualquiera de las dos partes que se deteriore hay que retirar la otra.

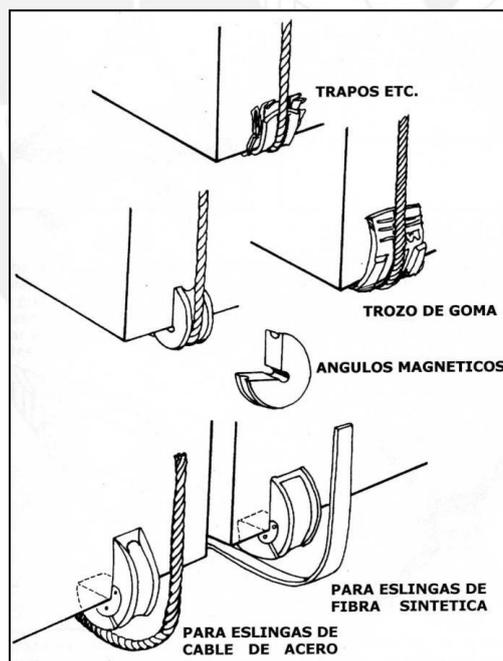
Cuando exista holgura entre la horquilla y el bulón, o ésta se halle torcida, hay que retirar de servicio el grillete.

Los ganchos de igual manera deberán ser normalizados con su marca y capacidad impresa en alto relieve y **de ninguna manera se deberá trabajar sin pestillo de seguridad.**



ELEMENTOS DE PROTECCION

Proteger siempre a las eslingas de las aristas vivas colocando protecciones



- Escuchar charla de 5 minutos.
- Llenado de AST conjuntamente con su Supervisor / Capataz.
- Llenar los permisos de trabajo correspondientes a la labor a realizar.
- Realizar Pre-uso de la Grúa Torre.
- Inspeccionar su EPP / EPC a utilizar.
- Señalizar el área de trabajo.

1.2.2. Medidas de Control durante las Actividades de Trabajo.

- Determinar que la carga por levantar no iguale o exceda del 95% de la capacidad de configuración de la grúa al pasar por el mayor radio que la carga recorrerá durante el traslado y colocación, si así fuera no se debe efectuar la operación.
- Verificar el estado de los estrobos, eslingas, grilletes y ganchos a emplear así como de las asas en la carga. En caso que presentes anomalías ponerlo inmediatamente fuera de servicio para evitar emplearlo por error u omisión.
- Detectar si hay peligro eléctrico en los alrededores del área de traslado (en el área cubierta por los movimientos de la grúa de levantar, girar y colocar).
- Se debe Trabajar a 5m de distancia para evitar la inducción eléctrica.
- Verificar si existe alguna limitación aérea. En el caso de cables de alta tensión estos deben ser protegidos y señalados con pantallas protectoras o tuberías de PVC de colores visibles a distancia.
- Verificar si el terreno en el área de maniobra es tierra suelta, compacta o húmeda, si hay excavaciones adyacentes que puedan poner en peligro la maniobra al ceder el terreno.
- Verificar que la carga esté bien asegurada, antes de empezar la maniobra.
- Todo operador de grúa tiene estrictamente prohibido maniobrar cargas suspendidas sobre personal que se encuentre en el radio de acción de la pluma, antes debe solicitar evacuación del mismo.
- No realizar maniobras con carga, si no se tiene la visión completa; en caso contrario solicite imperativamente un maniobrista e obra.
- El operador de la grúa no debe comenzar la maniobra hasta que no se hayan retirados los estrobadores o maniobristas a una distancia segura considerando cualquier eventualidad de caída de la carga.
- El operador sólo recogerá la pluma una vez que se haya desestrobado la carga y se retire el personal de maniobra.
- No debe bloquearse la visibilidad colocando cortinas o similares en las ventanas de la cabina de mando.
- Sólo deberá dirigir una persona la maniobra, el cual será el MANIOBRISTA o señalero, con el cual el operador deberá estar coordinando toda la maniobra.
- Cuando las cargas a maniobrar están fuera del alcance visual del operador, debe existir un señalero además del maniobrista, que asegure la comunicación visual entre el operador y el maniobrista, los cuales se comunicaran vía radio.
- Las instrucciones de trabajo impartidas por el supervisor de Obra, deben señalar las medidas a adoptar por el maniobrista, para evitar riesgos durante las maniobras en el aire y una eventual caída de la carga por error de estiba. En dichas instrucciones, se debe señalar quién es él o los responsables de dirigir el amarre, elevación, distribución, posado y desatado de las cargas.
- Si un maniobrista no es suficiente, un ayudante debe preocuparse de la estiba de las cargas.
- Se debe emplear para las maniobras radio, teléfono u otro sistema de comunicación. Se aconseja para el operador el sistema de manos libres.
- El maniobrista se comunicará con el operador mediante un código de señales manuales y tendrá como un buen complemento la comunicación por radio o teléfono.
- Está estrictamente prohibido usar estrobos improvisados, como aquellos que tienen grampas y similares.
- Las cargas deben estar perfectamente estibadas, para evitar deslizamientos o basculamientos.
- Se recomienda usar siempre amortiguadores o protectores, como madera blanda o goma, para proteger a los estrobos y eslingas de los bordes filudos de alguna carga.
- Verificar siempre que al estrobar no queden materiales sueltos que puedan desprenderse y caer.

