

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**ANÁLISIS COMPARATIVO CBA DEL PLANEAMIENTO Y
EJECUCIÓN DE ESTRUCTURAS PREFABRICADAS
METÁLICAS VS EL SISTEMA CONVENCIONAL IN SITU
PARA EDIFICACIONES RESIDENCIALES**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

SANTIAGO TORBISCO PERICHE

ASESOR

Ing. HERNÁN AGUSTÍN ARBOCCÓ VALDERRAMA

LIMA - PERÚ

2023

© 2023, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados
**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos.”**
TORBISCO PERICHE, Santiago
storbiscop@uni.pe

DEDICATORIA

A mis padres Santiago y Yolanda

Por su amor incondicional, su apoyo a lo largo de toda mi etapa universitaria, y por sus sabios consejos para cumplir mis metas.

A mi hermano Fabrizio

Quien con su llegada cambio mi mundo por completo, por su amor infinito, su apoyo emocional y por ayudarme a superar esos momentos de estrés que se presentan en el día a día.

Todo lo logrado por mí no hubiese sido posible sin sus presencias en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Ingeniería, mi “Alma Mater”; por la excelente calidad de enseñanza impartida por los profesores de la Facultad de Ingeniería Civil, la formación como profesional, los valores inculcados en mí y por mostrarme a la Ingeniería Civil como una carrera de servicio al país.

A mi asesor el Ing. Hernán Agustín Arboccó Valderrama, por ser un ejemplo como persona y profesional, por su constante seguimiento, dedicación, motivación, recomendaciones y por el tiempo brindado al desarrollo de la presente investigación. Ha sido un gusto ser su alumno y haber recibido su asesoramiento.

Al Sr. Carlos Vasquez Peláez, por la confianza brindada en mi trabajo para los proyectos realizados, y por brindarme la posibilidad de elaborar esta investigación a partir de los datos del diseño del proyecto.

A mis amigos del “Club tenis de mesa UNI”, por ayudarme a superar emocionalmente la etapa universitaria, y por los gratos momentos de diversión y desafíos deportivos compartidos.

A mis amigos de la Facultad de Ingeniería Civil, por el apoyo emocional y académico brindado de unos a otros para superar la exigente enseñanza impartida por los docentes, y por todos los momentos compartidos dentro y fuera de las aulas.

A mis familiares y amigos que creyeron en mí, algunos presentes desde el inicio de mi etapa universitaria y otros a quienes tuve el gusto de conocer en el proceso, todos ellos brindándome su constante apoyo emocional en esta etapa final de mi vida universitaria de antegrado.

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT.	6
PRÓLOGO	7
LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	19
1.1 GENERALIDADES	19
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN .	21
1.2.1 Problema general	24
1.2.2 Problemas específicos	24
1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	25
1.3.1 Objetivo general	25
1.3.2 Objetivos específicos	25
1.4 HIPÓTESIS DEL ESTUDIO	25
1.4.1 Hipótesis general	25
1.4.2 Hipótesis específicas	25
1.5 DELIMITACIÓN	26
1.5.1 Alcance	26
1.5.2 Espacio	26
1.5.3 Tiempo	27
1.5.4 Contenido	27
1.6 METODOLOGÍA	28
1.6.1 Enfoque y diseño	28
1.6.2 Métodos y procedimientos	28
1.6.3 Técnicas de recolección de datos	29
1.6.4 Técnicas de tratamiento de datos	29
CAPÍTULO II: MARCOS TEÓRICO Y CONCEPTUAL	30
2.1 MARCO TEÓRICO	30
2.1.1 Origen e historia de la prefabricación en la construcción . . .	30

2.1.2	Sistema constructivo convencional con concreto vaciado in situ	32
2.1.3	Sistema constructivo industrializado	33
2.1.4	Sistema constructivo industrializado en el Perú	38
2.1.5	Sostenibilidad en la construcción industrializada	40
2.1.6	Huella de carbono	43
2.1.7	Acero en la construcción	43
2.1.8	Estructuras metálicas	45
2.1.9	Conexiones en estructuras metálicas	51
2.1.10	Armadura prearmada - ACEDIM	53
2.1.11	Losas y placas colaborantes	55
2.1.12	Métodos de toma de decisiones de ingeniería	59
2.1.13	Sistema de toma de decisiones - Elección por Ventajas (CBA)	60
2.2	MARCO CONCEPTUAL	62
2.2.1	Industrialización en la construcción	62
2.2.2	Productividad	62
2.2.3	Elementos prefabricados	63
2.2.4	Gestión de riesgos	63
2.2.5	IPRA	64
2.2.6	Seguridad y salud en el trabajo - IPERC	65
2.2.7	Huella de carbono	66
2.2.8	Método tabular CBA	67
CAPÍTULO III: PROCESOS DE DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y FABRICACIÓN DE UN EDIFICIO PREFABRICADO DE METAL		69
3.1	ESTUDIO GEOTÉCNICO	69
3.1.1	Objetivos del estudio geotécnico	69
3.1.2	Fases del estudio geotécnico	70
3.1.3	Importancia del estudio geotécnico	70
3.2	DISEÑO ARQUITECTÓNICO	70
3.2.1	Pasos del diseño arquitectónico	71
3.2.2	Consideraciones en el diseño arquitectónico para edificaciones con componentes prefabricados	71
3.3	DISEÑO ESTRUCTURAL	72
3.3.1	Consideraciones en el diseño estructural	73
3.3.2	Pasos del diseño estructural	73

3.3.3	Consideraciones en el diseño estructural para edificaciones con estructuras metálicas	73
3.4	PLANEAMIENTO	78
3.4.1	Reconocer el alcance	78
3.4.2	Definir la sectorización y ritmo	79
3.4.3	Estructurar la secuencia de actividades	80
3.4.4	Balancear los recursos del plan	80
3.4.5	Elaborar el cronograma de trabajo	80
3.4.6	Otros resultados del planeamiento	82
3.5	PROCESOS DE LA ARMADURA PREARMADA - ACEDIM	82
3.5.1	Ingeniería de detalle BIM	83
3.5.2	Despiece y metrado	84
3.5.3	Abastecimiento	85
3.5.4	Fabricación	85
3.5.5	Transporte	86
3.5.6	Almacenamiento en obra	87
3.5.7	Instalación	88
3.6	PROCESOS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA	88
3.6.1	Diseño	89
3.6.2	Laminado de perfiles	89
3.6.3	Fabricación de los elementos	89
3.6.4	Transporte	91
3.6.5	Almacenamiento	92
3.6.6	Montaje	93
3.7	PROCESOS DE LA LOSA COLABORANTE	95
3.7.1	Diseño y fabricación	96
3.7.2	Logística de entrega	98
3.7.3	Instalación y ejecución	99
CAPÍTULO IV: CASOS DE ESTUDIO		105
4.1	EDIFICIO PREFABRICADO CON ESTRUCTURAS METÁLICAS	105
4.1.1	Descripción del proyecto	106
4.1.2	Estudio geotécnico	107
4.1.3	Proyecto arquitectónico	108
4.1.4	Diseño estructural	110
4.1.5	Planeamiento	114

4.1.6	Procedimiento constructivo, seguimiento y control de elementos prefabricados	121
4.2	EDIFICIO RESIDENCIAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU . .	138
4.2.1	Descripción del proyecto	138
4.2.2	Estudio geotécnico	139
4.2.3	Proyecto arquitectónico	140
4.2.4	Diseño estructural	141
4.2.5	Planeamiento	145
4.2.6	Procedimiento constructivo	147
	CAPÍTULO V: ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO	148
5.1	ANÁLISIS CUALITATIVO	148
5.1.1	Resultados	149
5.2	ANÁLISIS CUANTITATIVO	153
5.2.1	Presupuesto	153
5.2.2	Cronograma de ejecución	162
5.2.3	Gestión de riesgos del proyecto	163
5.2.4	Seguridad ocupacional – IPERC	175
5.2.5	Análisis de sostenibilidad – Huella de carbono	184
5.2.6	Mano de obra	189
5.3	RESUMEN DE VARIABLES	191
	CAPÍTULO VI: ANÁLISIS COMPARATIVO MEDIANTE EL SISTEMA CBA .	193
6.1	COMPARACIÓN CON EL MÉTODO TABULAR CBA	193
6.1.1	Caso 1	195
6.1.2	Caso 2	198
6.1.3	Caso 3	201
6.2	RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS FINALES	203
	CONCLUSIONES	205
	RECOMENDACIONES	208
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	210
	ANEXOS	215

RESUMEN

La presente investigación tiene la finalidad de servir como guía para la aplicación de la Elección por Ventajas (CBA) en la decisión de construir edificios y en brindar datos reales de planificación y ejecución en el caso de la implementación de estructuras metálicas, así como recomendaciones generales para todo el proceso.

Se implementa la Elección por Ventajas (CBA) aplicándola a un tipo de edificación a desarrollar, teniendo como alternativas una edificación residencial con estructuras metálicas y una edificación residencial convencional con concreto vaciado in situ, para esto se analiza solo la especialidad de estructuras. Se definen las principales características o factores que se analizan: análisis cualitativo (diversas características), tiempo de ejecución, presupuesto, gestión de riesgos del proyecto, seguridad ocupacional mediante la matriz IPERC, análisis de sostenibilidad mediante la metodología de la huella de carbono, y mano de obra.

En los primeros capítulos se detallan las características generales de ambas edificaciones; el origen y evolución de la construcción industrializada; las ventajas y procesos en la aplicación de la Elección por Ventajas (CBA); así como términos y procesos propios de las edificaciones con estructuras metálicas, implementando el acero de refuerzo prearmado y losas colaborantes en su diseño y ejecución. También se mencionan los procesos y consideraciones en el desarrollo del planeamiento para ambos tipos de edificaciones. Posteriormente se muestran las características de las alternativas de proyectos (edificaciones residenciales de 6 y 5 niveles), y se desarrolla el análisis de su planeamiento y de sus principales características. También se mencionan las consideraciones que se tuvieron presentes para la ejecución de la edificación residencial con estructuras metálicas, y recomendaciones para su mejora, obtenidas al final de la construcción.

En los resultados se evalúan 3 situaciones para la aplicación del método tabular CBA, resultando en todas ellos como mejor alternativa la edificación con estructuras metálicas, esto debido a que presenta más ventajas significativas: 18% respecto a las ventajas cualitativas, 4.78 veces más rápida, 15% (respecto a la utilidad de cada proyecto) de ahorro en los costos de los riesgos de proyecto materializados, 4.19 veces menos horas hombre por m²; mientras la edificación convencional con concreto vaciado in situ presenta solo una ventaja significativa: 16.73% menos emisión de CO₂ considerando la fabricación de los materiales, el funcionamiento de la maquinaria en obra y la mano de obra. Para la magnitud de los proyectos evaluados, los costos presentan una ventaja de S/ 91.84/m² favoreciendo a la construcción con estructuras metálicas (S/ 562.13/m² versus S/ 653.97/m²). La seguridad ocupacional (IPERC) no tiene una ventaja significativa por lo que se descarta este factor para el análisis CBA.

ABSTRACT

The present investigation has the purpose of serving as a guide for the application of the Choice by Advantages (CBA) in the decision to build buildings and to providing real planning and execution data in the case of the implementation of metallic structures, as well as general recommendations for the whole process.

The Choice by Advantages (CBA) is implemented by applying it to a type of building to be developed, having as alternatives a residential building with metal structures and a conventional residential building with cast-in-place concrete, for this only the specialty of structures is analyzed. The main characteristics or factors that are analyzed are defined: qualitative analysis (various characteristics), execution time, budget, project risk management, occupational safety through the IPERC matrix, sustainability analysis through the carbon footprint methodology, and workforce.

The first chapters detail the general characteristics of both buildings; the origin and evolution of industrialized construction; the advantages and processes in the application of the Choice by Advantages (CBA); as well as terms and processes typical of buildings with metal structures, implementing pre-assembled reinforcing steel and steel deck in its design and execution. The processes and considerations in the development of planning for both types of buildings are also mentioned. Subsequently, the characteristics of the project alternatives (residential buildings of 6 and 5 levels), are shown and the analysis of their planning and their main characteristics is developed. The considerations that were taken into account for the execution of the residential building with metallic structures, and recommendations for its improvement, obtained at the end of the construction, are also mentioned.

In the results, 3 situations are evaluated for the application of the CBA tabular method, resulting in all of them as the best alternative to building with metallic structures, this because it presents more significant advantages: 18% with respect to the qualitative advantages, 4.78 times faster, 15% (with respect to the profit of each project) of savings in the costs of materialized project risks, 4.19 times fewer man-hours per m^2 ; while the conventional building with cast-in-place concrete presents only one significant advantage: 16.73% less CO_2 emission considering the manufacture of the materials, the operation of the machinery on site and the workforce. For the magnitude of the projects evaluated, the costs present an advantage of S/ 91.84/ m^2 favoring construction with metallic structures (S/ 562.13/ m^2 versus S/ 653.97/ m^2). Occupational safety (IPERC) does not have a significant advantage, so this factor is discarded for the CBA analysis.

PRÓLOGO

El presente estudio es de mucha importancia al servir como base para analizar las ventajas de un sistema de construcción esquelético con estructuras de acero propuesto para su uso en edificios de vivienda, frente a un sistema de construcción convencional de concreto armado, lo que permitirá facilitar la elección de la mejor alternativa, estando más cerca cada día de aplicar la construcción industrializada en el país en una mayor cantidad.

En el primer capítulo se presenta la descripción del estudio que se propone, los alcances y la metodología a seguir, los procedimientos y las técnicas de recolección y tratamiento de datos. Se detalla los edificios a analizar, el de sistema convencional construido en la ciudad de Huancayo, cuyo proyecto de cimentación se adecuará a fin de compararlo con el edificio con sistema esquelético, construido en el distrito de Lurín, provincia de Lima.

En el segundo capítulo se trata los Marcos Teórico y Conceptual, sobre la prefabricación, las estructuras metálicas, conexiones, el acero dimensionado, armadura prearmada, losas colaborantes, la productividad con seguridad, gestión de riesgos de proyectos, sostenibilidad en la construcción y el método tabular CBA.

En el tercer capítulo se ven los aspectos de diseño, ingeniería de detalle BIM, la planificación, abastecimiento, fabricación, transporte, y la colocación o montaje de los diferentes componentes, para luego entrar a los casos de estudio y analizarlos aplicando el método tabular CBA para la toma de decisiones, con base en las características más relevantes, que generen más valor y que sean más importantes, para finalmente mostrar las Conclusiones y Recomendaciones a tener en cuenta para la elección de la alternativa que resulte más conveniente, en función de los aspectos analizados y a la disponibilidad de recursos económicos que siempre serán determinantes, ya que al utilizar estructuras con componentes prefabricados se requerirá fabricarlos al inicio de la ejecución y una consecuente mayor inversión inicial.

El Asesor

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 4.1	Áreas del proyecto general – Edificios con estructuras metálicas	107
Tabla N° 4.2	Áreas de Torre 1	107
Tabla N° 4.3	Parámetros de resistencia del suelo – Edificios con estructuras metálicas	108
Tabla N° 4.4	Modulación de habitaciones por piso - Torre 1	109
Tabla N° 4.5	Elementos estructurales de concreto armado - Torre 1	113
Tabla N° 4.6	Representación gráfica de etapas del proyecto	115
Tabla N° 4.7	Estimación del ritmo de las actividades 1 - Torre 1	118
Tabla N° 4.8	Estimación del ritmo de las actividades 2 - Torre 1	118
Tabla N° 4.9	Parte de los recursos asignados para la Torre 1	120
Tabla N° 4.10	Rendimiento del acero de refuerzo en cimentaciones - Torre 1	124
Tabla N° 4.11	Rendimientos generales de la especialidad de estructuras - Torre 1	125
Tabla N° 4.12	Panel fotográfico de la colocación de la armadura prearmada - ACEDIM	132
Tabla N° 4.13	Panel fotográfico de la colocación de las estructuras metálicas	135
Tabla N° 4.14	Panel fotográfico de la colocación de las placas colaborantes	137
Tabla N° 4.15	Áreas de la edificación con concreto vaciado in situ	140
Tabla N° 4.16	Diseño de la cimentación original – Edificación con concreto vaciado in situ	142
Tabla N° 4.17	Cargas en columna C10 – Edificación con concreto vaciado in situ	144
Tabla N° 4.18	Variables en el rediseño de la cimentación – Edificación con concreto vaciado in situ	144
Tabla N° 4.19	Rediseño de la cimentación – Edificación con concreto vaciado in situ	145
Tabla N° 5.1	Aspectos cualitativos sujetos a evaluación	148
Tabla N° 5.2	Resumen de comparación cualitativa	150
Tabla N° 5.3	Justificación de encuesta de Análisis cualitativo	151
Tabla N° 5.4	Metrado de acero de refuerzo en Torre 1	154
Tabla N° 5.5	Porcentaje de costos de las etapas de las estructuras metálicas	155
Tabla N° 5.6	Resumen del presupuesto de la edificación con estructuras metálicas - Torre 1	156

Tabla N° 5.7	Costos por metro cuadrado de edificación con estructuras metálicas - Torre 1	156
Tabla N° 5.8	Resumen del presupuesto de la edificación con concreto vaciado in situ	159
Tabla N° 5.9	Costos por metro cuadrado de la edificación con concreto vaciado in situ	159
Tabla N° 5.10	Comparación de costos de la cimentación	160
Tabla N° 5.11	Áreas de equilibrio de costos según la cantidad de pisos .	162
Tabla N° 5.12	Resumen de cronogramas de ejecución	163
Tabla N° 5.13	Resumen de matriz de riesgos de la edificación con estructuras metálicas - Torre 1	166
Tabla N° 5.14	Cuantificación de los riesgos de la edificación con estructuras metálicas - Torre 1	168
Tabla N° 5.15	2 ^{da} Opción de la cuantificación de los riesgos de la edificación con estructuras metálicas - Torre 1	169
Tabla N° 5.16	Resumen de matriz de riesgos de la edificación con concreto vaciado in situ	170
Tabla N° 5.17	Cuantificación de los riesgos de la edificación con concreto vaciado in situ	172
Tabla N° 5.18	2 ^{da} Opción de la cuantificación de los riesgos de la edificación con concreto vaciado in situ	173
Tabla N° 5.19	Asignación de puntaje a la probabilidad - Índice de personas expuestas	176
Tabla N° 5.20	Asignación de puntaje a la probabilidad - Índice de procedimiento	176
Tabla N° 5.21	Asignación de puntaje a la probabilidad - Índice de capacitación	176
Tabla N° 5.22	Asignación de puntaje a la probabilidad - Índice de exposición al riesgo	177
Tabla N° 5.23	Asignación de puntaje - Índice de severidad	177
Tabla N° 5.24	Estimación del nivel del riesgo de seguridad ocupacional .	177
Tabla N° 5.25	Resumen de matriz IPERC – Edificación con estructuras metálicas	178
Tabla N° 5.26	Cuantificación de la matriz IPERC – Edificación con estructuras metálicas	180
Tabla N° 5.27	Resumen de matriz IPERC – Edificación con concreto vaciado in situ	181
Tabla N° 5.28	Cuantificación de la matriz IPERC – Edificación con concreto vaciado in situ	182

Tabla N° 5.29 Resumen del análisis de Huella de carbono - Edificación con estructuras metálicas	186
Tabla N° 5.30 Resumen del análisis de Huella de carbono - Edificación con concreto vaciado in situ	187
Tabla N° 5.31 Comparación de los análisis de Huella de Carbono	189
Tabla N° 5.32 Resumen comparativo de mano de obra	191
Tabla N° 5.33 Resumen de comparación de variables cualitativas y cuantitativas	192
Tabla N° 6.1 Factores anulados por el principio de anclaje	193
Tabla N° 6.2 Parte objetiva del análisis CBA - Total de factores	194
Tabla N° 6.3 Análisis tabular CBA - Caso 1	197
Tabla N° 6.4 Análisis tabular CBA - Caso 2	200
Tabla N° 6.5 Análisis tabular CBA - Caso 3	202