- Verificar permanentemente el estado de los estrobos y eslingas y si se encuentra alguna anomalía o defecto inutilizarlos definitivamente para evitar que por error u omisión se usen nuevamente.
- En proximidad a tendidos eléctricos aéreos y cables de alta tensión, se debe trabajar siempre a una distancia de 5 metros para evitar la inducción eléctrica.
- Se debe establecer prioridades de maniobras, en el caso que más de una grúa torre trabajen sobre la misma zona de influencia.
- Las grúas sólo se deben utilizar en los trabajos que ha determinado el fabricante y en las condiciones de operación establecidas en el manual del mismo.
- No se debe efectuar ninguna maniobra que sobrepase la capacidad de levante de la grúa torre que esté expresamente prohibida por el fabricante y/o propietario.
- No se debe LEVANTAR CARGAS ADHERIDAS AL SUELO O A UN EDIFICIO.
- No se debe tirar cargas lateralmente girando o recogiendo el gancho.
- No se debe tratar de descargar o cargar más allá del plomo natural del gancho de la grúa.
- No se debe remolcar un vehículo con el gancho de elevación.
- No se deben bascular las cargas para depositarlas en puntos donde normalmente no llega el gancho en sus plomos naturales.
- NO SE DEBE TRANSPORTAR CARGAS SOBRE LUGARES NO AUTORIZADOS (calles y propiedades vecinas).
- ¡ NO SE DEBE FRENAR CON LAS CONTRAMARCHAS ¡
- No se debe intervenir voluntariamente algún sistema de seguridad de la grúa torre, con el objeto de subir más carga o aumentar la velocidad de levante.
- Siempre deberá estar presente durante toda maniobra el supervisor a cargo de dicha actividad.
- La pluma deberá tener una línea de vida para las operaciones de inspección y mantenimiento.
- El operador y maniobrista deberán emplear un arnés tipo paracaidista, el cual estará conectado a un freno contra caída (Rope Grab). El uso de estos equipos de protección contra caídas es obligatorio durante la maniobra de subida y bajada del operador.
- La grúa debe estar provista de un letrero informativo, de 1m de ancho por 1.5m de alto como mínimo, empernado a la cara más visible del tronco central, ubicado a una altura comprendida entre 2m y 3m desde el nivel de piso de cota cero. El letrero debe proporcionar, en caracteres legibles e indelebles, la siguiente información:
 - Marca y modelo de la grúa torre.
 - Longitud máxima de la pluma.
 - Carga máxima en punta.
 - Carga máxima de levante con su distancia al eje central de la grúa.
 - Cualquier otra información que el fabricante estime necesario proporcionar.
- La pluma debe contar con letreros indicativos de la carga máxima a levantar en cada punto específico, las dimensiones deben ser 0.30 x 0.50m y se deben usar caracteres negros sobre fondo blanco. Los letreros deben estar ubicados de manera que no ejerzan oposición al viento que podría perjudicar el funcionamiento de la pluma y deben ser perfectamente visibles para el operador y el señalero.
- En la cabina de la grúa debe existir una placa informativa en que se indique, mediante caracteres fácilmente visibles e indelebles el diagrama de carga de la grúa, en unidades del sistema internacional.
- No se permite adicionar ningún tipo de letreros a los especificados por el fabricante, ni cambiar las dimensiones ni ubicación original de éstos. Sólo podrán colocar letreros de propaganda tapando las caras de los contrapesos de la contrapluma, siempre y cuando dichos letreros no superen la superficie de aquellos y estén firmemente afianzados.
- Sistema de alarma: Las grúas torre deben estar equipadas con, a lo menos, un sistema de alarma que pueda accionar el operador en forma manual.