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.1	Ubicación del proyecto de edificaciones residenciales con estructuras metálicas	27
Figura N° 2.1	Construcciones antiguas de piedra	30
Figura N° 2.2	Evolución del uso de prefabricados en viviendas de Europa	32
Figura N° 2.3	Características del sistema constructivo convencional con concreto vaciado in situ	33
Figura N° 2.4	Recomendaciones para industrializar la construcción . . .	37
Figura N° 2.5	Uso de prelosas en construcción de supermercado	38
Figura N° 2.6	Uso de armadura prearmada - ACEDIM	39
Figura N° 2.7	Ciclo de vida de una obra de construcción	41
Figura N° 2.8	Uso del acero en la construcción	44
Figura N° 2.9	Uso del acero en la Biblioteca Central de la UNI	45
Figura N° 2.10	Efectos del carbono en la soldabilidad del acero	46
Figura N° 2.11	Perfiles de acero estructural.	47
Figura N° 2.12	Edificaciones de estructuras metálicas en el Perú	48
Figura N° 2.13	Taller de fabricación de estructuras metálicas de SC Ingeniería y Construcción	51
Figura N° 2.14	Conexiones con remache y con soldadura	52
Figura N° 2.15	Conexiones empernadas	53
Figura N° 2.16	Tipos de armaduras prefabricadas	54
Figura N° 2.17	Fabricación de placas colaborantes a partir de bobinas de acero	56
Figura N° 2.18	Elementos del sistema losa colaborante con estructuras metálicas	57
Figura N° 2.19	Tipos de acabados con el sistema de losa colaborante . .	59
Figura N° 2.20	Aplicaciones de losa colaborante con Acero-Deck	60
Figura N° 2.21	Modelo de causa y efecto de la toma de decisiones	60
Figura N° 2.22	Estrategias de respuestas ante los riesgos del proyecto .	64
Figura N° 2.23	Pasos del sistema de Elección por ventajas (CBA)	68
Figura N° 3.1	Unión de columna de metal con columna de concreto - Edificación con estructuras metálicas	74
Figura N° 3.2	Pórtico concéntricamente arriostrado - Edificación con estructuras metálicas	76
Figura N° 3.3	Planeamiento del sistema de producción	78
Figura N° 3.4	Diagrama de red de actividades	80
Figura N° 3.5	Ejemplo de balance de recursos en mano de obra	81
Figura N° 3.6	Tipos de cronogramas	81

Figura N° 3.7	Proceso tradicional de colocación de acero de refuerzo	83
Figura N° 3.8	Procesos en la armadura prearmada - ACEDIM	83
Figura N° 3.9	Elaboración de ingeniería de detalle BIM de armadura prefabricada	84
Figura N° 3.10	Modelo de planillas de despiece	84
Figura N° 3.11	Identificación de los tipos de acero de refuerzo	85
Figura N° 3.12	Fabricación de la armadura prearmada de una columna	86
Figura N° 3.13	Calificación para escolta según dimensiones del vehículo y/o mercancía	87
Figura N° 3.14	Colocación de armadura prefabricada verificada con apoyo del modelo BIM	88
Figura N° 3.15	Ejemplo de hoja de seguimiento de estado de elementos	89
Figura N° 3.16	Material metálico habilitado para fabricación	90
Figura N° 3.17	Proceso de fabricación de elementos metálicos	91
Figura N° 3.18	Elementos metálicos fabricados y listos para transportar	91
Figura N° 3.19	Ejemplo de escolta para transporte de carga ancha	92
Figura N° 3.20	Transporte de escalera metálica	92
Figura N° 3.21	Descarga y almacenamiento de estructuras metálicas a pie de su montaje	93
Figura N° 3.22	Conexión de columna metálica con anclajes	94
Figura N° 3.23	Montaje con grúa y eslinga	94
Figura N° 3.24	Montaje de elementos livianos con polea sujeta a la viga superior	95
Figura N° 3.25	Procesos de la losa colaborante	96
Figura N° 3.26	Sección de tipos de perfiles de placa colaborante	97
Figura N° 3.27	Disposición de placas en su transporte a obra	98
Figura N° 3.28	Izaje de placas colaborantes	99
Figura N° 3.29	Vista frontal de colocación de placas colaborantes	100
Figura N° 3.30	Fijación de placas colaborantes con pernos autoperforantes	101
Figura N° 3.31	Proceso de instalación de conectores de corte	102
Figura N° 3.32	Soldadura especial con equipo Nelweld – 6000	102
Figura N° 3.33	Instalación de tuberías por debajo de losas colaborantes	103
Figura N° 4.1	Torre 1 de edificios con estructuras metálicas concluida	105
Figura N° 4.2	Esquema general del proyecto de edificios de estructuras metálicas	106
Figura N° 4.3	Sistema de tabiquería de drywall en Torre 1	110
Figura N° 4.4	Detalle de pernos de anclaje - Edificio con estructuras metálicas	111
Figura N° 4.5	Especificaciones de pintura de estructuras metálicas	111
Figura N° 4.6	Vista 3D del análisis de resistencia (LRFD) de la Torre 1	112

Figura N° 4.7	Perfil típico de losa colaborante	112
Figura N° 4.8	Visualización de la superestructura metálica de la Torre 1	114
Figura N° 4.9	Secuencia de avance del proyecto – Edificios con estructuras metálicas	116
Figura N° 4.10	Sectorización de la Torre 1	117
Figura N° 4.11	Parte de la secuencia de actividades planteadas para la Torre 1 - Tren de actividades	119
Figura N° 4.12	Curva Horas - Hombre versus tiempo para la Torre 1	121
Figura N° 4.13	Modelado del acero de refuerzo en zapata - Torre 1	123
Figura N° 4.14	Diseño y verificación de la armadura prearmada - ACEDIM	126
Figura N° 4.15	Tabla extraída de la hoja excel HCAP	126
Figura N° 4.16	Ejemplo de consulta sobre el diseño de armadura en el programa Trimble Connect	127
Figura N° 4.17	Pernos embebidos en pedestal con concreto fresco en Torre 1	127
Figura N° 4.18	Ajuste de pernos con pistola de impacto en Torre 1	128
Figura N° 4.19	Conectores de corte colocados en Torre 1	129
Figura N° 4.20	Diseño de refuerzo en ductos	130
Figura N° 4.21	Llegada a obra de parrilla inferior de zapatas - armadura prearmada soldada en Torre 1	131
Figura N° 4.22	Colocación de la armadura prearmada - ACEDIM	131
Figura N° 4.23	Pernos sujetos por toperas soldadas a la placa modelo	133
Figura N° 4.24	Resane de pintura de estructuras metálicas	133
Figura N° 4.25	Espacio entre columna de metal y columna de concreto	134
Figura N° 4.26	Armado 2D en el suelo de las estructuras metálicas	134
Figura N° 4.27	Acero de refuerzo en ducto	136
Figura N° 4.28	Vista 3D de la edificación con concreto vaciado in situ	139
Figura N° 4.29	Diseño arquitectónico de edificación con concreto vaciado in situ	141
Figura N° 4.30	Sectorización de la edificación con concreto vaciado in situ	146
Figura N° 4.31	Curva Horas-Hombre versus tiempo para la edificación con concreto vaciado in situ	147
Figura N° 5.1	Cadena de valor de aspectos cualitativos	149
Figura N° 5.2	Gráfica comparativa de costos totales	161
Figura N° 5.3	Gráfica comparativa de costos por metro cuadrado	161
Figura N° 5.4	Gráfica comparativa de tiempos de ejecución	163
Figura N° 5.5	Niveles de riesgo según su impacto y probabilidad	164
Figura N° 5.6	Cuadros para identificar los niveles de impacto y probabilidad	165

Figura N° 5.7 Respuestas frecuentes a los riesgos según su impacto y frecuencia	167
---	-----

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

SÍMBOLOS

$\$/USA$: Dólares americanos

CO_2 : Dióxido de carbono

SIGLAS

3CV + 2	: Modelo de calidad para la construcción de viviendas
3D	: Tres dimensiones
5S	: Técnica de gestión: Seiri (sentido de clasificación), Seiton (sentido de organización), Seiso (sentido de limpieza), Seiketsu (sentido de normalización), y Shitsuke (sentido de disciplina)
ACEDIM	: Acero de refuerzo dimensionado
ACI	: American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto)
AHP	: Analytic hierarchy process (Proceso analítico jerárquico)
AISC	: American Institute of Steel Construction (Instituto Americano de Construcción en Acero)
AISI	: American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del Hierro y el Acero)
ANSI	: American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Estándares)
ASTM	: American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
ATS	: Análisis de trabajo seguro
AWS	: American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura)
BCRP	: Banco Central de Reserva de Perú
BIM	: Building information modeling (modelado de información para la construcción)
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method (Método de evaluación del comportamiento medioambiental de los edificios)
CAPECO	: Cámara Peruana de Construcción
CBA	: Choosing by advantages (Elección por ventajas)
CII	: Construction Industry Institute (Instituto de la Industria de la Construcción)
CLASP	: Consortium of local authorities special program (programa especial del consorcio de entidades locales)
E030	: RNE Norma E030 "Diseño sísmoresistente"
E050	: RNE Norma E050 "Suelos y cimentaciones"
E090	: RNE Norma E090 "Estructuras metálicas"

EBF	: Eccentrically Braced Frame (pórticos excéntricamente arriostrados)
EDGE	: Excellence in Design for Greater Efficiencies (Excelencia en el diseño para mayores eficiencias)
EDT	: Estructura de descomposición del trabajo
EPP	: Equipo de protección personal
ERA	: European Rental Association (Asociación Europea de Alquiler)
FR	: Fully Restricted (completamente restringida)
G050	: NTE Norma G050 “Seguridad durante la construcción”
GEI	: Gases de efecto invernadero
GHGP	: Greenhouse Gas Protocol (Protocolo de gases de efecto invernadero)
HCAP	: Hoja de control de avance del proyecto
IBC	: International Building Code (Código Internacional de Construcción)
IMF	: Intermediate Moment Frame (pórticos intermedios resistentes a momentos)
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
IoT	: Internet of things (internet de las cosas)
IPERC	: Identificación de peligros, evaluación de riesgos y medidas de control
IPRA	: International project risk assessment (Evaluación de riesgos de proyectos internacionales)
ISO	: International Organization for Standardization (Organización Internacional de Estandarización)
ISO 9000	: Norma ISO “Sistemas de gestión de calidad”
ISO 14067	: Norma ISO “Huella de carbono”
ISO 14069	: Norma ISO “Gases de efecto invernadero”
ITINTEC	: Instituto de Investigación Tecnológica y Normas Técnicas
ITS	: Informe técnico de suelos
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design (Liderazgo en energía y diseño ambiental)
Lopofa	: Logements populaires et familiaux (viviendas populares y familiares)
MGI	: McKinsey Global Institute (Instituto Global McKinsey)
MTC	: Ministerio de Transporte y Comunicaciones
OCBF	: Ordinary Concentrically Braced Frame (pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados)

OMF	: Ordinary Moment Frame (pórticos ordinarios resistentes a momentos)
OMS	: Organismo Mundial de la Salud
PAS 2050	: Norma BSI PAS 2050 “Verificación de la Huella de Carbono”
PBI	: Producto bruto interno
Pert-CPM	: Program Evaluation and Review Technique – Critical Path Method (técnica de revisión y evaluación de programas – método de la ruta crítica)
PETAR	: Procedimiento escrito para trabajos de alto riesgo
PETS	: Procedimiento escrito de trabajo seguro
PMBOK	: Project management body of knowledge (Cuerpo de conocimientos de la gestión de proyectos)
PMI	: Project Management Institute (Instituto de gestión de proyectos)
PR	: Partially Restrained (parcialmente restringida)
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones
SAC	: Programa de investigación analítico-experimental (las siglas surgen del nombre de las tres organizaciones norteamericanas que forman el consorcio: SEAOC, ATC y CUREE)
SAE	: Society of Automotive Engineers (Sociedad de ingenieros de automoción)
SCBF	: Special Concentrically Braced Frame (pórticos especiales concéntricamente arriostrados)
SENCICO	: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción
SMF	: Special Moment Frame (pórticos especiales resistentes a momentos)
SST	: Seguridad y salud en el trabajo
SUCS	: Unified Soil Classification System (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)
T_L	: Periodo que define el inicio de la zona del factor C.
T_P	: Periodo que define la plataforma del factor C
UIT	: Unidad Impositiva Tributaria
UNI	: Universidad Nacional de Ingeniería
USGBC	: United States Green Building Council (Consejo de la Construcción Ecológica de Estados Unidos)
VDC	: Virtual Design and Construction (metodología de diseño y construcción virtual)

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El sector construcción está en constante cambio debido a las nuevas tecnologías que van surgiendo, incidiendo desde la concepción del proyecto, el diseño, y la posterior construcción, inspección y mantenimiento. Estas herramientas, tecnologías y metodologías, son el sustento de la necesaria transformación disruptiva de la gestión de procesos y organizaciones en la industria de la construcción, en búsqueda de la mejora de la eficacia y eficiencia de los proyectos (Costos, 2020a).

Estos cambios en la construcción son consecuencia de una llamada construcción 4.0, la cual está ligada a la industrialización 4.0, que surge ante el gran avance de la inteligencia artificial y la digitalización de la vida cotidiana. El centro tecnológico Tecalia (2017) menciona tres características principales de la construcción 4.0 (Sisternes, 2020):

- Correlación entre el diseño y la ejecución lo más fidedigna posible, gracias al empleo del BIM, blockchain y la realidad virtual.
- Procesos basados en la prefabricación personalizada y el “residuo cero”. La impresión 3D de materiales y edificios.
- Tener edificios y ciudades interactivas. Tener presente la electrónica en los procesos constructivos y la gestión de las ciudades, implementando el internet de las cosas (IoT).

Centrándose en la característica de la prefabricación personalizada y el residuo cero, se llega a desarrollar la industria de los prefabricados, la cual busca la industrialización de los procesos y conceptualizar la construcción como una industria manufacturera. Ver las obras como fábricas, y los procesos constructivos como procesos productivos que industrializar, para posteriormente implementar tecnologías que sean motivo de mejoras en los procesos (Diez, 2019).

Existen estudios fundamentados de MGI (2017) sobre la aplicación de la construcción 4.0 que aseguran que la construcción podría incrementar por 5, o incluso por 10 su productividad, si adquiere un estilo de producción similar a la de la industria manufacturera y hace su transición tecnológica hacia la automatización y el uso del dato (Barbosa, Woetzel, y Mischke, 2017) . Por tanto, la Construcción 4.0 pivota sobre dos pilares, la industrialización de los procesos constructivos y la incorporación de tecnologías emergentes.

España es uno de los países punteros históricamente en la implementación de elementos prefabricados. Pons (2010), en su investigación realiza un repaso histórico de la implementación de la construcción industrializada, aplicada a la construcción de escuelas en Cataluña, dando reflexiones y recomendaciones en el uso de sistemas de construcción prefabricados; los primeros ejemplos datan de los años 1950; García (1955) con la empresa Durisol construyó 5 centros de estudios mediante sistemas industrializados en el campo de Gibraltar, la empresa Modulteu (1969-1973) implantó el sistema británico CLASP para la construcción de escuelas, el cual consistía en un sistema de estructura metálica modulada; la industria fue desarrollándose hasta los años 2000 donde se aplican tecnologías más avanzadas de los sistemas industrializados, como el sistema Pilbat, que son módulos plegables metálicos con una mayor flexibilidad en el diseño y con capacidad de desmontarse.

Con el objetivo de promover el uso de elementos prefabricados en la construcción, en el Perú se han realizado diversas investigaciones. Páucar (2011) en su investigación, realiza un análisis comparativo de una construcción convencional de concreto vaciado in situ versus un sistema con elementos prefabricados de concreto en la construcción de un supermercado, concluyendo en un ahorro de costos (6.4%) en la construcción con concreto prefabricado, menor tiempo de ejecución en la estructura, se emplea 8 semanas para la construcción in situ de 3,242 m², comparada con 6 semanas para la construcción con elementos prefabricados en una edificación de 8,475 m²; y un número de trabajadores pico de 200 personas a tan solo 19 en la construcción con elementos prefabricados. Bendezú (2018) también analiza la mejora de la productividad aplicando el sistema de losas prefabricadas, prelosa, en un edificio de 20 pisos y 4 sótanos, comparándolo con la ejecución de un sistema de losas convencional, llegando a la conclusión que se logra un ahorro de costos (S/ 55,950.51 – 30% menor), menor tiempo de ejecución de operaciones (Izaje - De 27 a 16 minutos, Instalación – De 246 a 39 minutos y Tiempo muerto – De 39 a 25 minutos) y mejor control de la calidad de las losas para el sistema prefabricado.

También se han realizado investigaciones enfocándose exclusivamente en el uso de elementos prefabricados metálicos en el Perú. Tume (2019) realiza un análisis comparativo estructural y económico del diseño de un edificio residencial de concreto armado y acero de 6 pisos, enfocándose principalmente en la etapa de diseño estructural, donde se detalla paso a paso el diseño y no se identifican limitaciones significativas en seguridad o construcción para el uso de estructuras metálicas, su principal ventaja resulta en tener un menor volumen de losa de cimentación con un ahorro de costos de 38% en su realización, esto como consecuencia del menor peso que tienen los elementos metálicos frente al concreto. Con base en los diseños para cada tipo de edificación se realiza un

análisis económico a nivel de inversión de la especialidad de estructura y partida de tabiquería, resultando en un costo directo relativamente menor para la edificación con elementos metálicos (3%).

Por otra parte, también se resalta la importancia de la compatibilización de los componentes prefabricados con la arquitectura en los proyectos. Salas (2021) en su artículo menciona la importancia de buscar compatibilidad entre los componentes industrializados con el diseño arquitectónico, dotando de flexibilidad a los componentes y considerándolos desde la prefiguración arquitectónica. Un reto que tienen que asumir los proveedores de elementos prefabricados, los arquitectos y los ingenieros que participan en el diseño de la edificación.

La transformación de la construcción también implementa mejoras mediante la recopilación de datos, sea de proyectos similares para la toma de decisiones en el diseño y planificación, o de un mismo proyecto durante su ejecución para mejoras continuas. Estas decisiones generan acciones y finalmente se obtienen los resultados, en muchos casos no se reconoce que las decisiones tomadas fueron influenciadas por los métodos usados para la toma de decisiones.

En la actualidad muchas de las decisiones, en especial de empresas emergentes o pequeñas, son tomadas sin un análisis riguroso y sin un método adecuado. Las empresas pueden resultar beneficiadas teniendo un adecuado proceso de toma de decisiones transparente y colaborativo. El sistema de toma de decisiones de Elección por ventajas (CBA) brinda una mejor opción que la tradicional, al ser un sistema colaborativo, integrador y transparente. Como consecuencia, se tiene una mejora en los procesos de diseño y construcción, se evitan cambios tardíos, retrasos y dificultades en la realización del proyecto debido a una mala toma de decisiones.

Con base en lo expuesto, se reconoce que analizar la construcción de un edificio con elementos prefabricados comparándolo con el sistema tradicional hecho in situ, permitirá conocer datos cuantitativos y cualitativos de sus principales características, entre ellas la productividad, y así realizar un correcto análisis comparativo, todo esto con la finalidad de promover un mayor uso de este tipo de sistema de construcción y proponerlo para distintas problemáticas de la actualidad.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

El Perú y sus principales urbes presentan una alta demanda de viviendas frente a una oferta reducida, debido al alto aumento de la población. En algunos distritos alejados de la ciudad como Lurín, se desarrollan distintas actividades industriales, lo que ocasiona que grandes cantidades de trabajadores se dirijan hacia allí a diario para laborar; muchos de estos trabajadores llegan desde zonas lejanas,

como los distritos de Cercado Lima, San Juan de Lurigancho, Ate, Puente Piedra; viajando por hasta 4 horas diarias; una adecuada oferta de viviendas para alquiler mejoraría la calidad de vida de estas personas, permitiéndoles disfrutar más el tiempo, viviendo cerca de su zona de trabajo.

Diversos estudios predicen la llegada de un terremoto de gran intensidad (mayor a 8°) en la ciudad de Lima, esto en caso se llegue a romper el silencio sísmico de 277 años (el último sismo de gran intensidad de 8.8° ocurrido en Lima y Callao fue en el año 1,746). El número de afectados por este sismo no son alentadores, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (Cenepred, 2020) señala que solo en Lima y Callao el 76% de la población esta en un nivel de riesgo muy alto, siendo afectadas un total de 1'979,864 viviendas, ante este problema se llevan acabo distintas campañas de concientización sobre la construcción informal y el cómo actuar en caso de sismos con la finalidad de disminuir los daños, sumado a acciones de políticas públicas.

En caso de ocurrir el evento mencionado anteriormente, se espera una alta demanda de viviendas para refugio y/o albergue, tal y como lo ocurrido en diversos países como Francia posterior a la Segunda Guerra Mundial, país que implementó políticas de desarrollo de viviendas de forma masiva y rápida para satisfacer la alta demanda (operación LOPOFA).