Para los movimientos de la grúa se instalará una alarma sonora que se deberá activar automáticamente.

- Medidas por velocidad del viento: Si la grúa torre debe instalarse en un lugar donde existe un riesgo constante de viento superior a 70 km/h, el usuario debe solicitar a éste los antecedentes necesarios para reforzar el emplazamiento de la grúa torre.
- La grúa torre no debe trabajar con velocidades de viento que supere los 70 km/h. Se debe paralizar el funcionamiento de la grúa y orientar la pluma en sentido de la dirección del viento, dejándola como veleta.
- No permitir jamás que la carga vaya más allá del alcance real de la grúa empujada por los trabajadores, porque en estas condiciones, y por estar los movimientos detenidos los limitadores de carga no operan y se aumenta el momento máximo.

MEDIDAS PREVENTIVAS PARA MECANISMOS

- Los mecanismos móviles, que pueden constituir un peligro en el servicio normal o durante el mantenimiento del equipo, deben estar provistos de protectores.
- Se deben adoptar todas las medidas que impidan la caída de elementos desde los mecanismos o estructuras superiores. Se debe adoptar también, las medidas necesarias para que cuando se requiera bajar elementos, ello se realice sin riesgo para las personas.
- Los componentes susceptibles de abrirse, tales como tapas, cajas, protecciones, etc, deben contar con dispositivos que eviten su caída al trabajar con ellas.
- Los mecanismos colgantes deben estar equipados de una bandeja, tapa u otro dispositivo que evite su caída en caso de ruptura del soporte.
- El chasis del carro distribuidor debe estar diseñado de tal manera que los rodillos no puedan escaparse del riel guía, en caso de ruptura de su eje, ni permitir la caída del carro distribuidor.
- Los ganchos de suspensión deben contar con un seguro que impida el desenganche accidental de la carga, deben tener impreso sobre relieve la capacidad nominal de la carga y no deben experimentar deformación permanente cuando se someten a ensayo con una carga equivalente a dos veces la capacidad nominal de la carga.
- Los cables de elevación utilizados, no deben presentar uniones, deben ser del tipo antigiratorio y no deben trabajar con una carga estática superior a la sexta parte de la carga nominal indicada en el manual de la grúa.
- En el cable de tracción del carro distribuidor, la carga mínima de ruptura efectiva del cable, cuando está nuevo, debe ser como mínimo igual a cuatro veces y medio (4.5) el esfuerzo máximo aplicado al cable por el mecanismo de tracción, durante la partida y el frenado. En ningún caso el diámetro efectivo de los cables de tracción puede ser inferior a 6mm.
- Los tambores de enrollamiento y los canales de las poleas, deben presentar superficies lisas.
- El diámetro del tambor, medido en el fondo de la garganta, debe ser igual o superior a 20 veces el diámetro nominal del cable.
- El diámetro de las poleas, medido al fondo del canal debe ser igual o superior a 22 veces el diámetro nominal del cable.
- Los tambores de enrollamiento deben estar provistos de discos laterales, u otros elementos que impidan la salida del cable. El radio del disco debe sobrepasar la última capa de cable en, no menos de dos veces el diámetro del cable.
El diámetro efectivo del cable que se utilice sobre una polea, no debe ser superior al ancho del canal de esta.

Cualquiera sea la posición de trabajo de un tambor, sobre él deben permanecer a lo menos tres vueltas de cable.

Los cables de arrastre del carro distribuidor deben estar anclados, sobre el tambor de enrollamiento, en el sentido opuesto, el funcionamiento exclusivamente a fricción no se acepta.

INTERRUPCION DEL TRABAJO

El trabajo se debe interrumpir en las siguientes circunstancias:

- En caso que el viento sea superior a 64km/h.
- En caso de cargas de gran superficie, aunque el viento tenga una velocidad inferior a 64km/h, se deben suspender las maniobras cuando el basculamiento represente un riesgo para el personal y la grúa torre.
- En presencia de escarcha, cuando ésta represente un sobrepeso por acumulación en la estructura o dificulte el descenso del gancho cuando está en vacío.
- Cuando la presencia de neblina, no permita una buena visibilidad en las operaciones y ésta es insuficiente para un buen manejo de las cargas.
- A causa de una tormenta eléctrica próxima.
- Por falta de iluminación.
- Por mal estado del cable de elevación u accesorios.
- Deficiente enrollado del cable de elevación en el tambor.
- Alimentación eléctrica intermitente y/o pérdida de simetría de las fases.
- Defectos en las operaciones de frenado de algún movimiento de la grúa.
- Pérdida del plomo de la estructura.

MEDIDAS A ADOPTAR

Cuando se determina la interrupción del trabajo de la grúa torre, se debe orientar la pluma en sentido del viento, es decir colocándola en posición de veleta o bandera e interrumpir el suministro eléctrico.

1.3. Medida de Control para el Cierre de Jornada

- El Supervisor / Capataz coordinará con el Supervisor de SAS en caso tuviera alguna duda sobre la seguridad del área.
- El control y mantenimiento de las grúas torre se deben efectuar conforme a las instrucciones establecidas por el fabricante en el manual de operación del equipo.
- El control y mantenimiento de las grúas torre montadas se debe efectuar a lo menos una vez al mes. Durante esta operación se debe controlar y registrar, especialmente, el correcto funcionamiento y calibración de los dispositivos de seguridad. Los controles se deben efectuar por personal debidamente calificado y siguiendo las instrucciones contenidas en el manual del fabricante.
- La cabina y accesos a ella, se deben mantener permanentemente aseados.
- El personal que inspeccione la grúa torre, debe utilizar equipo de protección contra caídas.

1.4. Actuación en Caso de Emergencia.

- Todos los accidentes, por muy leves que sean deben informarse.
- En caso de emergencia, las personas capacitadas deberán prestar los servicios de primeros auxilios e informar inmediatamente al Supervisor de SAS sobre la situación de la persona afectada.

Anexo I: Tabla de baremo y código de señales

Valoración de índices de seguridad.

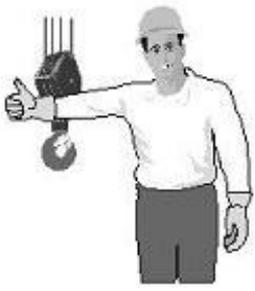
Tabla 39 Anexo I – Baremo para la valoración de los índices de seguridad

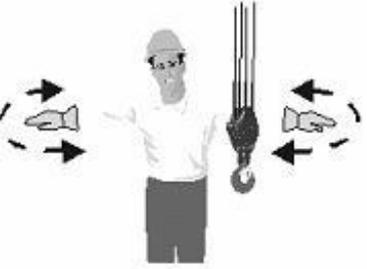
NATURALEZA DE LA LESIÓN	Jornadas de trabajo perdidas
Muerte	6000
Incapacidad permanente absoluta	6000
Incapacidad permanente total	4500
Pérdida del brazo por encima del codo	4500
Pérdida del brazo por el codo o debajo	3600
Pérdida de la mano	3000
Pérdida o invalidez permanente del pulgar	600
Pérdida o invalidez permanente de un dedo cualquiera	300
Pérdida o invalidez permanente de dos dedos	750
Pérdida o invalidez permanente de tres dedos	1200
Pérdida o invalidez permanente de cuatro dedos	1800
Pérdida o invalidez permanente pulgar y un dedo	1200
Pérdida o invalidez permanente pulgar y dos dedos	1500
Pérdida o invalidez permanente pulgar y tres dedos	2000
Pérdida o invalidez permanente pulgar y cuatro dedos	2400
Pérdida de una pierna por encima de la rodilla	4500
Pérdida de una pierna por la rodilla o debajo	3000
Pérdida del pie	2400
Pérdida de la vista (un ojo)	1800
Pérdida de la vista (ceguera total)	6000
Pérdida de oído (uno solo)	600
Sordera total	3000

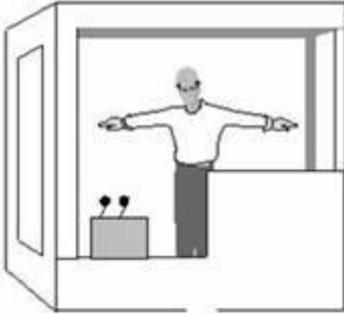
Fuente: NTP 236

Código de señales del maniobrista

Tabla 40 Anexo I – Código de señales de seguridad en maniobras con torre grúa.