El sector de la construcción en el Perú debe tener la posibilidad de satisfacer tales situaciones de altas demandas de viviendas, buscar ofrecer viviendas con los mismos o menores recursos, esto se traduce en la realización de productos de mayor calidad para los clientes, mayor rentabilidad para los contratistas y salarios más altos para los trabajadores. En consecuencia, es importante buscar una mejora de la productividad en la construcción, eficacia y eficiencia en los proyectos, dicha propuesta de mejora tiene que ser analizada también en conjunto con otros aspectos cuantitativos y cualitativos de la edificación, para así tomar una mejor decisión al decidir el sistema de construcción a emplear.

La productividad mundial viene creciendo a una media del 2.8% anual durante los últimos 20 años, sin embargo, la productividad del sector construcción viene creciendo en un ratio de 1% anual, comparándola con la industria manufacturera, esta tiene un crecimiento de 3.6% anual (Barbosa et al., 2017). Esto se debe a que la mayoría de las industrias han evolucionado en paralelo al avance tecnológico, logrando así una automatización e interoperabilidad en sus procesos, productos bajo el concepto de sostenibilidad y apoyarse del uso de la inteligencia artificial (transformación digital, big data, machine learning, IoT, entre otros).

Para solucionar este bajo aumento de la productividad se plantea actuar en 7 áreas específicas, las cuales ayudarían a aumentar entre un 50 a 60% la productividad (Barbosa et al., 2017):

1. Reformular la regulación normativa.
2. Reconfigurar el marco contractual para remodelar la dinámica de la industria.
3. Replantear los procesos de diseño e ingeniería.
4. Mejorar la gestión de las adquisiciones y la cadena de suministro.
5. Mejorar la ejecución in situ.
6. Infundir tecnología digital, nuevos materiales y automatización avanzada.
7. Capacitar a la fuerza laboral.

El primer ítem depende de las normas de regulación de los gobiernos, el segundo de las empresas involucradas. Respecto a los siguientes ítems se impulsan cambiando el sistema de ejecución de proyectos al uso de la prefabricación, con un equivalente de mejora en la productividad entre un 39 a 51% y un ahorro de los costos entre 12 a 23% (Barbosa et al., 2017).

La construcción podría avanzar hacia un sistema de producción en masa inspirado en la fabricación, en el que la mayor parte de un proyecto de construcción se realiza a partir de componentes estandarizados prefabricados fuera del sitio, en una fábrica o taller. La adopción de este enfoque ha sido limitada hasta ahora, aunque está aumentando. Los ejemplos de empresas que se están moviendo en esta dirección sugieren que es posible un aumento de la productividad de cinco a diez veces.

El uso de la prefabricación de elementos en el Perú y Sudamérica aún no se ha desarrollado al ritmo esperado, la productividad de la construcción en el Perú está por debajo de otros sectores según diversos estudios de productividad del BCRP. De las edificaciones existentes, pocas son industrializadas, en su gran mayoría los elementos prefabricados son de concreto, priorizando el acero para su empleo en almacenes industriales, hospitales, universidades, mas no tiene un uso común en edificios residenciales.

El poco desarrollo de la industria de los prefabricados en la construcción y especialmente con el acero, se debe a la poca difusión de proyectos realizados bajo esta tecnología en el Perú, generando así cierto grado de incertidumbre y el miedo a apostar por este nuevo sistema de producción. Existe información en otros países referentes a nuevos materiales y procesos constructivos, relacionados a la industrialización y prefabricación, si bien estos son de alto valor y contenido

tecnológico, no se adecúan al contexto del Perú, siendo en muchos casos incongruentes con la realidad social y tecnológica (normativas, disponibilidad de mano de obra, sismicidad, tipos de suelos, disponibilidad de materiales, productividad, entre otros), los proyectos de construcción son desafiados por la dispersión geográfica (muchas características dependen de su ubicación, las políticas y mercado del país donde se desarrollan), lo cual conlleva a la poca transparencia (se toman como referencia datos de proyectos realizados en distintos países o regiones) principalmente en cuanto a los costos relacionados.

La información que se tiene en el Perú se limita a datos cualitativos generales, y las pocas investigaciones del uso de prefabricados metálicos realizados en el Perú analizan su diseño y un menor porcentaje de estas se limitan solo al tiempo de ejecución y costos proyectados a nivel de planificación, dejando de lado otros factores importantes en el diseño y ejecución del proyecto como son la sostenibilidad, análisis de riesgos del proyecto, análisis de riesgos laborales, productividad, procesos constructivos, entre otros.

1.2.1 Problema general

¿La construcción de edificaciones residenciales con estructuras metálicas es una mejor opción que la ejecución convencional in situ de concreto armado en el Perú?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿La construcción de edificaciones residenciales con estructuras metálicas favorece en satisfacer la alta demanda de viviendas en las principales urbes del Perú y en aquellas con potencial de desarrollo como Lurín, así mismo, de este modo se puede construir viviendas de manera rápida ante un posible desabastecimiento debido a un inminente sismo de gran magnitud en la ciudad de Lima-Perú?
- ¿Qué ventajas o limitaciones presenta la construcción con estructuras metálicas frente a la construcción convencional in situ, en su aplicación para edificios residenciales en Perú, cuya información de aplicaciones reales de este tipo de construcciones es casi nula?
- ¿Qué opción de construcción es la más atractiva para la construcción de edificios residenciales para los constructores del Perú, sabiendo que la poca implementación de construcciones con estructuras metálicas para viviendas se debe a un alto grado de incertidumbre y desconocimiento de su implementación y de casos exitosos?

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1 Objetivo general

Realizar un análisis comparativo entre procesos de planificación y ejecución de estructuras prefabricadas metálicas y el sistema convencional con concreto vaciado in situ para edificaciones residenciales usando el sistema de Elección por ventajas (CBA).

1.3.2 Objetivos específicos

- Obtener ratios de producción de la ejecución real de un proyecto para las partidas relacionadas a los siguientes elementos: armaduras prefabricadas, estructuras metálicas prefabricadas y losas colaborantes; y obtener un ratio general de producción de la estructura para una edificación residencial con elementos prefabricados metálicos.
- Detallar ventajas y limitaciones obtenidas en el proyecto de la edificación residencial prefabricada metálica frente a una construcción convencional con concreto armado.
- Mostrar un análisis comparativo por ventajas utilizando el sistema CBA para la toma de decisiones, con base en las características más relevantes, aquello que genere más valor y que sea más importante para el cliente.

1.4 HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

1.4.1 Hipótesis general

El análisis comparativo mediante el sistema CBA muestra como una mejor opción para el caso específico de los proyectos evaluados, la ejecución de estructuras prefabricadas metálicas en comparación con el sistema convencional in situ para edificaciones residenciales.

1.4.2 Hipótesis específicas

- La construcción de la estructura en un edificio residencial mediante elementos prefabricados metálicos conlleva un aumento de la productividad en obra, en 5 veces, comparándola con un sistema tradicional de elementos de concreto vaciado in situ.
- Las ventajas de la edificación residencial prefabricada metálica frente a una convencional consisten en los siguientes aspectos: facilidades en el diseño, tiempos reducidos, mejoras en la calidad, sostenibilidad en

materiales, menores riesgos de construcción y laborales. Las limitaciones están relacionadas a los siguientes aspectos: mayores costos, falta de información del sistema y mantenimiento de la edificación.

- El análisis comparativo mediante el sistema CBA realizado bajo distintos criterios de importancia de los factores y sus ventajas, muestran resultados distintos sobre la decisión final de qué sistema emplear, esto dependerá de los objetivos del constructor; también dependerá de las características y contextos de los proyectos.

1.5 DELIMITACIÓN

1.5.1 Alcance

Para la presente investigación se manejan datos de un proyecto de 12 edificaciones residenciales de estructuras metálicas, analizando únicamente la primera edificación. El proyecto de estructura de concreto armado y ejecución convencional con vaciado in situ, es tomado de la investigación de Cruz (2018), considerando el contexto y ubicación de la primera edificación: costos adaptados a una sola fecha, ratios de productividad según la zona de Lima, cimentación rediseñada, entre otros.

El análisis de ambas edificaciones se realiza principalmente a las actividades de la ejecución del casco estructural que comprende: cimentaciones, columnas, vigas y losas, adicional a esto se suma las actividades de arquitectura relacionadas al acabado de columnas, vigas y losas de cada edificación (tarrajeo o revestimiento); se menciona el proceso de diseño de las edificaciones prefabricadas metálicas, y los procesos relacionados a los elementos prefabricados usados en esta edificación, para luego comparar ventajas y limitaciones en su diseño y planificación frente al de una edificación realizada convencionalmente con concreto vaciado in situ.

Finalmente se tendrá un análisis y comparación usando el sistema CBA con base en variables cualitativas y cuantitativas de los proyectos: productividad - tiempo de ejecución, costos, procesos de diseño, riesgos del proyecto, riesgos laborales, sostenibilidad y mano de obra involucrada.

1.5.2 Espacio

El proyecto de edificaciones residenciales de estructuras metálicas está ubicado en la ciudad de Lima, en el distrito de Lurín, zona reconocida por su extensa área industrial. La edificación convencional está planteada inicialmente para la ciudad de Huancayo, sin embargo, se considerará para su análisis el contexto y ubicación

de la edificación con estructuras metálicas, rediseñando la cimentación con base en los parámetros del suelo de Lurín.

Se puede llegar al proyecto de edificaciones residenciales de estructuras metálicas desde el paradero Explosivos (antigua panamericana Sur), ubicado cuerdas antes del Km 40 en Lurín, el recorrido es continuar por la Av. Mártir Olaya hasta la intersección con la Av. Paso Chico (en la misma ruta hacia Macrópolis o Urb. Villa La Estancia).



FIGURA N° 1.1: Ubicación del proyecto de edificaciones residenciales con estructuras metálicas.
Fuente: Google Earth

1.5.3 Tiempo

El diseño del proyecto de edificaciones residenciales prefabricadas de estructuras metálicas se lleva a cabo en el mes de agosto del año 2020. El diseño, planeamiento e inicio de la ejecución de la edificación convencional será considerada para el mismo periodo.

1.5.4 Contenido

Análisis de productividad, costos, calidad y diversos factores técnicos en la implementación de elementos prefabricados de metal para su uso en edificaciones residenciales, identificando las ventajas y limitaciones que presentan este tipo de edificaciones frente a una edificación realizada con concreto vaciado in situ.

1.6 METODOLOGÍA

1.6.1 Enfoque y diseño

La presente investigación es cualitativa y cuantitativa experimental para la evaluación del edificio residencial de estructuras metálicas y cuantitativa teórica para el análisis del edificio residencial convencional.

La primera parte es experimental porque se toman datos del diseño y ejecución del proyecto prefabricado ya realizado, y la segunda parte es teórica, ya que los datos de ejecución son obtenidos teóricamente de otra investigación realizando el análisis con base en sus datos de diseño. El análisis final consiste en evaluar los resultados para ambos sistemas de ejecución, y a partir del análisis realizar recomendaciones utilizando el sistema de toma de decisiones CBA.

1.6.2 Métodos y procedimientos

Método General

Análisis de datos de diseño (cualitativo), planificación (cuantitativo y cualitativo) y ejecución (cuantitativo y cualitativo) de una construcción industrializada metálica y una construcción convencional de concreto vaciado in situ.

Método Específico

- **Revisión bibliográfica:** Se investigará conceptos, procesos, herramientas, tecnologías empleadas, y resultados en la ejecución de edificios residenciales industrializados y edificios residenciales de concreto vaciado in situ.
- **Análisis de la ejecución de un proyecto de edificaciones residenciales con estructuras metálicas prefabricadas:** Con base en datos reales del proceso de ejecución de un conjunto de 9 edificios residenciales industrializados de 6 pisos de altura, se analizará los trabajos de la especialidad de estructuras de la primera edificación.
- **Recopilación de datos de ejecución de proyectos de edificaciones residenciales con estructura de concreto armado vaciado in situ:** Se recopilarán datos de análisis realizados a proyectos de similares características al del ítem anterior, pero con elementos de concreto vaciados in situ, para decidir el más afín al proyecto de estructuras metálicas y analizar los trabajos de la especialidad de estructura del proyecto seleccionado.
- **Procesamiento, análisis e interpretación de resultados:** Con la recopilación y análisis de datos de los ítems anteriores, se procesará y obtendrá los principales indicadores: productividad, costos, calidad,

sostenibilidad, análisis de riesgos del proyecto, seguridad ocupacional, entre otros. Se realizará el análisis e interpretación de estos resultados.

- **Comparación de proyectos con base en los indicadores mediante el sistema de toma de decisiones CBA:** Se realizará un análisis comparativo de los resultados más relevantes y se tomará decisiones mediante distintos criterios, situándose desde una perspectiva del cliente y del contratista, según los factores de la localidad y el contexto actual.
- **Conclusiones y recomendaciones:** Se redactará las conclusiones generales de la investigación, así como recomendaciones para una buena elección del sistema de ejecución, y sobre el proceso constructivo de una edificación residencial con estructuras metálicas.

1.6.3 Técnicas de recolección de datos

- Recopilar datos producto del diseño y ejecución del edificio prefabricado con estructuras metálicas, realizado en el distrito de Lurín, ubicado en la ciudad de Lima.
- Búsqueda y recopilación de bibliografía relacionada a la construcción con elementos prefabricados.
- Generar datos de planificación a partir de datos de diseño.
- Recopilar opiniones mediante encuestas para el análisis cualitativo.

1.6.4 Técnicas de tratamiento de datos

- Planificación y análisis de productividad con el programa Ms Project.
- Elaboración y evaluación del presupuesto con el programa S10.
- Organización de los análisis de las características cuantitativas y cualitativas con el programa Excel.
- Análisis comparativo (CBA) de edificaciones mediante tablas en el programa Excel.

CAPÍTULO II: MARCOS TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Origen e historia de la prefabricación en la construcción

Datos de la prefabricación, definida como la fabricación de elementos en una ubicación distinta a la edificación final, se remontan a la creación de bloques de distintos materiales, usados por las principales culturas de la edad antigua, bloques de piedra en las pirámides egipcias, en Grecia se tienen bloques de piedra en las columnas de sus construcciones antiguas, en el Perú se puede visualizar construcciones como Machu Picchu conformada por bloques de piedra; todos estos elementos preparados fuera de obra sin el uso de maquinaria industrial y posteriormente montados en su ubicación final.



(a) Construcciones de piedra en Sacsayhuaman – Cuzco.
Fuente: Boleto Machu Picchu (2021)



(b) Bloques de piedra del núcleo de la gran pirámide de Guiza. Fuente: Tausch (2014)

FIGURA N° 2.1: Construcciones antiguas de piedra

Por otra parte, el origen de la prefabricación, relacionada al concepto de la aplicación de procesos industriales, data de mediados del siglo XVIII, impulsada por la revolución industrial y con la aparición de nuevos materiales como el acero y el vidrio, impactando en gran manera en la concepción de la arquitectura, se dieron cambios en el diseño arquitectónico produciendo nuevos estilos que acompañaron el proceso industrial. Sin embargo, su desarrollo fue impulsado enormemente con la patente concedida en 1824 a Joseph Aspdin, “el Cemento Portland”. Otros hitos en la historia de la prefabricación son, el desarrollo de la primera viga prefabricada de concreto armado realizada por Edmond Coignet (1889), y la presentación hecha por Eugene Freyssinet (1928) de la patente del concreto pretensado (López y Fernández, 2015).

La prefabricación en la construcción fue enormemente impulsada por la escasez

de materiales y alta demanda de viviendas como consecuencia de la Primera y Segunda Guerra Mundial, principalmente en las ciudades de Inglaterra, Europa Occidental y Rusia.

Entre 1953 y 1954 se llevó a cabo la operación Lopofa en Francia, con el objetivo de desarrollar sistemas constructivos para poder abastecer la demanda de 36,000 viviendas. Se promovió un concurso nacional en el que se hicieron 12,000 viviendas anuales con elementos prefabricados en grupos de 10 participantes con 1,200 viviendas para cada uno. Es así como el gobierno francés tuvo un rol de mucha importancia en el desarrollo de la industrialización (Novas, 2010). En el proceso de la operación Lopofa, se lograron reducciones del 20% de costos respecto a los métodos tradicionales de la época y se tuvo una serie de enseñanzas, mencionadas a continuación (Chemillier, 1980):

- Necesidad y utilidad del empleo del diseño modular.
- Empleo de elementos tipificados, favoreciendo la producción en serie.
- Empleo de presupuesto y de proyectos tipo, detallados, homologados o seleccionados por concurso proyecto-construcción, y muy elaborados antes de su realización.
- Mecanización más desarrollada en la obra y empleo de materiales muy elaborados.
- Desarrollo de la construcción por montaje de elementos fabricados industrialmente y adquiridos en el comercio.
- Fomento del empleo de procedimientos que economicen la mano de obra, sobre todo, mano de obra calificada.

Desde una perspectiva global, la evolución en los últimos cien años se puede describir analizando su desarrollo en Europa, continente que ha tenido influencia por sus reflexiones teóricas y procesos de construcción masivos mediante el uso de prefabricados. A través del tiempo, se pueden enunciar tres periodos en la evolución de la prefabricación de viviendas en Europa, tal y como muestra la Figura N° 2.2.

Evolución del uso de prefabricados en viviendas de Europa

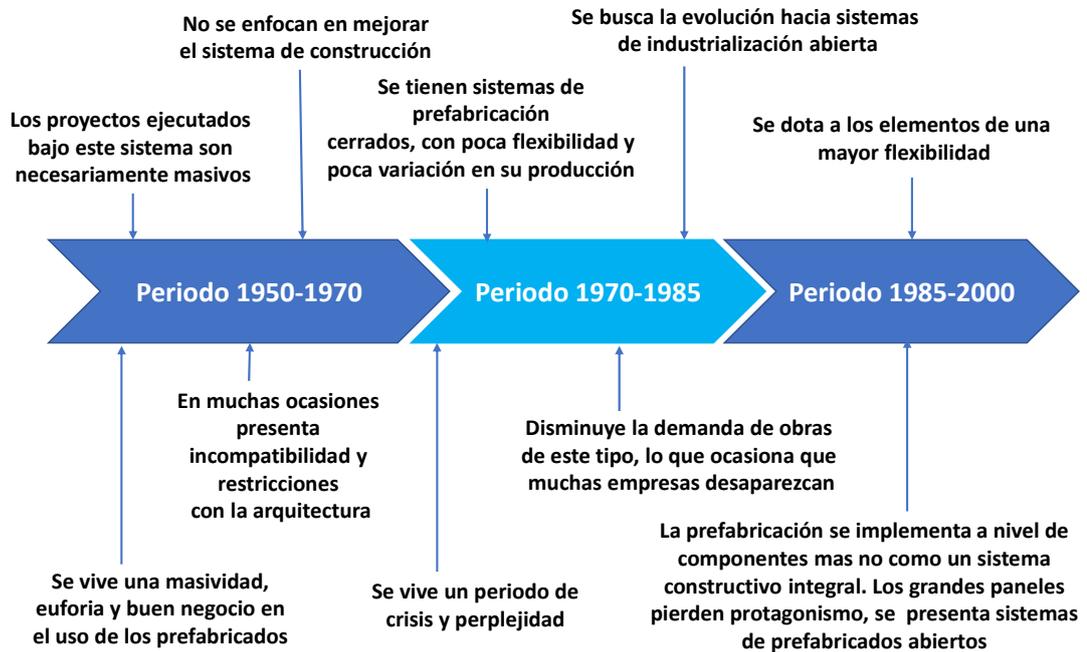


FIGURA N° 2.2: Evolución del uso de prefabricados en viviendas de Europa.
Adaptado de Inzunza (2009)

2.1.2 Sistema constructivo convencional con concreto vaciado in situ

Se llama sistema constructivo convencional a los sistemas de construcción establecidos en virtud de precedentes en un determinado lugar, también conocida como construcción tradicional; siendo ampliamente estudiada y usada por las empresas constructoras, profesionales, trabajadores, y muy divulgada en los centros de educación superior. Estos sistemas están contemplados en las normativas peruanas. Gran porcentaje de las construcciones en el Perú son realizadas con elementos de concreto vaciados in situ, siendo los elementos estructurales de concreto armado, tales como zapatas, columnas, vigas y losas.