		
<p>PARADA: Brazo extendido, palma hacia abajo, mantener la postura rígida.</p>	<p>GUARDAR TODO: Cefir ambas manos delante del cuerpo.</p>	<p>MOVER LENTAMENTE: Con una mano se da la señal de movimiento las otra se coloca quieta delante.</p>
		
<p>SUBIR LA CARGA: Con el antebrazo vertical y el dedo índice apuntando hacia arriba mover la mano en un pequeño círculo horizontal.</p>	<p>BAJAR LA CARGA: Con el brazo extendido hacia abajo y el dedo índice apuntando hacia abajo mover la mano en un pequeño círculo horizontal.</p>	<p>UTILIZAR EL MALACATE PRINCIPAL: Levantar la mano por encima de la cabeza. Emplear las señales normales.</p>
		
<p>UTILIZAR EL MALACATE AUXILIAR: Golpear ligeramente el codo con la mano, hacer señales normales.</p>	<p>LEVANTAR LA PLUMA: Brazo extendido, dedos cerrados, pulgar apuntando hacia arriba.</p>	<p>BAJAR LA PLUMA: Brazo extendido, dedos cerrados, pulgar apuntando hacia abajo.</p>

		
<p>GIRAR: Brazo extendido apuntando con el dedo en la dirección de giro de la Pluma.</p>	<p>ELEVAR LA PLUMA Y BAJAR LA CARGA: Con el brazo extendido y el pulgar apuntando hacia arriba cerrar y abrir la mano alternativamente durante el tiempo que se desee que baje la carga</p>	<p>BAJAR LA PLUMA Y SUBIR LA CARGA: Con el brazo extendido y el pulgar apuntando hacia abajo cerrar y abrir la mano alternativamente durante el tiempo que desee que suba la carga.</p>
		
<p>TRASLADAR LA GRÚA: Brazo extendido hacia delante mano abierta y algo elevada, hacer movimiento de empuje en la dirección del desplazamiento.</p>	<p>EXTENDER LA PLUMA (pluma telescópica): Ambos puños delante del cuerpo con los pulgares apuntando hacia fuera.</p>	<p>RETRAER LA PLUMA (pluma telescópica): Ambos puños delante del cuerpo con los pulgares apuntando hacia adentro</p>
		
<p>DESPLAZAMIENTO (Ambas Orugas): Con ambos puños delante del cuerpo haciendo un movimiento circular uno alrededor del otro, indicando la dirección del movimiento hacia delante o hacia atrás.</p>	<p>DESPLAZAMIENTO (una oruga): Bloquear la oruga del lado indicado por el puño levantado. El desplazamiento de la otra oruga se indica por movimiento del otro puño, haciéndolo girar verticalmente ante el cuerpo.</p>	<p>PARADA DE EMERGENCIA: Brazos Extendidos, palmas hacia abajo y mantener la postura rígida, llevando los antebrazos hacia el frente.</p>

		
<p>EXTENDER LA PLUMA (una mano): Un puño delante del cuerpo con el pulgar apuntando hacia dentro y la otra mano sosteniendo el cable guía de la carga.</p>	<p>RETRAER LA PLUMA (una mano): Un puño delante del cuerpo con el pulgar apuntando hacia afuera y la otra mano sosteniendo el cable guía de la carga.</p>	<p>DESPLAZAR SOBRE TROLLEY (Grúa Puente): Puño cerrado con el pulgar apuntando hacia la dirección de desplazamiento del Trolley.</p>
		
<p>UTILIZAR TROLLEYS MULTIPLES (Grúa Puente): Puño cerrado con los dedos índice y anular extendidos.</p>		<p>DESCONECTANDO ELECTRO IMAN (Grúa Puente): Ambos brazos extendidos horizontalmente desde la Cabina de la Grúa.</p>

Fuente: *Proyectos y construcciones Lugano(2019)*