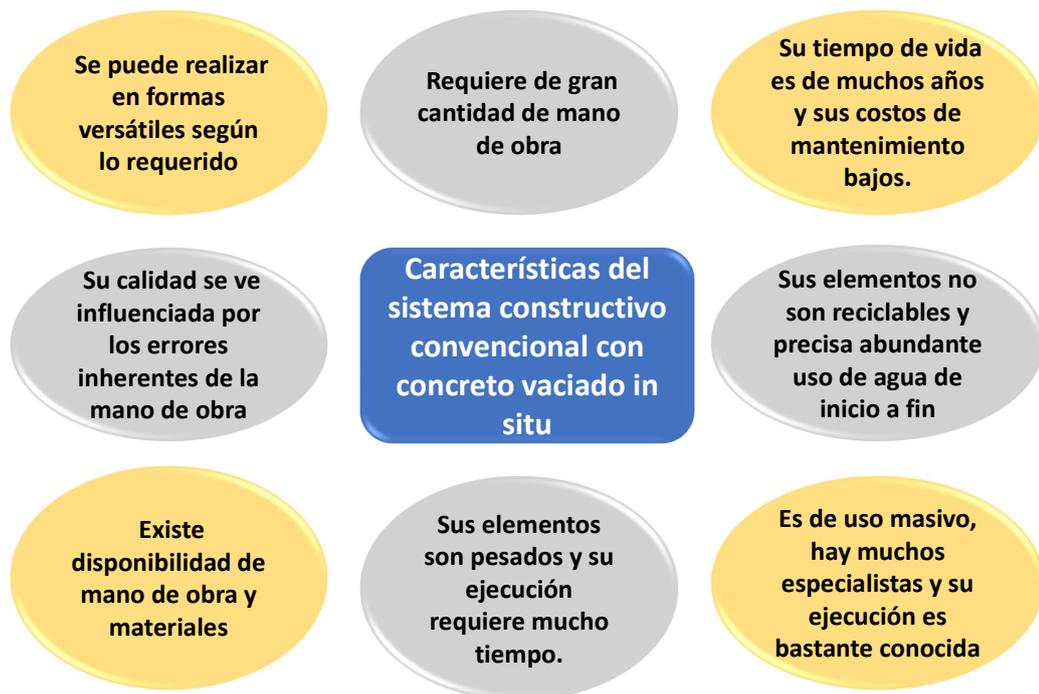


FIGURA N° 2.3: Características del sistema constructivo convencional con concreto vaciado in situ.
Fuente: Elaboración Propia

2.1.3 Sistema constructivo industrializado

La industrialización en la construcción no se refiere exclusivamente a la producción de nuevos elementos, sino a la producción de cualquier elemento de una forma tecnificada. Automatizando los procesos y haciéndolos interoperativos, apoyados en la robótica de las máquinas en conjunto con un diseño virtual a detalle de los elementos a producir. Es importante resaltar que los procesos de industrialización no precisamente cambian el producto final, cambian el método constructivo. La dinámica del proceso de mejora en las industrias se realiza a través de ciclos alternos entre el Kaizen (mejora continua) y Kaikaku (mejora radical o reingeniería de procesos).

La construcción industrializada ha sido desarrollada principalmente con el elemento más usado en la construcción, el concreto armado, debido a las ventajas que presenta: resistencia a la compresión, al fuego, durabilidad y moldeabilidad, sumado a la resistencia a tensión y ductilidad que adquiere con el acero de refuerzo. En la actualidad se puede mencionar los avances en concreto pre o postensado, usado en diversos elementos como losas y vigas, con una gran presencia de aplicaciones en obra e investigaciones académicas.

La construcción industrializada mediante elementos metálicos se ha sumado al

desarrollo de la tecnología en la construcción, aumentando su presencia en proyectos de construcción en países desarrollados, sin embargo, su aplicación en Latinoamérica y especialmente en el Perú, aún no tiene el debido protagonismo por la escasa información de estos sistemas de construcción, generando aún un ambiente de incertidumbre en el mercado relacionado a las estructuras metálicas.

2.1.3.1 *Ventajas del sistema constructivo industrializado*

La justificación del por qué utilizar este tipo de sistemas frente al sistema de construcción convencional, basado en los datos de obras reales e investigaciones académicas, sumado a lo ya expuesto anteriormente en la presente investigación, se sustenta con las siguientes premisas:

- La principal característica de la construcción es su variabilidad, la ejecución de una edificación por el método convencional depende de muchas variables, implementando la construcción industrializada, las variables relacionadas al tiempo, costo y calidad de la edificación pueden ser reducidas en gran medida, logrando así datos más confiables con un mejor control.

Respecto al tiempo

- Se tiene una anticipación en la etapa de diseño, la industrialización permite estandarizar componentes y sistemas ya verificados que pueden ser usados en futuros proyectos, optimizando así los tiempos de diseño.
- Los procesos de fabricación de materiales se realizan de forma automatizada, interoperativa y estandarizada, permitiendo una significativa disminución de los tiempos en estos procesos. Los procesos en obra se reducen al montaje y unión de piezas.
- Permite la producción en simultáneo de la cimentación en obra, mientras la superestructura se va realizando en una fábrica o taller. Los elementos estructurales se montan inmediatamente después de finalizar la cimentación.
- Se da un aumento significativo de la productividad, lo cual varía dependiendo del sistema de prefabricados que se use. Si se tienen elementos repetitivos, los aumentos en la productividad son mayores, independientemente del material que se use.
- Los procesos de prefabricación son afectados en menor medida por condiciones meteorológicas como lluvia, calor intenso, entre otros, ya que son realizados en un taller fuera de obra.

- Respecto a la productividad: la eficiencia de una máquina es mucho mayor que la del hombre, por la misma naturaleza de ambos. La mano de obra intensiva no tiene sentido desde el punto de vista de productividad (Inzunza, 2009).

Respecto al costo

- Se evitan los altos costos que conllevan el encofrar y apuntalar elementos vaciados in situ. Solo en algunos casos se requiere el apuntalamiento de forma auxiliar para el montaje de los elementos.
- El aumento de la productividad, significa realización de más trabajo en menor tiempo, por lo consecuente se da un ahorro de costos en la mano de obra involucrada.
- Se genera un retorno de capital más rápido, permitiendo obtener las utilidades en menor tiempo, independientemente de que sean mayores o menores que usando el sistema convencional. El menor tiempo de recuperación de capital puede justificar una menor utilidad del sistema industrializado, por ejemplo: se puede realizar en 2 años dos proyectos con una utilidad de S/ 300,000 cada uno, obteniendo un total de S/ 600,000; que realizar un proyecto de forma convencional en 2 años con una utilidad de S/ 450,000.
- Los costos son favorecidos con la economía a escala. Mientras más grande sea el proyecto, es mucho más probable que resulte más económico optar por un sistema de construcción industrializada que por un sistema convencional.
- Los procesos tienen dosificaciones uniformes de materiales, se reducen significativamente los desperdicios, y los costos de eliminación de escombros y basura.
- El menor tiempo de ejecución conlleva una reducción de los gastos generales relacionados al proyecto.
- Se reduce la mano de obra involucrada, lo que reduce el riesgo y posibles sobre costos de inestabilidad en la mano de obra.

Respecto a la calidad

- Los elementos prefabricados cuentan con estándares de aceptación (protocolos de calidad) definidos previamente y que son cumplidos por el proveedor especializado. Se tiene una calidad uniforme.
- Los elementos tienen menor tolerancia, lo que conlleva a una mejor calidad en los acabados.

- La supervisión en obra se reduce a una menor cantidad de procesos, facilitando la verificación de la calidad de la edificación.
- En la actualidad existe una gran oferta de materiales prefabricados que permiten un diseño arquitectónico más flexible.
- Se evitan las juntas frías. Se necesitan menos juntas de dilatación.
- La mayor calidad que es proporcionada por la adecuada industrialización, se maneja por dos motivos: el primero es que las máquinas-herramienta poseen lo que se denomina "habilidad transferida", esto es, acumulación y potenciación de las cualidades productivas de los mejores operarios; el segundo motivo resulta de la simplificación de las tareas que aún quedan a cargo de los trabajadores, lo cual sumado a su repetición, permiten aumentar la calidad de los productos (Inzunza, 2009).

Respecto a la investigación y desarrollo

- Hay numerosos ejemplos a nivel mundial sobre los diversos beneficios de la construcción industrializada, usada principalmente por países desarrollados.
- Las continuas investigaciones e innovaciones en los procesos de industrialización del sector predicen un positivo desarrollo de la producción de materiales de construcción.
- Con el sistema de construcción de viviendas industrializadas, al tener mejor definido el programa de obra y el proceso constructivo, hay un control más efectivo de contratos.

2.1.3.2 Limitaciones y recomendaciones en el uso del sistema constructivo industrializado

- En zonas rurales puede no ser viable, debido a la escasez de maquinaria y a altos costos de transporte de equipos y elementos prefabricados.
- Se deben considerar pólizas de garantía para generar confianza del compromiso del proveedor.
- Por lo general, el número de variables en la construcción es tan grande y tan estrechamente ligado al lugar, al sistema monetario, al mercado nacional, al sistema de gobierno, etc., que hacer la comparación entre resultados procedentes de contextos diferentes no es recomendable.
- El mercado mayormente superpone lo cuantitativo sobre lo cualitativo.

- En proyectos de menor envergadura los costos pueden ser mayores en comparación con los costos de un sistema convencional. No se puede afirmar y tampoco negar, que la construcción industrial sea más cara o barata de forma general.
- No todos los componentes de una edificación se pueden prefabricar o se encuentran en el mercado nacional, sin embargo, la diversificación en la oferta está en aumento. En proyectos grandes se pueden asumir los costos para el desarrollo del trabajo de nuevos componentes prefabricados.
- Se debe tener un diseño, ejecución y mantenimiento necesariamente correctos de las uniones de los elementos, ya que una falla en estos puede perjudicar en gran medida el sistema estructural de la edificación.
- En muchas ocasiones los ejecutores o proveedores no tienen un involucramiento temprano en los edificios industrializados, con posibilidad de generar problemas en la planificación o ejecución. Los mejores resultados se obtienen a través de un equipo interdisciplinario de arquitectos, ingenieros, fabricantes y contratistas incluidos desde etapa temprana del proyecto.

La historia nos brinda información sobre recomendaciones para evitar el fracaso al industrializar la construcción, según se indica en la Figura N° 2.4.

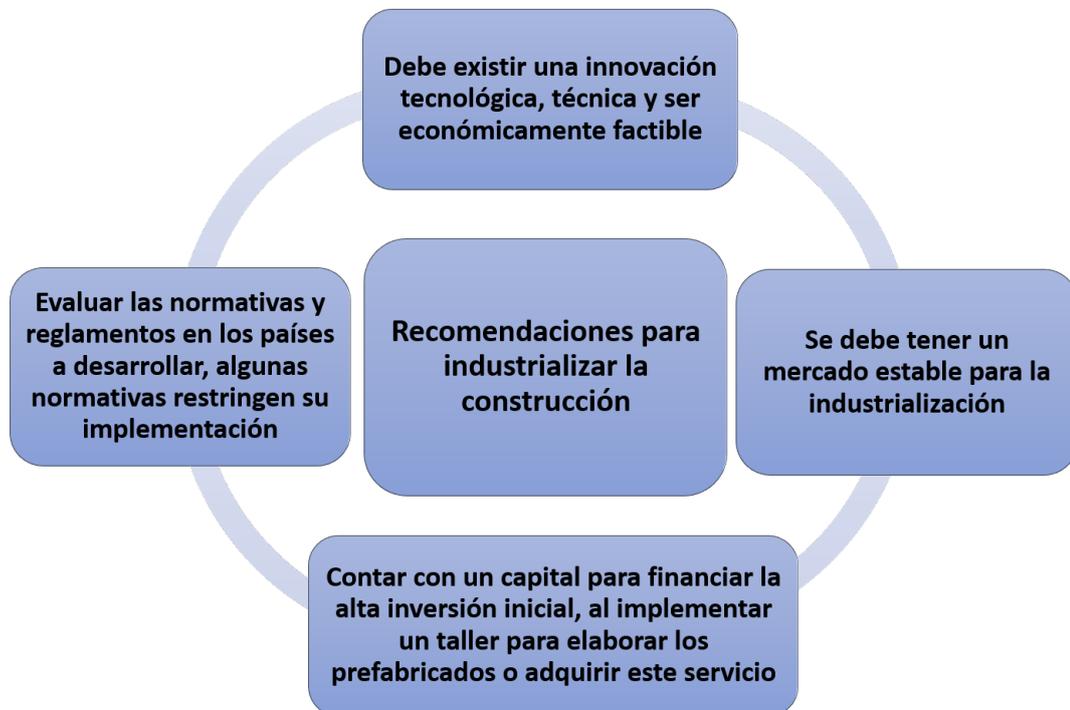


FIGURA N° 2.4: Recomendaciones para industrializar la construcción. Adaptado de Inzunza (2009)

2.1.4 Sistema constructivo industrializado en el Perú

La investigación y desarrollo tecnológico de la construcción en el Perú por parte de empresas constructoras e inmobiliarias, presenta niveles bajos, siendo en su mayoría los proveedores de elementos prefabricados e instituciones como SENCICO y CAPECO, quienes buscan la capacitación de los profesionales de la construcción en la implementación de elementos de construcción prefabricados, mostrando las ventajas que ofrecen.

Con la aplicación de sistemas prefabricados y de concreto pretensado principalmente, se ha logrado obtener beneficios en las construcciones, utilizando menos material que en la construcción convencional, menos mano de obra, aumentando la productividad y asegurando la calidad, lo que finalmente se refleja en los ahorros de costo y tiempo que se pueden observar en las distintas investigaciones publicadas.

Los elementos de sistemas constructivos industrializados más usados en el Perú, son las losas prefabricadas pretensadas, losas alveolares, viguetas prefabricadas pretensadas, unidades de concreto para albañilería armada, encofrado autotrepante o autodeslizante, torres grúa, etc., en menor medida se tiene el uso de estructuras metálicas, armadura prearmada, placas colaborantes, sistemas de drywall, entre otros, estos últimos usados principalmente en almacenes industriales y centros comerciales, prueba de esto es la menor cantidad de casos de aplicación y menos investigaciones académicas que se tienen de estos sistemas de industrialización.



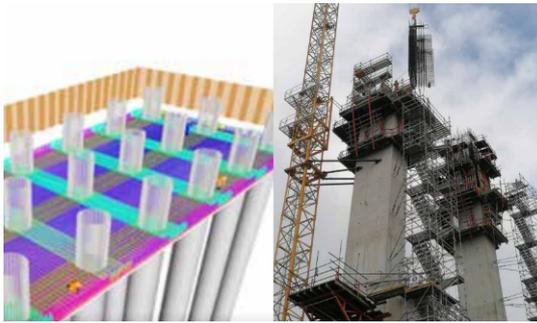
(a) Izaje de prelosas.
Fuente: Páucar (2011)

(b) Vista interna inferior de prelosas colocadas. Fuente: Páucar (2011)

FIGURA N° 2.5: Uso de prelosas en construcción de supermercado

Entre las empresas que ofrecen elementos prefabricados de concreto en el Perú se tienen: UNICON, Prelima, Concremax, Preansa, Mixercon, Betondecken, entre otras; y entre las empresas que ofrecen elementos prefabricados de metal se tienen: SC Ingeniería y Construcción, Ferralia, Aceros Procesados, Aceros

Arequipa, Inkaferro, Siderperu, Calaminon, entre otras.



(a) Realidad virtual y armadura prearmada en Puente Nanay – Iquitos.
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A. (2021)



(b) Armadura prearmada en Torre del Parque II – San Isidro.
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A. (2021)

FIGURA N° 2.6: Uso de armadura prearmada - ACEDIM

2.1.4.1 Barreras en la implementación de sistemas de construcción industrializados

- **Baja capacitación de la mano de obra:** Las empresas constructoras al requerir personal de forma temporal, no se preocupan por la capacitación del personal obrero, y por parte del personal obrero aún no existe una notable necesidad de capacitarse en nuevos sistemas de construcción.
- **Alta inversión inicial en los proyectos:** Las empresas requieren mayor capital a invertir en la fase inicial de la ejecución del proyecto, son pocas quienes están dispuestas a esto, ya que gran parte no tienen el suficiente capital para poder financiarse o sienten temor por posibles paralizaciones en la ejecución del proyecto.
- **Desconfianza en la calidad de las construcciones:** Existe falta de conocimiento o un mal concepto por parte de los usuarios finales hacia la calidad de las edificaciones construidas con sistemas no convencionales.
- **Falta de equipos y herramientas en el mercado:** Algunos equipos y herramientas necesarias para nuevos sistemas de construcción no se encuentran en el mercado nacional, siendo costoso y largo el proceso de obtención de estas.
- **Pocas empresas ofertantes de nuevos sistemas de construcción industrializados:** Las empresas que producen componentes prefabricados en nuestro país no se han desarrollado en forma acelerada porque no tienen un mercado constante asegurado y el costo del dinero de inversión en equipos es elevado, por lo que son pocas las que pueden adquirir equipos

modernos que les permitan mejorar su producción y/o producir componentes de mayores dimensiones que reduzcan el costo final del producto terminado.

- **Desconocimiento de los beneficios de una buena implementación de construcciones industrializadas:** La mayoría de empresas desconoce los beneficios que ofrecen estos sistemas, mayormente se tienen datos cualitativos mas no cuantitativos o aplicaciones reales en proyectos, que es lo que buscan finalmente las inmobiliarias para invertir en estos sistemas de construcción.

2.1.5 Sostenibilidad en la construcción industrializada

Uno de los pilares planteados debido al gran avance de los diferentes sectores productivos, es la sostenibilidad, buscando un desarrollo en paralelo de lo económico, social y ambiental, siendo la sostenibilidad un factor que merece especial atención debido al gran impacto en estos 3 ejes que genera la construcción actual, es así, que el término sostenibilidad significa satisfacer las necesidades de la sociedad en el presente sin comprometer de forma negativa a las futuras generaciones, optimizando recursos.

Desde la perspectiva económica, se busca desarrollar proyectos económicamente sustentables y con respeto al medio ambiente.

Desde la perspectiva social, se debe reconocer a la vivienda no solo como una simple “casa”, las personas buscan seguridad, espacios confortables y naturaleza abundante. El principal motivo es mejorar la calidad de vida de los habitantes, su educación e higiene. La infraestructura que genera la construcción impulsa el desarrollo de otras industrias y el desarrollo social.

Desde la perspectiva ambiental, el gran consumo de materiales, energía y recursos en general de la construcción, hace menester buscar una eficiencia en su realización, consumiendo la menor cantidad de recursos y generando el menor impacto negativo al medio ambiente.

Según valores presentados en la guía de aprendizaje de la certificación LEED (USGBC, 2009), el sector construcción en los Estados Unidos es responsable de los siguientes problemas (Regalado, 2019):

- El 14 % del consumo de agua potable.
- El 30 % de la producción de desechos.
- El 40 % del uso de materias primas.
- El 38 % de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

- Entre el 24 al 50 % del consumo de energía de origen fósil.
- El 72 % del consumo de electricidad.



FIGURA N° 2.7: Ciclo de vida de una obra de construcción. Adaptado de Chang (2014)

Los países donde se desarrollan los proyectos tienen el poder de impulsar y acelerar el desarrollo de construcciones sostenibles. En el Perú, se tiene el Bono Verde, el cual aplica a edificaciones multifamiliares que presentan estándares de sostenibilidad definidos, obteniendo así los proyectos una mejor oferta mediante el apoyo del estado en financiar parte del precio de venta de los departamentos.

Industrializar la construcción permite una innovación continua, mejora en los equipos y procesos, estandarizar elementos, mejorando la calidad y productividad. Como resultado se tiene diversas ventajas en la sostenibilidad de las construcciones:

- **Estándares sostenibles:** El concepto de sostenibilidad está siendo aplicado ampliamente en diversos proyectos de construcción, lo cual se ve reflejado en clientes que buscan proyectos con certificaciones de edificios sustentables como la certificación LEED, BREEAM, e iniciativas como la propuesta de certificación nacional Green UNI (Regalado, 2019). Estos estándares son difícilmente alcanzables en sistemas convencionales de construcción sin afectar a los costos o tiempo de ejecución, en construcciones industrializadas esto es más factible.

En lo ambiental

- **Reducción de desperdicios:** Los procesos de fabricación de elementos se realizan en un entorno controlado, se reducen los desperdicios y la sobreproducción. Permitiendo la reducción de la emisión de CO₂.
- **Producción de elementos en taller:** Al ser un proceso industrial, está sometido a estándares medioambientales más exigentes que la construcción tradicional. Otro aspecto importante es el ahorro en consumo de agua en la fabricación y ensamblaje.
- **Reutilización y reciclaje:** En algunos sistemas industrializados es posible la reutilización y reciclaje de la estructura, como en la aplicación de estructuras metálicas conectadas mediante pernos.

En lo social

- **Afectación al entorno:** El impacto que genera la construcción de obras de edificios en zonas urbanas para los lugares aledaños es directamente proporcional al plazo de su ejecución. Implementando la industrialización de los procesos se reducen considerablemente los plazos de la obra y por lo consecuente este impacto.
- **Aumento de mano de obra especializada:** Al buscar mejoras en la producción y un mercado estable, las empresas promueven programas formativos a sus trabajadores, a nivel de producción y prevención, generando así un desarrollo de la mano de obra local y mayor estabilidad laboral.
- **Integración social y de género:** Se brindan posibilidades de trabajo a personas con discapacidad y mujeres, que el sector de construcción tradicional por la naturaleza de sus trabajos no ofrece. Estas plazas son ofrecidas en la operación de equipos y maquinarias, durante el proceso de fabricación, transporte y/o montaje de los elementos prefabricados.

Para lograr un beneficio económico, social y ambiental, la tecnología que se aplique debe ser la adecuada, no solo al país o región donde se llevará a cabo, sino también a la zona específica, una ciudad, provincia, distrito o centro poblado; debe ser adaptable y sustentable dentro del medio, aprovechando los recursos de la zona, conociendo sus costumbres, necesidades, restricciones y objetivos como población, para así determinar el impacto que generará la obra y aprovechar eficientemente los recursos.

2.1.6 Huella de carbono

En la actualidad la producción de GEI (gases de efecto invernadero) se ha incrementado en paralelo al desarrollo de la tecnología, provocando así un cambio climático acelerado. China y Estados Unidos son dos de los principales generadores de GEI. Este cambio climático acelerado ha generado un aumento de la temperatura media global de 1.2°C entre 1850 y la actualidad, como consecuencia se tiene: aumento de inundaciones, derretimiento de los glaciares, sequías, pérdida de biodiversidad en áreas tropicales, entre otros.

La huella de carbono es uno de los principales indicadores tomados en cuenta para reducir el impacto ambiental, enfocado en los GEI. Esta puede ser aplicada a una persona, operación de una empresa o ejecución de un proyecto. Se mide en masa de CO₂ equivalente para cada operación o material elaborado, se lleva a cabo el análisis del ciclo de vida según la tipología de huella, con base en distintas normativas internacionales.

Mamani (2018), en su investigación realiza el análisis de huella de carbono de cuatro edificaciones con concreto vaciado in situ realizadas en la ciudad de Lima, en la cual implementa un software de análisis de la huella de carbono con base en el análisis del equivalente de carbono de materiales, maquinaria y transporte. Concluyendo que el mayor índice de CO₂ corresponde a los materiales (97.72%), y dentro de estos, el cemento es el principal generador de la huella de carbono (47.7%).

Con base en lo expuesto, siendo el objetivo disminuir la cantidad de CO₂ equivalente producido por una edificación, el enfoque principal debe ser el gestionar los materiales, siendo el concreto armado el de mayor impacto e importancia, sustituyendo este elemento por acero estructural, podría lograrse una reducción del CO₂ equivalente de una edificación.

2.1.7 Acero en la construcción

El acero para construcción está hecho de una composición principalmente de hierro fundido y un porcentaje de carbono (0.1% - 1%), en pequeñas cantidades se tiene la presencia de otros componentes como el cobre, magnesio, zinc, entre otros. Es uno de los materiales estructurales más importantes del sector construcción, ya que presenta buenas propiedades físicas y mecánicas, y su construcción es mucho más rápida.

Su uso en la construcción fue impulsado por la revolución industrial y la aparición del concreto armado, así como también diversos institutos internacionales que se encargaron de normalizar, estandarizar, y continúan promoviendo el uso del acero

con nuevas investigaciones, entre estos se pueden nombrar: American Iron and Steel Institute (AISI), American Institute of Steel Construction (AISC), American Society for Testing and Materials (ASTM), American National Standards Institute (ANSI), American Welding Society (AWS), entre otros.

Según su uso en la construcción se pueden clasificar en:

- **Refuerzo en concreto armado:** Es utilizado para dotar de flexibilidad y resistencia a la tracción al concreto, generando un compuesto de mejores propiedades, su aplicación es en todo tipo de elementos estructurales: cimentación, columnas, vigas, losas, y muros. Su presentación es en barras corrugadas, torones (cable formado por alambres de acero), fibra metálica, también se puede mencionar su forma como placas colaborantes en la utilización del sistema de losas Steel deck o losa colaborante, entre otras.
- **Elementos estructurales:** Sustituyendo al concreto, permite transferir las cargas de la edificación hacia la cimentación eficientemente. Se presentan como columnas, vigas, arriostres, reticulados, marcos, etc., todos estos elementos hechos de acero.



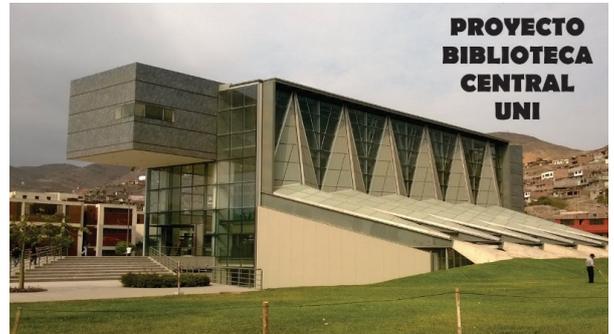
FIGURA N° 2.8: Uso del acero en la construcción. Elaboración propia

Una edificación en el Perú donde se usó el acero como elementos prefabricados es la Biblioteca Central de la UNI, la cual cuenta con una fachada estilo muro-cortina de cristal templado de 8 mm, 8 niveles que incluyen 5 pisos, 2 sótanos

y 1 azotea, con una capacidad de 700 personas. Es un sistema mixto, se tiene un bloque de concreto en el que destaca el volado de 8.30 m y otro conformado por placas y perfiles de acero estructural ASTM A-36 (Apoyala, 2013). En esta edificación se implementa la prefabricación con el uso de acero estructural como vigas y columnas, y el sistema de losas colaborantes.



(a) Vista interna en proceso de construcción.
Fuente: Acerodeck
(<https://www.acero-deck.com/obras>)



(b) Vista externa de Biblioteca Central UNI terminada. Fuente: Quiroz (2012)

FIGURA N° 2.9: Uso del acero en la Biblioteca Central de la UNI

2.1.8 Estructuras metálicas

También conocido como acero estructural o sistema Steel Frame, es un sustituto de los elementos estructurales de concreto: columnas y vigas. Su resistencia de diseño (F_y) está en el rango entre 2520 kg/cm^2 y el orden de los 4900 kg/cm^2 en calidades especiales.

Su capacidad de ser soldable depende de la cantidad de carbono en su composición, es así que la norma SAE (Society of Automotive Engineers) clasifica como un grupo a “aceros al carbono”, el cual se puede subclasificar según el contenido de carbono en su composición:

- **Muy bajo carbono:** Hasta 0.15% de carbono. Estos aceros son usados para piezas que van a estar sometidas a un conformado en frío, laminado en caliente y relaminado a temperatura ambiente para tener dimensiones más exactas y mejores cualidades en la superficie.
- **Bajo carbono:** Entre 0.16 y 0.30% de carbono. Este grupo tiene mayor resistencia y dureza, pero menor capacidad de deformación. Son aptos para soldadura y brazing (soldadura fuerte en presencia de un material de aporte que mejora la unión de los metales).
- **Medio carbono:** Entre 0.30 y 0.60% de carbono. Estos aceros son seleccionados en usos donde se necesitan propiedades mecánicas más

elevadas y frecuentemente llevan tratamiento térmico de endurecimiento. Estos tipos de aceros pueden soldarse pero con precauciones.

- **Alto carbono:** Mayor a 0.6% de carbono. Se usan en aplicaciones en las que es necesario incrementar la resistencia al desgaste y conseguir altos niveles de dureza en el material que no pueden lograrse con aceros de menor contenido de carbono. No es recomendable soldar estos aceros.

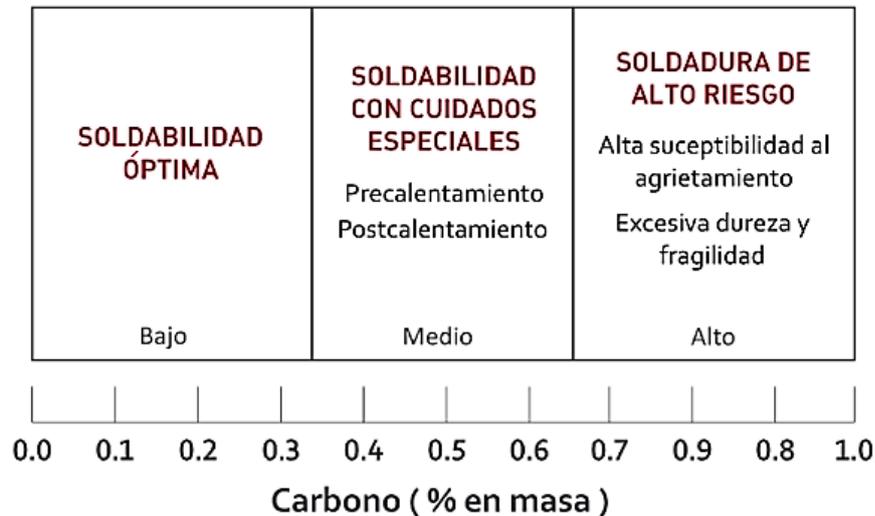


FIGURA N° 2.10: Efectos del carbono en la soldabilidad del acero.

Su implementación en puentes y ferrocarriles principalmente, lograron el primer gran desarrollo del acero en la industria de la construcción. Posteriormente, el segundo gran desarrollo inició a finales de la Segunda Guerra Mundial, por la alta demanda de viviendas y la búsqueda de innovación y desarrollo en la construcción de estas, desarrollándose prefabricados modulares de acero.

Inicialmente las diferentes laminadoras en Estados Unidos publicaban sus catálogos con los perfiles que producían y posteriormente en 1896 el AISI empezó con el proceso de estandarización. Los aceros estructurales se agrupan generalmente según varias clasificaciones principales de la ASTM: los aceros de propósitos generales (A36 y A500), los aceros estructurales de carbono (A529), los aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación (A572) y los aceros estructurales de alta resistencia, baja aleación y resistencia a la corrosión atmosférica (A242 y A588), todos los tipos de acero quedan distribuidos en función a estas denominaciones. Siendo estos perfiles aprobados para su uso según la norma peruana E090 Estructuras Metálicas, en el Perú, también las normas ITINTEC se encargan de describir los distintos tipos de acero.

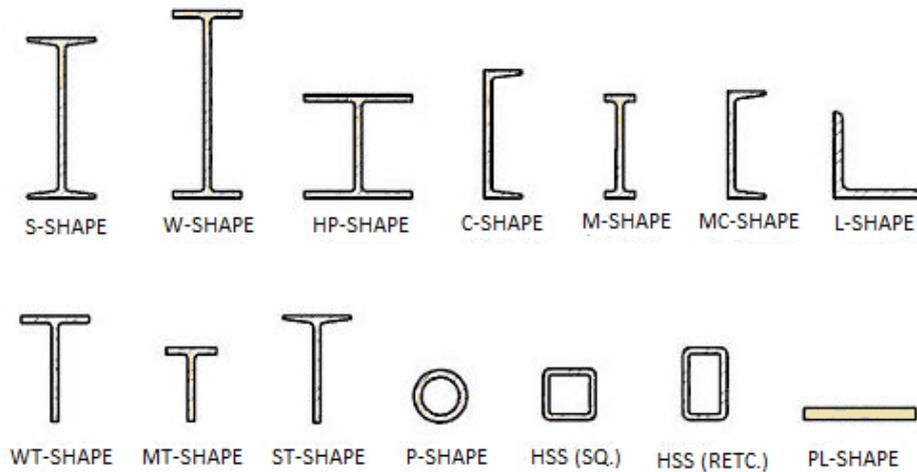


FIGURA N° 2.11: Perfiles de acero estructural. Fuente: Valdivia (2016)

A continuación, se mencionan las características de los dos tipos de aceros estructurales usados en el proyecto de estructuras metálicas que se evalúa posteriormente:

- **A36:** Es el tipo de acero estructural más popular de todos debido a que se puede ajustar su composición química según los distintos espesores establecidos, logrando así fijar el valor de su $F_y = 36$ ksi. Tiene una buena soldabilidad. Es usada para propósitos generales en estructuras, especialmente de edificaciones, soldadas o empernadas.
- **A500:** Este tipo de acero es usado en tubos de sección circular, cuadrada y rectangular, perfiles HSS, son formados por soldadura, en tres grados y sin costura. Su uso se da principalmente en edificaciones, presentes como columnas que por lo general cuentan con una sección tubular rectangular. Su grado más común tiene un $F_y = 46$ ksi.

Entre las obras más representativas construidas con acero estructural en la actualidad se pueden nombrar: Empire State Building en New York - EEUU (1931), Torre prefabricada T30 en Hunan – China (2011) y Gran torre Santiago en Santiago de Chile (2014). En el Perú se tiene la construcción de la Universidad Ricardo Palma (2011) y Lima Centro de Convenciones (2015).

En el Perú, su uso se da prioritariamente en centros comerciales, supermercados, grandes almacenes, colegios, etc. Sin embargo, el diseño en acero todavía no se ha aplicado extensivamente en viviendas multifamiliares, siendo este tipo de obras realizadas en un porcentaje muy pequeño.



(a) Universidad Ricardo Palma (2011).
Fuente: Acerodeck
(<https://www.acero-deck.com/obras>)



(b) Lima Centro de Convenciones (2015).
Fuente: Acerodeck
(<https://www.acero-deck.com/obras>)

FIGURA N° 2.12: Edificaciones de estructuras metálicas en el Perú

2.1.8.1 Ventajas en el uso de estructuras metálicas

Sumado a las ventajas citadas anteriormente sobre la industrialización en el ítem 2.1.3, el acero estructural es un material idóneo en la construcción actual por las diversas ventajas que ofrece para afrontar los retos que se presentan en las construcciones.

Relativas al costo

- La prefabricación en acero estructural permite lograr una economía a escala, reduciendo los costos a medida que el proyecto sea de mayores dimensiones.
- Debido a su peso, se consigue diseñar cimentaciones de menores dimensiones que con otros sistemas de construcción, obteniendo así un ahorro de costos.
- El ahorro de costos es obtenido indirectamente en comparación con el impacto en la calidad y diseño que generan otras construcciones convencionales o de concreto prefabricado.

Relativas a la calidad

- Diseño arquitectónico: Permite resolver grandes retos arquitectónicos debido a la flexibilidad en el diseño de componentes metálicos y su bajo peso.
- Diseño arquitectónico: En edificaciones con grandes luces, los elementos metálicos son un sistema estructuralmente conveniente y eficiente, permite generar luces pequeñas de 8 metros hasta más de 150 metros sin apoyos intermedios. En volados también se pueden lograr mayores distancias que con estructuras de concreto.

- **Diseño arquitectónico:** La estructura de acero permite ampliar, restaurar y remodelar edificaciones antiguas, respetando al mismo tiempo su arquitectura original.
- **Diseño estructural:** Favorece la construcción de edificios en zonas de alta sismicidad, por las características de resistencia, rigidez, gran ductilidad y capacidad de absorción de energía, logrando mejor respuesta ante los sismos.
- **Diseño estructural:** Los métodos de diseño estructural modernos del acero, permiten tener un conocimiento profundo de sus propiedades, logrando estudiar el comportamiento de las estructuras más allá del intervalo elástico tradicional, y predecir con gran precisión su comportamiento hasta la falla.
- Por la homogeneidad de sus propiedades físicas y mecánicas, no tienen riesgo de sufrir pérdida de su resistencia estructural en sus estados de carga transitorios, durante su transporte y colocación.
- Es compatible con diversos materiales de construcción: estructuras secundarias de aluminio, elementos de cristal en fachadas, láminas de cubierta, muros industrializados, madera, drywall, entre otros.
- Las estructuras de acero se basan en un sistema constructivo de alta calidad y de gran precisión, debido al uso de procesos automatizados mediante máquinas, para transformar los elementos metálicos con precisión, evitando los errores inherentes de la mano de obra.

Relativas a la sostenibilidad

- Se logra la construcción de edificios sostenibles, sus diseños, arquitectónico y estructural eficientes, permiten mejorar la calidad de vida de los habitantes, brindando un mejor confort con los espacios internos, siendo mejor aprovechados para el desarrollo de las funciones propias de un edificio. Con las grandes luces que permiten las estructuras metálicas se pueden desarrollar diseños con una mayor luz libre entre columnas.
- Permite su desmontaje para el reciclaje o reutilización de las estructuras metálicas. El acero es el material más reciclable del mundo.

2.1.8.2 Limitaciones y recomendaciones en el uso de estructuras metálicas

- **Importante cuidado con conexiones:** Una limitación del empleo de estructuras metálicas radica en el diseño, ejecución y mantenimiento de las conexiones, donde pueden ocurrir fallas importantes, ya que las conexiones

son una parte esencial de un edificio de estructuras metálicas. El análisis técnico e histórico han demostrado que las conexiones por soldadura no son eficaces en su totalidad, ya que en la mayoría de casos implican errores inherentes de la mano de obra en su ejecución, por lo que es recomendable trabajar con conexiones mediante pernos

- **Costos de mantenimiento:** El mantenimiento puede resultar muy costoso, esto debido a que el acero es un buen conductor de calor y puede transmitirlo a secciones adyacentes, también es susceptible a la corrosión frente a la humedad del ambiente o debido al funcionamiento de la edificación, para evitar esto se debe considerar una buena protección, aplicando un recubrimiento de pinturas especiales bajo distintas medidas de espesor que eviten la corrosión y desgaste por calentamiento.
- **Fatiga:** El acero puede reducir su resistencia si se somete a un gran número de cambios en la magnitud del esfuerzo de tensión. Esto se puede prevenir considerando en el diseño los miembros que estarán siendo sometidos a estos cambios de esfuerzos de tensión.
- **Fractura Frágil:** Bajo ciertas condiciones, el acero puede perder su ductilidad y la fractura frágil puede ocurrir en lugares de concentración de esfuerzos (McCormac y Csernak, 2012). Sin embargo, algunos autores consideran que esto se puede evitar con un adecuado plan de inspección, ya que antes de llegar a la fractura frágil el acero presentará deformaciones notables que alertarán de una posible falla frágil.
- **Ruidos:** Los ruidos pueden llegar a transmitirse con facilidad en los distintos ambientes de la edificación. Se debe considerar una tabiquería aislante para evitar esto.
- **Vibración por carga viva o sismo:** Las vibraciones ocasionadas por su funcionamiento o por sismos, pueden alertar a los habitantes de un posible colapso y generar una sensación de miedo. Esto se puede evitar limitando las magnitudes de la vibración y deflexiones, además de brindar la información adecuada del funcionamiento del edificio.
- **Detalle de planos de fabricación y montaje:** Los detalles con que se cuente en los planos pueden ser una limitación si no se realizan adecuadamente, de forma detallada y al ritmo para que estén listos antes de la fabricación o montaje. Esto se evita con una buena ingeniería de diseño, integradora y colaborativa con las distintas áreas.
- **Susceptibilidad al pandeo:** Cuanto más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, mayor es el peligro de pandeo. En la mayoría de las

estructuras, el uso de columnas de acero es muy económico debido a sus relaciones elevadas de resistencia - peso. Sin embargo, en forma ocasional, se necesita algún acero adicional para rigidizarlas y que no se pandeen (McCormac y Csernak, 2012).

Una de las empresas en el Perú que se encarga del diseño, producción, ensamblaje, transporte y montaje en obra de estructuras metálicas es SC Ingeniería y Construcción. Es una empresa con 21 años de actividad brindando soluciones integrales al sector minero, industrial, hidrocarburos y construcción, trabajando en conjunto y para empresas reconocidas en el Perú; cuenta con dos plantas de fabricación ubicadas en Ate y Huachipa (Lima), teniendo así una capacidad de fabricación mayor a 1500 t de estructuras metálicas mensuales.



FIGURA N° 2.13: Taller de fabricación de estructuras metálicas de SC Ingeniería y Construcción
Fuente: Web de SC Ingeniería y Construcción
(<https://www.youtube.com/watch?v=YtYOriqv8NU>)

2.1.9 Conexiones en estructuras metálicas

Una parte fundamental de las construcciones en acero son sus conexiones o juntas, con las cuales se unen los distintos elementos estructurales. Estas conexiones suelen ser de 3 tipos: atornilladas, soldadas o remachadas. De estas tres, las conexiones remachadas han sido desplazadas casi en su totalidad por sus requerimientos, inversión de tiempo y costos en comparación con los otros tipos.

La elección de un sistema de conexión depende de distintas variables, las cuales se eligen de acuerdo con cada proyecto, entre las que se puede mencionar al aspecto económico, legal, requerimientos arquitectónicos, y desempeño estructural de las



(a) Conexión remachada. Fuente: Propia



(b) Conexión soldada. Fuente: Propia

FIGURA N° 2.14: Conexiones con remache y con soldadura

conexiones (McCormac y Csernak, 2012). El reto es realizar una adecuada elección acorde al tipo de edificación y sus necesidades.

A lo largo de la historia se ha demostrado que las fallas ocurridas en estructuras metálicas se ha debido a una mala elección y diseño de conexiones, o a una falla en la cimentación. El terremoto de Northridge, ocurrido en 1994 en Los Ángeles, EEUU, brindó datos de las fallas con la implementación del programa SAC, donde se reconoce diversas fallas en las uniones de estructuras metálicas por soldaduras, relativas al uso inadecuado de electrodos, problemas en la raíz de la soldadura y calentamiento excesivo de las piezas a soldar (Crisafulli, 2018). En la Ciudad de México, los daños a edificaciones con estructuras metálicas del sismo del 19 de setiembre del 2017, se atribuyen a una ingeniería pobre en el diseño de las conexiones entre las estructuras metálicas (Soto, 2018).

Por las razones expuestas y su uso en el proyecto de estudio de ejecución de estructuras metálicas que se evalúa posteriormente, se va a detallar y describir solo las conexiones emperradas.

Conexiones atornilladas o emperradas

Los tipos, tamaños, aceros, diseños, preparaciones para el emperrado, procedimientos de calidad, plan de inspección y otras consideraciones, se encuentran en el manual del AISC (actualizado a su última versión). En el Perú se tiene la norma E090, esta norma hace referencia a las normas ASTM para definir los pernos y demás piezas. Es importante resaltar que los pernos sin tornearse también se consideran tornillos según la ASTM.

2.1.9.1 Ventajas en el uso de conexiones emperradas

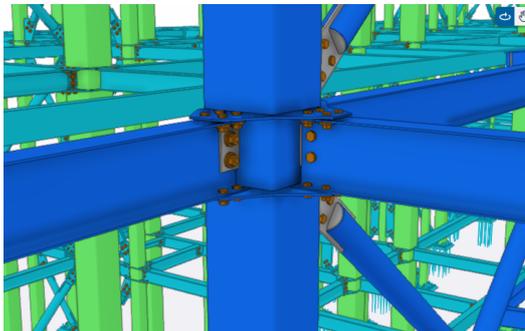
- Tiene un proceso de ejecución más rápido que las otras conexiones. Apoyándose de equipos como pistolas de impacto, permite un gran aumento

en la productividad.

- La mano de obra necesaria no necesita una exhaustiva capacitación, la instalación apropiada de pernos se puede aprender en unas horas.
- Su inspección es más rápida y sencilla.
- Es de sencilla sustitución y mantenimiento. Los pernos se pueden quitar fácilmente para colocar otro nuevo.

2.1.9.2 Limitaciones en el uso de conexiones empernadas

- Realizar detallada y cuidadosamente los planos de fabricación.
- Menor rigidez en la estructura, en comparación con la soldadura.
- Requiere un mayor trabajo en taller, siendo necesario agregar ángulos a los elementos y perforar las ubicaciones de los pernos.
- Se requiere de una gran precisión para el encaje de piezas.
- Los pernos quedan expuestos visualmente.



(a) Vista de pernos en modelo BIM.
Fuente: Modelo BIM de proyecto de estructuras metálicas



(b) Vista de pernos colocados.
Fuente: Propia

FIGURA N° 2.15: Conexiones empernadas

2.1.10 Armadura prearmada - ACEDIM

El uso del acero como refuerzo en el concreto, se da desde mediados del siglo XIX, siendo el pionero Lambot (1848), a partir de ese momento se generaron diversas patentes, aplicaciones y estudios. Su uso intensivo y revolucionario en la industria de la construcción se dio en los primeros años del siglo XX, teniendo diversos estudios sobre las propiedades del concreto armado, sus beneficios, su funcionamiento estructural y diseño.

En la construcción convencional realizada con concreto vaciado in situ, el acero como refuerzo es el material más incidente en los costos en conjunto con el concreto premezclado. Respecto a los tiempos, la partida de acero libera el vaciado de los elementos estructurales, siendo así una parte primordial del tren de producción, ya que, la forma como se ejecute influirá en el plazo de obra y otros indicadores generales. Respecto a la calidad, en conjunto con el concreto, el acero es determinante para obtener un buen desempeño estructural de la edificación.

Las armaduras prearmadas - ACEDIM, también conocidas comercialmente como acero prearmado y acero dimensionado (ACEDIM), consisten en la prefabricación del refuerzo de acero con alta calidad en fábrica, de acuerdo con los planos estructurales de un proyecto y al plan de abastecimiento en obra. Las armaduras prefabricadas se presentan en dos formas: armadura dimensionada o ACEDIM (cortada y doblada), y armadura prearmada (cortada, doblada, y armada o soldada), siendo necesario en esta última forma solo su colocación en obra. El proveedor se integra a los procesos del acero de refuerzo (Orihuela, Pacheco, y Quiroz, 2019):

- **Integración hacia adelante:** El proveedor no solo brinda el material, también realiza el prehabilitado del acero, en algunos casos se brinda el acero prearmado. El proveedor también puede participar en la colocación del acero, pasando a ser un subcontratista.
- **Integración hacia atrás:** El proveedor se encarga del despiece y colabora con la compatibilización en 3D del acero de refuerzo, según los planos del proyecto. El proveedor también se integra a la fase de diseño, coordinando con el proyectista y el arquitecto, desarrollando así un modelo BIM en 3D del refuerzo de los elementos.



(a) Armadura dimensionado (ACEDIM).
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A.
(2009)



(b) Armadura prearmada.
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A.
(2021)

FIGURA N° 2.16: Tipos de aceros de refuerzo prefabricados

Entre las principales empresas que ofrecen estos productos en el Perú se

encuentran: Aceros Arequipa, Ferralia, Inkaferro y Siderperu. Aceros Arequipa ofrece el sistema STEEL TRACK, siendo una plataforma digital que mejora el seguimiento y control de la armadura prearmada - ACEDIM.

2.1.10.1 Ventajas en el uso de armadura prearmada - ACEDIM

- **Uso de la tecnología BIM:** Optimizando el proceso de armado, permitiendo asegurar y mejorar el control de calidad.
- **Menos personal y menos procesos en obra:** Permite prescindir de las cuadrillas de habilitación y en algunos casos de la cuadrilla de prearmado.
- **Ahorro de material:** El acero es habilitado a medida, se tiene 0% de desperdicio.
- **Asesoría constante en la planificación y ejecución de obra:** Mediante los sistemas de información en tiempo real y el modelado del acero de refuerzo en 3D.
- **Mayor calidad:** Se asegura el doblez, usos de acero del tipo y formas adecuadas según la normativa vigente.
- **Ahorro de costos de andamios:** En columnas, se evita la colocación de andamios al no ser necesario su armado in situ.
- **Menores costos:** En numerosos proyectos se ha demostrado un ahorro de costos en la partida de acero de refuerzo al utilizar la armadura prearmada - ACEDIM.

2.1.10.2 Limitaciones y recomendaciones en el uso de armadura prearmada - ACEDIM

- **Zona de acopio:** Es necesario considerar una amplia zona de acopio, según la planificación del proyecto.
- **Colocación:** Dependiendo de las dimensiones, pesos y formas, es dependiente de grúas o montacargas para su colocación.
- **Coordinación con el capataz de acero:** La integración al proceso del capataz de acero debe realizarse adecuadamente, capacitándolo en caso sea necesario.

2.1.11 Losas y placas colaborantes

Las placas colaborantes conforman el sistema de losa colaborante, también conocido como Steel Deck. Este sistema se ha desarrollado en los últimos 50

años como un sistema constructivo de alta eficiencia, aplicado en obras de gran envergadura como edificios y largos puentes, llegando al Perú a mediados de los años 90.

Las placas colaborantes son elementos modulares de acero galvanizado, elaboradas a partir de bobinas de acero estructural con protección galvánica pesada G-90, cumpliendo con las normas del ASTM A653 (especificación estándar para láminas de acero, recubiertas de zinc, galvanizado, o recubiertas de aleación de zinc y hierro, recocido galvanizado) mediante el proceso de inmersión en caliente y ASTM A611 (especificación estándar para acero estructural), para los grados C y D (Aceros Procesados S.A., 2021). Estas se traslapan para generar una superficie sólida sobre la cual se vacía el hormigón y conformar así un sistema constructivo de losa colaborante.

Este sistema de losa puede ser ejecutado con vigas de acero, con vigas de concreto o en sistemas mixtos. A continuación, se detallan las características del sistema aplicado con vigas de acero.



FIGURA N° 2.17: Fabricación de placas colaborantes a partir de bobinas de acero.
Fuente: Acero-Deck (<https://www.acero-deck.com/sistema>)

2.1.11.1 Componentes del sistema losa colaborante con estructuras metálicas

- 1) **Viga metálica:** Elemento estructural sobre el que se apoya la losa colaborante, entre las consideraciones que debe tener, es contar con una buena capacidad para ser soldado. A este elemento van soldados los conectores de corte según cantidades que el diseño indique.
- 2) **Placas Colaborantes:** Estas placas toman los esfuerzos de tracción de la losa en la parte inferior, para esto está dotada de muescas, relieves en la

superficie de la placa que simulan la corrugación del acero y permite una buena adherencia con el concreto. Actúan como acero de refuerzo positivo y sirve de encofrado.

- 3) **Refuerzo por temperatura:** Como en toda losa estructural, es necesario el refuerzo por temperatura para evitar fisuramientos por efectos de temperatura y contracción durante la fragua que sufre el concreto.
- 4) **Conectores de Corte:** Son pernos tipo Nelson Stud fabricados en una sola pieza de grado 2 (SAE 1020, acero de bajo contenido de carbono, de fácil mecanizado y buena soldabilidad) con una protección electroquímica de zinc. Permite la unión permanente entre la losa de concreto y la viga metálica, logrando que estos dos elementos trabajen en forma conjunta (Aceros Procesados S.A., 2021).
- 5) **Otros componentes:** Se pueden considerar topes de borde o topes de cierre si lo requiere la arquitectura o la constructabilidad de la edificación.

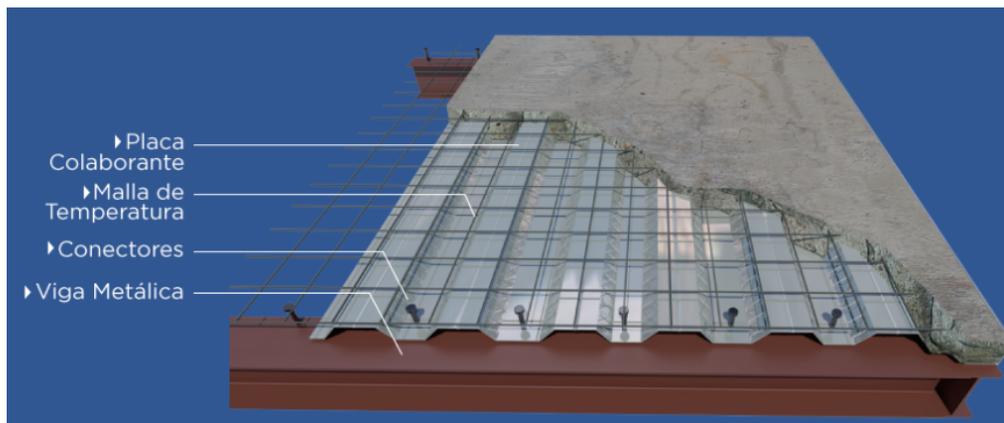


FIGURA N° 2.18: Elementos del sistema losa colaborante con estructuras metálicas.
Fuente: Acero-Deck (<https://www.acero-deck.com/sistema>)

2.1.11.2 Ventajas del sistema de losa colaborante

- **Eliminación de encofrado:** Las placas actúan como encofrado y plataforma segura de trabajo, para esto es necesario fijar las placas con tornillos autoperforantes y así evitar su desplazamiento al usarlo como plataforma.
- **Acero de refuerzo positivo:** La placa de acero funciona como acero de tracción positivo.
- **Menor peso estructural:** Se obtienen losas de un espesor pequeño y bajo peso, transmitiendo menos carga muerta, optimizando así el diseño y la cimentación de la edificación.

- **Reducción del tiempo de ejecución:** Ahorro de hasta un 60 % en el tiempo de ejecución de la obra en comparación con sistemas convencionales (Aceros Procesados S.A., 2021).
- **Cero desperdicios:** Las placas son fabricadas a la medida, según el metrado realizado en función de los planos.
- **Acabado caravista:** La placa de acero galvanizada puede dejarse como acabado caravista con la apariencia plateada que posee.
- **Fácil de instalar:** Su colocación es rápida y sencilla, debido a su bajo peso por elemento es maniobrable con una reducida cuadrilla de trabajo.
- **Diseños preelaborados:** Las propiedades, volumen de concreto por metro cuadrado y sobrecargas admisibles con los distintos perfiles de placas colaborantes y espesores de losas, entre otros datos, son dados por los proveedores.
- **Menor peralte de viga metálica:** La sección compuesta da como resultado una mayor área resistente a la compresión, permitiendo disminuir el peralte de la viga metálica, obteniendo una mayor altura libre entre pisos y menor costo de la edificación.

2.1.11.3 Recomendaciones y limitaciones del sistema de losa colaborante

- **Restricción para instalación de tuberías de desagüe:** Debido al poco espesor libre entre los valles superiores y el acero superior de temperatura, no se pueden instalar tuberías de desagüe (diámetro mínimo para inodoros es 4"). Se recomienda considerar que estas tuberías pasen por debajo de las losas colaborantes.
- **Medidas de placas:** La longitud máxima es de 12 m, siendo recomendable trabajar con placas con medidas entre los 4.00 y 7.00 metros para facilitar la trabajabilidad con estas.
- **Tipos de acabados:** Se dispone de tres tipos de acabados, natural, exponiendo la placa en su color plateado; pintado, la placa se pinta del color indicado; cielo raso, colocando un falso techo o cielo raso. Para decidir el tipo de acabado hay que considerar el hecho de que se tenga tuberías de desagüe por debajo de la placa para el caso de edificios residenciales.



(a) Acabado natural.

Fuente: Aceros Procesados S.A. (2021)



(b) Acabado pintado.

Fuente: Aceros Procesados S.A. (2021)



(c) Acabado con cielo raso.

Fuente: Aceros Procesados S.A. (2021)

FIGURA N° 2.19: Tipos de acabados con el sistema de losa colaborante

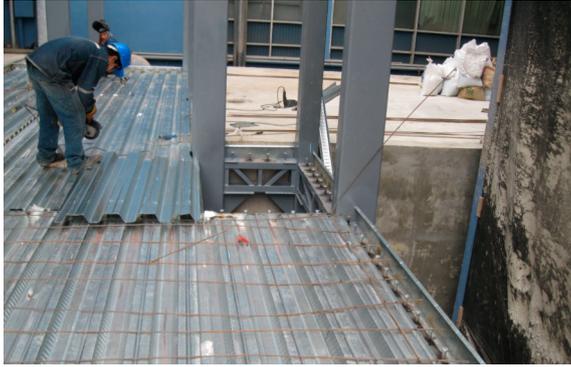
- **Diseño en función del ancho útil:** Se recomienda optimizar el diseño considerando el ancho útil de las placas colaborantes, ancho útil de 900 milímetros, para así evitar posibles desperdicios por medidas no compatibles a placas exactas. Sin embargo, si es inevitable, una placa puede cortarse y servir para dos o más de estas zonas inexactas.

Entre las empresas que ofrecen el producto de las placas colaborantes en el Perú se tienen: Aceros Procesados con su producto Acero-Deck y Precor con su producto Deck.

2.1.12 Métodos de toma de decisiones de ingeniería

Para los procesos de toma de decisiones de ingeniería, se identifican los siguientes sistemas y/o métodos (Parrish y Tommelein, 2009):

- **Saaty (1990)** desarrolló el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) para la toma de decisiones, que hace uso de comparaciones de criterios por pares.



(a) Oficinas de Diar Ingenieros - Lima.
Fuente: Acero-Deck
(<https://www.acero-deck.com/obras>)



(b) Cineplanet Real Plaza Salaverry - Lima.
Fuente: Acero-Deck
(<https://www.acero-deck.com/obras>)

FIGURA N° 2.20: Aplicaciones de losa colaborante con Acero-Deck

- **Thurston (1990; 2006)** explica la Teoría de la utilidad de atributos múltiples en el contexto de la toma de decisiones de ingeniería, que involucra asignar preferencia a múltiples atributos y combinar estas preferencias (a través de promedios ponderados) para determinar la alternativa más preferida.
- **Ullman (2001)** explica la toma de decisiones robusta, un sistema que se centra en la toma de decisiones con información incompleta.
- **Suhr (1999)** desarrolló Choosing By Advantages (CBA), un sistema de toma de decisiones que considera las ventajas de las alternativas y hace comparaciones basadas en estas ventajas.

Estos métodos influyen en la decisión final, lo que consecuentemente genera acciones y resultados finales. Un buen método de toma de decisiones generará las correctas acciones y buenos resultados, caso contrario, malas decisiones pueden influir a tener malos resultados en la ejecución de un proyecto.



FIGURA N° 2.21: Modelo de causa y efecto de la toma de decisiones. Adaptado de Suhr (1999)

2.1.13 Sistema de toma de decisiones - Elección por Ventajas (CBA)

Elección por ventajas o Choosing by advantages (CBA) es un sistema de toma de decisiones colaborativo y transparente, propuesto por Suhr (1999). El CBA contiene varios métodos para muchos tipos de decisiones, desde las más simples hasta

muy complejas, uno de los métodos más usados es el método tabular, se usa para decidir entre dos o más alternativas mutuamente excluyentes, por ejemplo: la elección sobre el tipo de construcción y materiales a usar en una edificación, elección de un contratista general, diseño de un edificio, equipos de proyectos, entre otros.

Su principal propósito es brindar apoyo en la toma de decisiones, permitiendo diferenciar las alternativas y entender la importancia de esas diferencias para los evaluadores, comparándolas entre ellas según el contexto en el que se realiza la comparación. La diferencia con otros métodos radica en que, para este sistema, las decisiones se basan en las ventajas de las alternativas, diferencias positivas, no desventajas ni limitaciones, evitando así el doble conteo. Por último, las decisiones se basan en hechos relevantes y son particulares a un contexto dado, se entrega una clara justificación de la toma de decisiones para todos los participantes permitiendo documentar por qué y sobre qué base se toman las decisiones, a fin de que puedan ser revisadas en un momento posterior del proyecto, en caso de que se disponga de nuevas consideraciones, o para proyectos futuros.

Este sistema de toma de decisiones es recomendado por los diversos Institutos de Lean Construction de distintos países debido a los beneficios que se obtienen al aplicarlo. Parrish y Tommelein (2009) han implementado y analizado en sus investigaciones el sistema CBA para la toma de decisiones de diseño y construcción, como la elección del acero de refuerzo en conexiones viga con columna, obteniendo así una decisión bien sustentada y desde distintas perspectivas en la elección de la importancia de cada ventaja, del fabricante e ingeniero diseñador.

Suhr (2012) menciona cinco principios para asegurar una buena toma de decisiones y que forman parte de los fundamentos del CBA:

- **Principio 1:** El principio fundamental de una buena toma de decisiones: las decisiones deben basarse en la importancia de las posibles diferencias entre las alternativas.
- **Principio 2:** La regla fundamental de una buena toma de decisiones: las decisiones deben basarse en la importancia de las ventajas.
- **Principio 3:** El principio de anclaje: las decisiones deben basarse en los hechos relevantes.
- **Principio 4:** El director fundamental (fundamentalmente importante) para la toma de decisiones: los tomadores de decisiones, ingenieros, arquitectos, líderes, deben aprender y usar hábilmente métodos sensatos para la toma de decisiones.

- **Principio 5:** El principio de los métodos: diferentes tipos de decisiones requieren diferentes tipos de métodos.

En conclusión, los beneficios del uso del sistema CBA son:

- El CBA ayuda a las partes interesadas a tomar decisiones basadas en hechos relevantes que minimizan el conflicto, posponiendo el juicio de valor de los factores hasta la última parte del proceso.
- CBA es un sistema de toma de decisiones acertado que puede complementar las prácticas lean como el Set-based design y la colaboración temprana.
- El Método Tabular CBA, permite documentar las decisiones de forma transparente, lo que ayuda a los nuevos miembros del equipo de cualquier proyecto, a familiarizarse rápidamente con las alternativas consideradas y tener un panorama amplio de las razones utilizadas para evaluar estas alternativas.
- El CBA proporciona un punto de partida para los futuros tomadores de decisiones que se enfrentan a una decisión similar. A medida que las decisiones comienzan a repetirse de un proyecto a otro, el conocimiento capturado en las tablas CBA se puede reutilizar para mejorar las decisiones y el proceso de toma de decisiones en todos los proyectos.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Industrialización en la construcción

Llamado también por algunos autores como industrialización de los materiales de construcción. La industrialización de la construcción, es la transformación de materias primas de construcción, en productos o elementos que posteriormente serán colocados, montados o ensamblados en obra, logrando así satisfacer una demanda masiva de edificaciones, aumentar la productividad y reducir los costos (en grandes proyectos), con la precisión de los métodos industriales modernos mediante maquinarias, de forma automatizada, aplicando tecnologías avanzadas en los procesos de diseño, producción, fabricación, montaje y gestión; e implementando materiales, transporte y técnicas mecanizadas en serie.

2.2.2 Productividad

La productividad es el uso eficiente de recursos, trabajo, capital, suelos, materiales, energía, e información, en la producción de diversos bienes y servicios. Es la posibilidad de aumentar la producción a partir del incremento de cualquiera de los

factores productivos antes mencionados. En función de esto, la productividad se incrementa mediante (Sladogna, 2017):

- 1) Una mayor cantidad de trabajo o trabajo más calificado.
- 2) Un aumento de los recursos naturales explotados.
- 3) Un aumento del equipamiento.
- 4) Un uso más eficiente de la tecnología o la aplicación de nuevas tecnologías.
- 5) Un uso más eficiente de las tecnologías de la información.
- 6) Un uso más eficiente de las energías.

2.2.3 Elementos prefabricados

Son elementos de la construcción que han sido manufacturados (moldeados, cortados, endurecidos, mejorados, etc.) en un área (taller o fábrica) distinta a la de su ensamblaje final (obra). Se basa en un diseño estandarizado y producción en masa. Su uso en un proceso constructivo se le conoce como construcción industrializada o prefabricada.

2.2.4 Gestión de riesgos

La gestión de riesgos en proyectos permite identificar, evaluar, plantear respuestas adecuadas y gestionar de forma general los riesgos. El riesgo es definido como un evento o hecho con cierta probabilidad de ocurrencia y que puede afectar de manera positiva o negativa al proyecto. El PMI mediante el PMBOK, lo define como un área de conocimiento en la gestión de proyectos. Los costos asociados a los riesgos se añaden al presupuesto como parte de la utilidad, asignando un porcentaje del costo directo que depende del tipo de proyecto, experiencia del contratista, entre otros factores.

La metodología de gestión de riesgos consiste en la siguiente (Gotelli, 2019):

- 1) **Planeamiento:** Se define cómo realizar las actividades de gestión de riesgos, metodologías y herramientas a aplicar, asigna roles y responsabilidades, proporciona los recursos y define los plazos necesarios para las actividades de gestión de riesgos.
- 2) **Identificar los riesgos:** Mediante la metodología y herramientas seleccionadas, se identifica el elemento de riesgo, causa del riesgo, evento incierto y el efecto.

- 3) **Evaluar los riesgos:** Se define la probabilidad de ocurrencia y el impacto relativo del evento, posteriormente se asigna un grado de importancia a los riesgos con base en estas dos características. Los impactos suelen llevar su equivalente en costos, para así poder analizar y decidir prioridades.
- 4) **Analizar los riesgos:** Se analiza el riesgo, causa raíz, el cómo, cuándo, quién, por qué, y las diferentes opciones de mitigación.
- 5) **Estrategias de respuestas ante los riesgos:** Con base en el análisis de riesgos se plantean e implementan las acciones de prevención o contingencia de los riesgos
- 6) **Evaluar resultados:** Se verifica la efectividad de las estrategias de respuesta implementadas, se identifican riesgos residuales y secundarios para ser gestionados. Se recopilan lecciones aprendidas para futuros proyectos.

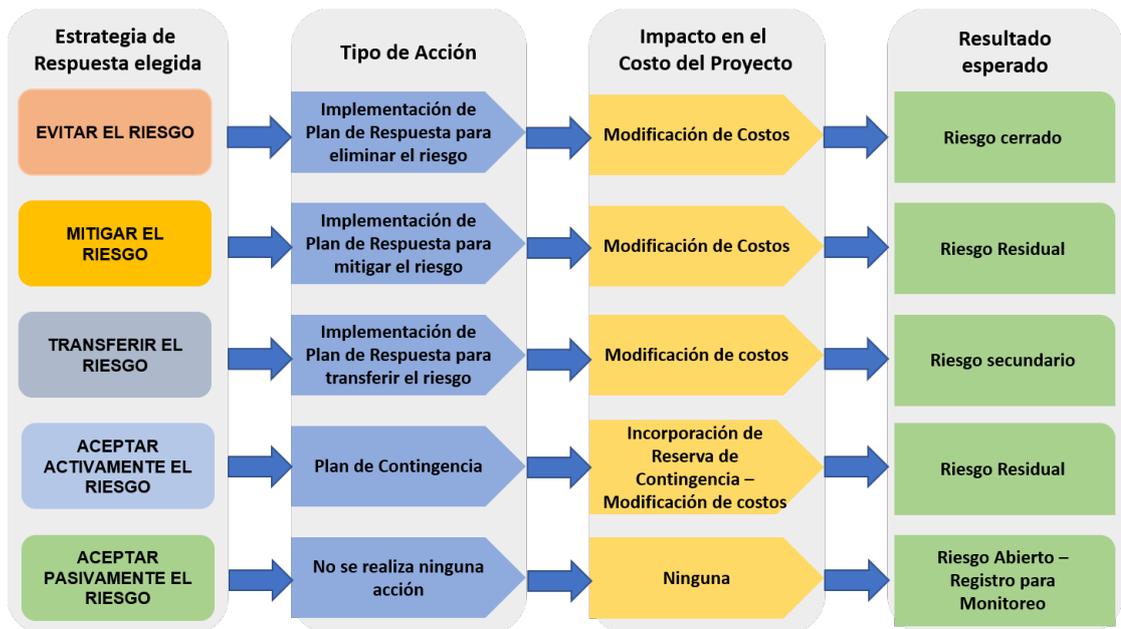


FIGURA N° 2.22: Estrategias de respuestas ante los riesgos del proyecto. Fuente: Gotelli (2019)

2.2.5 IPRA

La herramienta IPRA (International Project Risk Assessment) se usa en la gestión de riesgos de proyectos. Permite identificar y evaluar los riesgos específicos de los proyectos internacionales de forma estandarizada, desarrollando una lista de elementos de riesgos, y exponiendo un proceso estructurado para ayudar a identificar, medir y rastrear los riesgos desde una etapa temprana y a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Las descripciones de elementos de la herramienta IPRA están organizadas por sección, categoría y elemento. Las secciones contienen cuestiones comerciales de alto nivel que ocurren al principio del proyecto, incluyendo el desarrollo del plan comercial y las consideraciones financieras; riesgos específicos relacionados a la problemática de cada país, la construcción, la producción y operaciones. Las secciones son las siguientes.

- 1) **Comercial:** Contiene información necesaria para comprender la viabilidad comercial del proyecto y sus riesgos.
- 2) **País:** Contiene aspectos de los países y regiones que deben evaluarse para comprender mejor los riesgos impuestos por la ubicación del proyecto.
- 3) **Instalaciones:** Contiene la lista de elementos que deben evaluarse en la gestión de riesgos asociados a la planificación, diseño, adquisición, construcción y puesta en marcha del proyecto.
- 4) **Producción y Operaciones:** Contiene los elementos que deben evaluarse para la gestión de riesgos asociados con operaciones a largo plazo.

2.2.6 Seguridad y salud en el trabajo - IPERC

De acuerdo con la OMS, la SST o seguridad ocupacional, es una actividad multidisciplinaria dirigida a promover y proteger la salud de los trabajadores mediante la prevención, el control de enfermedades y accidentes, y la eliminación de los factores y condiciones que ponen en peligro la salud y la seguridad en el trabajo.

La seguridad ocupacional es un aspecto fundamental a considerar en la construcción, debido a los distintos peligros que se tienen durante la ejecución de estos tipos de proyectos. En el Perú, la Seguridad y Salud en el Trabajo está normada por la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo; su reglamento aprobado con Decreto Supremo N° 005-2012-TR y sus respectivas modificatorias, y específicamente para el sector construcción se tiene la Norma Técnica de Edificaciones G050, siendo de cumplimiento obligatorio seguir estándares de seguridad, velando por el bienestar físico y emocional de los trabajadores.

Las organizaciones deben establecer un programa de seguridad y salud ocupacional, cuyas responsabilidades incluyen:

- Planificar y diseñar programas de salud y seguridad.
- Formación en seguridad y salud ocupacional para empleados.

- Evaluar los riesgos de salud y seguridad, y realizar mejoras para reducir los riesgos.

Una herramienta obligatoria y necesaria del programa de salud y seguridad en el trabajo es la aplicación de la matriz IPERC, la cual permite identificar los peligros, evaluar los riesgos, y plantear medidas de control de acuerdo con el nivel de seguridad esperado. Aplicando las medidas de control planteadas en el IPERC se previenen accidentes o enfermedades ocupacionales, velando por la seguridad de los trabajadores y generando ahorro en los costos sociales y económicos de la empresa.

Los conceptos relacionados en la elaboración de la matriz IPERC son (Arévalo, 2018):

- 1) **Peligro:** Situación o característica intrínseca de algo capaz de ocasionar daños a las personas, equipos, procesos y ambiente.
- 2) **Identificación de peligros:** Proceso mediante el cual se reconoce que existe un peligro y se definen sus características.
- 3) **Riesgo:** Probabilidad de que un peligro se materialice en determinadas condiciones y genere daños a las personas, equipos y al ambiente.
- 4) **Evaluación de riesgo:** Proceso de evaluar los riesgos que surgen de los peligros, teniendo en cuenta lo adecuado de los controles existentes, para decidir si los riesgos son o no aceptables.
- 5) **Medida de control:** Acción enfocada a controlar el riesgo de acuerdo con la jerarquía de controles.

La matriz IPERC debe ser realizada y difundida a todos los involucrados en el proyecto, implementando las medidas de control planteadas y realizando modificaciones en caso fueran necesarias, así mismo, se debe realizar para todas las actividades que generen un riesgo, analizando con especial atención a las actividades de mayor potencial de riesgo.

2.2.7 Huella de carbono

La huella de carbono es un indicador ambiental que permite medir la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por una persona, organización o realización de un producto o servicio; sea por efecto directo o indirecto. Para la cuantificación de los GEI se consideran normativas internacionales, tales como ISO 14069, ISO 14067, GHGP, PAS 2050, entre otras. La medición de la huella de

carbono se realiza en masa de CO₂ equivalente. Una vez identificada la cantidad de emisión de GEI, se puede gestionar estas emisiones, implementando medidas para su control y reducción.

2.2.8 Método tabular CBA

Es un sistema de toma de decisiones colaborativo y transparente desarrollado por Suhr (1999), usado para ayudar a tomar decisiones más efectivas. Se enfoca en la elección por ventajas, lo que permite conectar a los tomadores de decisión con aquello que genera más valor y que es más importante para el cliente.

El CBA define un vocabulario para usar en el proceso de toma de decisiones, instando a su uso constante para que todos los involucrados en el proceso de toma de decisiones manejen los mismos términos:

- **Alternativa:** Persona, cosa o plan sujeto a análisis para su elección.
- **Factor:** Elemento, parte o componente de la decisión.
- **Criterio:** Estándar en el cual se basa un juicio deseado o exigido.
- **Atributo:** Característica, cantidad o cualidad de una alternativa.
- **Ventaja:** Diferencia positiva o beneficiosa de dos atributos.

Los pasos para la aplicación del método tabular se muestran en la Figura N° 2.23.

- 1) Los interesados identifican las alternativas que pueden presentar importantes ventajas sobre otras, y que reflejan los valores y objetivos que el equipo desea realizar con su decisión.
- 2) Se definen los factores para evaluar los atributos de las alternativas. El CBA considera el costo por separado de los otros factores.
- 3) Se definen los criterios para cada factor, pudiendo ser una regla de decisión deseable “querer” u obligatoria “deber”, aquellas alternativas que no cumplan con el criterio obligatorio no se consideran para la elección.
- 4) Los interesados resumen los atributos de cada alternativa, se califica cuantitativa o cualitativamente los atributos de los factores elegidos. Los atributos son inherentes a una alternativa, no se tiene un juicio subjetivo. Si todas las alternativas tienen el mismo atributo para un factor dado, ese factor no necesita ser considerado.

- 5) Se determinan las ventajas de cada alternativa comparando cada atributo con el atributo menos preferido en cada factor. Las ventajas dependen del criterio al que pertenece cada factor, hasta este punto no se requiere un juicio subjetivo.
- 6) En este paso se presenta la primera acción subjetiva, las partes interesadas deben decidir la importancia de cada ventaja, declarando explícitamente el sustento de sus preferencias por las ventajas y asignando un grado de importancia a cada ventaja. Este análisis debe ser realizado por las partes interesadas, pudiendo asignarle un grado de importancia distinto a la evaluación de cada interesado según la experiencia, importancia o involucramiento de este. El resultado final tiene que ser un acuerdo o promedio de las evaluaciones de todos los participantes.
- 7) Por último, se evalúan también los costos de cada alternativa y se elige a la mejor según la importancia total de las ventajas.



FIGURA N° 2.23: Pasos del sistema de Elección por ventajas (CBA). Adaptado de Suhr (1999)

CAPÍTULO III: PROCESOS DE DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y FABRICACIÓN DE UN EDIFICIO PREFABRICADO DE METAL

En el uso de elementos prefabricados no solo se debe analizar la producción, también es importante considerar las fases previas, como son la investigación e innovación, planificación, diseño, estrategia de construcción, procedimientos constructivos y recursos involucrados, entre otros; para esto es necesario que todos los involucrados en el proyecto comprendan sus ventajas y posibilidades, así como también las limitaciones que presenta una edificación industrializada mediante componentes prefabricados metálicos. Depende de esto que se aproveche las ventajas que ofrece el uso de elementos prefabricados, al considerar un único proceso coordinado que permita abordar todas las condiciones de forma general.

3.1 ESTUDIO GEOTÉCNICO

Desde la concepción del proyecto de edificación, surge la necesidad de realizar un estudio geotécnico, siendo este un aspecto fundamental para desarrollar la ingeniería del proyecto, dado que la predicción del comportamiento y el buen funcionamiento de la edificación están condicionados por las características del suelo o roca sobre el que se realiza la edificación.

El estudio geotécnico es el compendio de información cuantificada sobre las características del terreno, evaluado en función del tipo de proyecto a realizar. Con esta información se realiza el correcto diseño, análisis y dimensionado de las cimentaciones del proyecto.

3.1.1 Objetivos del estudio geotécnico

- Investigar y reportar las condiciones del suelo en el área de estudio.
- Recolectar muestras representativas de suelo, ensayarlas y estimar sus propiedades, así como sus parámetros de resistencia y asentamiento.
- Recomendar profundidades y otras condiciones de la cimentación.
- Realizar un Informe Técnico de Suelos (ITS) con fines de cimentación acorde al tipo de edificación a realizar.
- Dotar a las partes involucradas de la realización del proyecto, de información y recomendaciones para el diseño y ejecución del mismo, garantizando la seguridad y funcionalidad de la edificación.

3.1.2 Fases del estudio geotécnico

Las fases del estudio geotécnico son las siguientes:

- 1) **Reconocimiento in situ de la zona de trabajo:** Mediante una visita al terreno, el profesional especializado determina la importancia de las variables existentes para plantear los ensayos respectivos y enfoque del estudio geotécnico.
- 2) **Reconocimiento geotécnico de campo y extracción de muestras:** Se realiza el estudio a detalle, a nivel superficial y en profundidad. Se realiza la excavación de calcatas, obteniendo un registro y perfil estratigráfico, también se ejecutan los ensayos in situ y se recogen muestras inalteradas para ser ensayadas en el laboratorio.
- 3) **Ensayos de laboratorio:** Se ejecutan los ensayos en laboratorio, según el tipo de proyecto a realizar y lo determinado por el especialista geotécnico en el reconocimiento del terreno.
- 4) **Elaboración del ITS:** El ITS contiene las conclusiones del estudio geotécnico, mostrando las principales variables del suelo, problemas geotécnicos que presenta, recomendaciones para el diseño de las cimentaciones, todo esto con el sustento de los ensayos realizados.

3.1.3 Importancia del estudio geotécnico

- En el Perú es obligatorio realizar un estudio geotécnico con su Informe Técnico de Suelos, siendo estipulado en la Norma Técnica E-050 Suelos y Cimentaciones del RNE.
- El estudio geotécnico permite conocer el terreno donde se edifica, sin esto es imposible realizar un análisis seguro.

Para el caso de proyectos con elementos prefabricados como las estructuras metálicas, el estudio geotécnico es el mismo, ya que la cimentación resulta similar a la del sistema convencional con concreto vaciado in situ.

3.2 DISEÑO ARQUITECTÓNICO

El diseño arquitectónico consiste en diseñar la distribución de espacios y usos de una edificación, utilizando materiales y tecnologías específicas, y satisfaciendo las necesidades y requerimientos de los espacios habitables, para elaborar un conjunto de planos con detalles y perspectivas del acabado de una edificación.

3.2.1 Pasos del diseño arquitectónico

- 1) El arquitecto estudia las necesidades del cliente y con base en esto, plantea los objetivos del diseño arquitectónico, haciendo una lista de los componentes del sistema y sus requerimientos particulares.
- 2) A partir de la información anterior, se realiza un esquema gráfico inicial, que viene a ser el bosquejo general del proyecto, representando los espacios, sus funcionalidades y relaciones.
- 3) Luego se realiza un diseño básico con base en el bosquejo general, aspectos del contexto arquitectónico, normativas nacionales y municipales, criterios estructurales, forma, características topográficas, características de los servicios básicos en la comunidad, función, elemento predominante en la construcción, presupuesto y aspectos ornamentales, etc.; este diseño es sujeto a evaluación y modificaciones por parte del cliente.
- 4) Se continúa con la elaboración del anteproyecto, el cual consta de los planos arquitectónicos (sección horizontal, elevaciones, cortes o secciones y perspectivas), se incluyen cotas generales. Tiene un propósito preliminar para que sea aprobado por el cliente.
- 5) Una vez aprobado el anteproyecto, se realiza el diseño o proyecto arquitectónico de la edificación, en este se describen la forma, funciones, sistema constructivo, y planos de arquitectura detallados.

3.2.2 Consideraciones en el diseño arquitectónico para edificaciones con componentes prefabricados

La construcción de edificaciones con elementos, paneles o unidades modulares tridimensionales prefabricadas cambia los conceptos del diseño arquitectónico convencional. Este sistema de diseño y construcción exige una labor de equipo mucho más efectiva entre arquitectos, diseñadores industriales, ingenieros y constructores; todos los sistemas de prefabricación y el trabajo con sistemas modulares obedecen a labores coordinadas (Cervantes, 2003). Los proyectistas en coordinación con el cliente deben fomentar el empleo de componentes prefabricados industrializados.

En el Perú, los diseños arquitectónicos de los últimos años parecen aún no estar ajustados a los componentes industrializados que conforman la edificación (Salas, 2021). Anteriormente se mencionaron como referencia del concepto de arquitectura y su importancia con la compatibilización de los componentes prefabricados, a las publicaciones de Salas (2021) y Pons (2010), donde de forma general se identifica que para lograr una buena compatibilización, los componentes prefabricados deben

ser considerados desde la prefiguración arquitectónica, conociendo las formas, geometría, conexiones, y dimensiones de estos componentes.

Específicamente las consideraciones para un correcto y eficiente diseño arquitectónico de edificaciones con componentes prefabricados son:

- **Integración:** Integración de las diversas fases de los procesos constructivos en el diseño arquitectónico.
- **Coordinación modular:** Su objetivo es la normalización, establecer componentes típicos, con las series de dimensiones que deben tener los elementos constructivos para facilitar el proceso de diseño, producción y las operaciones en obra. Una adecuada coordinación modular responde a los siguientes factores (Cervantes, 2003):
 - a) Hacer posible la agregación o suma de los elementos.
 - b) Permitir la sustitución o intercambio de los elementos.
 - c) Permitir las combinaciones entre los elementos.
- **Estandarización:** Se busca la estandarización y repetición de los componentes de la edificación, para así adaptar la industria de la construcción a la producción masiva y especialización.
- **Unificación de regulaciones y códigos:** La unificación se realiza cuando las dimensiones de los elementos concuerden entre sí y estén coordinadas en el conjunto de la edificación.
- **Flexibilización conceptual y operativa:** El buscar niveles ampliamente satisfactorios de coordinación modular y estandarización de los componentes resulta muchas veces inviable. Por lo que se debe buscar bases comunes estandarizadas propias de cada edificación, con la finalidad de dotarla de una mayor flexibilidad y así evitar una coordinación modular excesivamente restrictiva.
- **Oferta de mercado:** La coordinación modular es factible siempre y cuando exista un número suficiente de estos componentes modulares de la edificación en el mercado, o bien se establezca un método de producción específico para el proyecto, lo cual resulta viable para grandes demandas.

3.3 DISEÑO ESTRUCTURAL

Mediante el diseño estructural se logra equilibrar las fuerzas a las que va a estar sometida una edificación, y así resistir las sollicitaciones de cargas evitando el colapso y un mal comportamiento, con la finalidad de no interrumpir las operaciones

y cumplir con su tiempo de vida estimado. Se realiza el análisis de las resistencias y deformaciones de cada uno de los elementos estructurales y también del conjunto, para esto es importante definir las propiedades del material seleccionado, sus características naturales específicas y capacidades mecánicas.

3.3.1 Consideraciones en el diseño estructural

- Se debe considerar los 3 principios del diseño estructural: seguridad, funcionalidad y economía.
- Se busca obtener un rendimiento balanceado de la rigidez y plasticidad de los elementos, ya que en muchas ocasiones, proporciones desbalanceadas de estos dos aspectos puede conducir a la falla estructural.
- En países con presencia sísmica como en el Perú, es importante diseñar con base en las consideraciones sísmicas, especificadas para el Perú en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE.

3.3.2 Pasos del diseño estructural

- 1) **Estructuración:** La estructuración propone la ubicación y dimensiones (predimensionamiento) de los elementos estructurales considerando la arquitectura general, lo que permite afinar el proyecto arquitectónico.
- 2) **Análisis:** Se realiza el cálculo de los esfuerzos y deformaciones de los elementos, de acuerdo con la normativa local vigente.
- 3) **Diseño:** Posterior al análisis, se definen dimensiones, geometrías y distribución para los elementos de la estructura, siendo un proceso iterativo, finalizando cuando los elementos satisfagan las demandas de la edificación.
- 4) **Elaboración de planos estructurales:** Se realizan los planos estructurales, con los datos previamente obtenidos.
- 5) **Memoria de cálculo:** Este documento contiene el resumen del análisis y diseño estructural, de acuerdo con la normativa local vigente.

3.3.3 Consideraciones en el diseño estructural para edificaciones con estructuras metálicas

Su diseño debe ser compatible con los otros sistemas de ejecución que complementarán la estructura de la edificación, como son el tipo de losa, la tabiquería, las instalaciones de agua y desagüe, entre otras.

Lo principal es tener conocimientos de las propiedades mecánicas y elementos que se presentan al trabajar con acero estructural, tener en cuenta las formas y geometría en que se presentan estos elementos estructurales, así como sus ventajas y limitaciones.

Las peores condiciones de esfuerzos pueden ocurrir durante el montaje, por lo que debe considerarse la manipulación en esta etapa y la de transporte en su diseño, para realizarlo de manera eficaz y eficiente.

Otras consideraciones en el diseño de estructuras metálicas son:

3.3.3.1 Cimentaciones

El diseño de cimentaciones es similar al de edificaciones con concreto vaciado in situ. El principal detalle a considerar es la conexión de la columna de metal con la cimentación en las zapatas, que se realiza mediante pernos de anclaje, los cuales unen la columna de metal con la columna de concreto (pedestal), apoyándose sobre la cimentación para así transmitir las cargas hacia el suelo. Debido a los elevados esfuerzos de compresión en las columnas de acero, se añade una placa de acero laminado, llamada placa base, la cual usualmente está unida a la columna de metal, esta placa distribuye la carga de la columna hasta un área suficientemente grande de la base, para evitar fracturar el pedestal.



FIGURA N° 3.1: Unión de columna de metal con columna de concreto - Edificación con estructuras metálicas. Fuente: Propia

3.3.3.2 Elección del sistema estructural

En el Perú, el RNE en la Norma Técnica E. 030 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018) define los siguientes sistemas estructurales de acero:

- Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF): Son pórticos que dotan de significativa capacidad de deformación inelástica a través de la fluencia

por flexión de las vigas y su limitada fluencia en las zonas de panel de las columnas, estas columnas deben ser diseñadas para tener mayor resistencia que las vigas cuando incurrieren en la zona de endurecimiento por deformación.

- Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF): Son pórticos que dotan de una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.
- Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF): Son pórticos que dotan de una mínima capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.
- Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF): Son pórticos que dotan de una significativa capacidad de deformación inelástica mediante la resistencia post-pandeo en los arriostres en compresión, y fluencia en los arriostres en tracción.
- Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF): Son pórticos que dotan de una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones, similar a los pórticos SCBF.
- Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF): Son pórticos que dotan de una significativa capacidad de deformación inelástica, principalmente por fluencia en flexión o corte en la zona de arriostres

El sistema estructural queda seleccionado en función de la capacidad de deformación inelástica y el método de control aplicado, teniendo como opción agregar arriostres al pórtico.

Le elección del sistema estructural debe ser dada acorde a las características de la edificación y según la experiencia del proyectista, buscando la seguridad y economía de la edificación.

3.3.3.3 Columnas

En la correcta selección del perfil para las columnas, se debe evaluar los estados límites de pandeo a los que estará expuesta, dado que el estado de pandeo es un estado de desequilibrio de la columna. Un perfil que cumple con estas características es el perfil W, que presenta un comportamiento mejorado contra los estados límites de pandeo. Se busca el menor peso por longitud, lo que se logra reduciendo el área transversal.



FIGURA N° 3.2: Pórtico concéntricamente arriostrado - Edificación con estructuras metálicas.
Fuente: Propia

3.3.3.4 Vigas

Los perfiles deben orientarse hacia el eje de mayor inercia y rigidez, es decir, el eje fuerte o mayor eje X, esto se hace principalmente por cargas sísmicas y cargas de gravedad (Cruz, 2018). La deflexión de la viga es inversamente proporcional a la inercia de la sección transversal, el grado de peralte o inercia también es importante para controlar las deformaciones laterales de las edificaciones originadas en pórticos rígidos.

3.3.3.5 Arriostres

Los arriostres están sujetos a fuerzas axiales en tensión principalmente, a consecuencia de cargas sísmicas en ambas direcciones, siendo el único factor que determina su resistencia el área de la sección transversal (para mismos materiales o tipo de acero), la cual se determina según el control planteado de desplazamientos o derivas de entrepisos. La elección de la sección es decidida mayormente por el tipo de conexión final utilizado para conectar los miembros de la estructura. Para conexiones soldadas los miembros se pueden superponer, en el caso de conexiones empernadas se requiere de una placa de unión previamente perforada. "La selección de un perfil para ser utilizado como miembro de tensión es uno de los problemas más simples, porque no hay peligro de pandeo del miembro y eso depende del proyectista"(Cruz, 2018).

3.3.3.6 Losas colaborantes

Los proveedores brindan información de las propiedades y características de diseño de las losas colaborantes, dependiendo del tipo de placa colaborante, espesor de losa y calidad del concreto, etc.; esta información puede ser tomada inicialmente para la estructuración de la losa y es una referencia para el diseño de la losa colaborante.

3.3.3.7 Diseño económico

Para un diseño económico no solo se debe buscar la optimización de materiales, perfiles más ligeros, menores dimensiones, etc., también se debe buscar la optimización de los costos de mano de obra, hay estudios que indican que estos costos ascienden a un 60 % del costo total de las estructuras metálicas, mientras los costos de materiales a un 25 %. Entre los distintos factores que deben considerarse para obtener un diseño económico se tienen (McCormac y Csernak, 2012):

- El diseñador debe informarse sobre la disponibilidad de perfiles laminados en el mercado local, ya que algunos de estos podrían resultar difíciles de conseguir y más costosos.
- En ocasiones el perfil más ligero no es el más barato. Buscando la sección más ligera se puede obtener una gran cantidad de perfiles de distintas formas y tamaños (sin estandarizar), donde probablemente el costo de los trabajos en acero sea mayor (costos de detalles, fabricación y montaje) que en el caso de unificar los perfiles. Por lo que se debe buscar un equilibrio entre la estandarización y selección de perfiles ligeros.
- Por buscar un momento de inercia mayor, mejores capacidades de resistencia y menor peso en las vigas, estas se suelen diseñar con un mayor peralte. Para el caso de edificios de grandes alturas, puede resultar económico cambiar este criterio. Al tener grandes peraltes en las vigas la altura entre pisos aumenta con el fin de mantener la altura libre, si se reduce el peralte y se obtienen vigas relativamente más pesadas y costosas, la altura entre pisos puede ser reducida, logrando un importante ahorro de costos relativos a la altura de muros, columnas, ascensores, cableado, entre otros. Estos ahorros pueden llegar a ser mayores al costo de una sección de viga más pesada y de menor peralte.
- Los costos de montaje son casi los mismos para elementos ligeros y pesados, por esta razón y siempre que sea posible, se debe buscar diseñar elementos grandes, para así lograr un ahorro de costos en el total de la edificación.

3.4 PLANEAMIENTO

El planeamiento es una condición necesaria para el éxito de cualquier proyecto, permite analizar, identificar y plantear los recursos, tiempos, costos, riesgos, estrategias de ejecución, acciones preventivas, colaboración sistemática del equipo de proyecto, documentación del proyecto, etc.

En la construcción prefabricada los tiempos de construcción son más cortos que en la construcción convencional con concreto vaciado in situ, sin embargo, para empresas nuevas en la realización de proyectos con elementos prefabricados, los periodos de tiempo de planeamiento y diseño pueden ser más prolongados por la poca experiencia aplicándolo.

En la planificación tradicional es frecuente la falta de datos o definición, lo cual es superable con la tecnología BIM que exige la realización de una construcción virtual exacta del proyecto, añadiendo tiempo y costos, entre otras características. El sistema industrializado con estructuras metálicas impulsa y acelera el uso de la tecnología BIM desde la etapa de diseño. Así mismo, la planificación con equipos que ofrece la industrialización permite asegurar y mejorar el flujo de procesos, y reducir la mano de obra involucrada en la ejecución.

El planeamiento incluye el desarrollo del sistema de producción y el análisis de los aspectos organizativos. El primero permite obtener las estrategias de ejecución, elaborando una secuencia lógica de actividades y tareas necesarias para producir un entregable; y el segundo brinda soporte para poder plantear las estrategias de ejecución en función de los factores ambientales y organizativos de la empresa. A continuación, se detalla solo el desarrollo del sistema de producción.

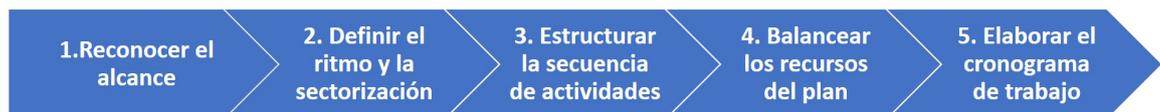


FIGURA N° 3.3: Planeamiento del sistema de producción. Elaboración propia

3.4.1 Reconocer el alcance

La primera actividad a realizar en el planeamiento es reconocer y estudiar el alcance. El alcance permite limitar el proyecto, definir sus objetivos y las características del producto final, está definido por el contrato y documentos del proyecto, donde se mencionan las necesidades, requerimientos y obligaciones. El desarrollo del plan requiere de datos de producción de cada actividad y del sistema en su conjunto.

El alcance debe incluir todos los trabajos requeridos y solo estos para completar el

proyecto según el contrato. Al definir claramente el alcance del proyecto, se puede asegurar un buen planteamiento de las actividades para así lograr las metas y objetivos del proyecto, no tener demoras ni sobrecostos y asegurar la calidad.

3.4.2 Definir la sectorización y ritmo

Se debe esquematizar gráficamente el proyecto, identificando su distribución y dimensión. En función de su distribución se plantean las etapas y frentes del proyecto, realizando el planeamiento integral, en el cual se identifica la sectorización del proyecto, para luego definir el ritmo con el que se tiene que ejecutar cada sector con la finalidad de cumplir con los plazos contractuales. Este proceso es iterativo y dinámico, debe cubrir todo el alcance del proyecto, y se realiza acorde a la experiencia, criterio y conocimiento del equipo de proyecto.

La cantidad de sectores se pueden definir de tres maneras:

- 1) En función de datos de los activos de la organización, lecciones aprendidas y datos de proyectos similares. Usando los ratios y rendimientos históricos.
- 2) Como resultado de un análisis en función de la disponibilidad de recursos, procesos constructivos, la ubicación, flujos de trabajo, esquema gráfico del proyecto y condiciones contractuales.
- 3) En función del ritmo de la actividad cuello de botella (actividad o recurso crítico).

Algunas recomendaciones para realizar una buena sectorización son:

- Realizar una sectorización para cada nivel, cuando exista variabilidad. En caso de lograr un edificio modulado a nivel vertical, la sectorización se puede repetir en cada nivel.
- Dar especial atención en la sectorización, a las zonas de desniveles o rampas.
- En estructuras metálicas, la sectorización de la etapa estructural del montaje de columnas se trabaja definiendo los sectores de forma vertical, las vigas se sectorizan de forma horizontal.
- Considerar los cortes de la sectorización generados por juntas de dilatación o similares.
- La sectorización debe considerar la mejor maniobra de montaje posible (rápida, segura y disponible).

- La sectorización de la losa colaborante debe considerar áreas compatibilizadas con las distintas especialidades que se realizan en conjunto (pases, canaletas, instalaciones sanitarias y eléctricas, etc.).

3.4.3 Estructurar la secuencia de actividades

Identificadas las actividades en el reconocimiento del alcance, se procede a establecer una secuencia de estas, con base en sus dependencias, estrategia de ejecución planteada y al tipo de estructura.

Se documentan las relaciones entre las actividades del proyecto, con una secuencia lógica de trabajo buscando la eficiencia y considerando las restricciones que se tengan. La resultante de este proceso es el desglose a detalle de la secuencia constructiva y el diagrama red de las actividades del proyecto.

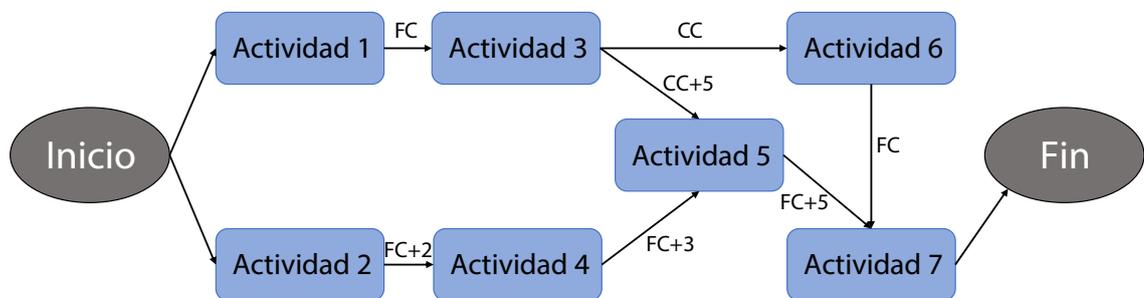


FIGURA N° 3.4: Diagrama de red de actividades. Fuente: Elaboración Propia

3.4.4 Balancear los recursos del plan

Es un proceso iterativo y dinámico, cubriendo el alcance definido, y elaborado según la experiencia, criterio y conocimiento del equipo de proyecto, así como de la oferta de mercado y precios actuales, pudiendo sustituir ciertos recursos planteados inicialmente, por otros de similares propiedades y funciones, de tal forma que no se afecte a la calidad ni al alcance del proyecto.

Se itera hasta alcanzar una continuidad de trabajo para todas las cuadrillas, buscando una curva suavizada, evitando ingresos y salidas masivas de personal. El resultado debe considerar el flujo de caja del proyecto, de tal manera que los recursos se concentren a la mitad de ejecución del proyecto.

3.4.5 Elaborar el cronograma de trabajo

Definidos la sectorización, ritmo, secuencia de actividades, y balanceados los recursos, se obtienen los tiempos de duración de las actividades en cada sector bajo una secuencia constructiva dada.

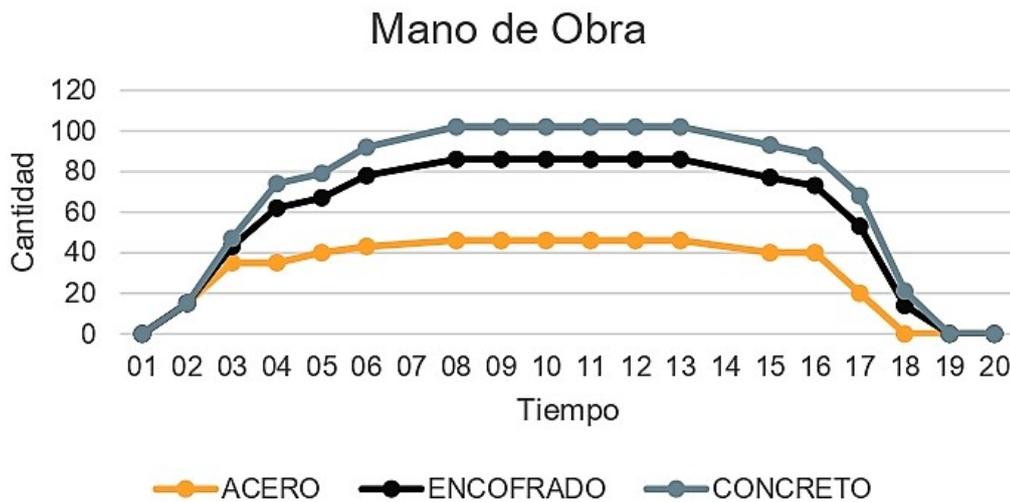


FIGURA N° 3.5: Ejemplo de balance de recursos en mano de obra. Fuente: Llanos (2021)

El cronograma debe ser desarrollado hasta el nivel necesario de detalle, de tal forma que permita identificar los recursos, sirviendo como base para el cronograma de recursos. Algunas recomendaciones adicionales en la elaboración del cronograma son:

- Es importante definir el calendario del proyecto, considerando las horas laborables, días útiles y los feriados.
- El cronograma puede ser representado de distintas formas: diagramas Gantt, diagrama pert-CPM, diagramas tiempo camino, trenes de trabajo, etc. El tipo de cronograma debe elegirse en función del tipo de proyecto a ejecutar.

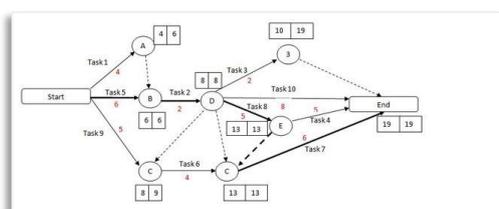
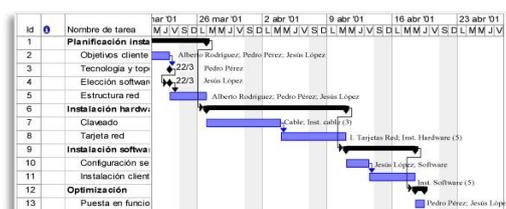


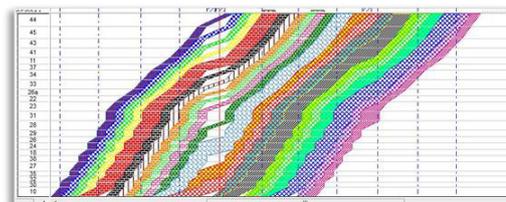
Diagrama pert-CPM



Diagramas Gantt



Trenes de trabajo



Diagramas tiempo camino

FIGURA N° 3.6: Tipos de cronogramas. Fuente: Llanos (2021)

3.4.6 Otros resultados del planeamiento

Otros entregables del planeamiento que se analizan posteriormente en los proyectos en comparación son:

- Análisis de riesgos del proyecto.
- Análisis de riesgos laborales – IPERC.
- Análisis de sostenibilidad del proyecto, con la metodología de la huella de carbono.
- Análisis de productividad, obtenido de la ejecución, que permite actualizar el cronograma inicial.

3.5 PROCESOS DE LA ARMADURA PREARMADA - ACEDIM

La trazabilidad es el conjunto de medidas, acciones y procedimientos que permiten registrar e identificar un determinado producto desde su nacimiento hasta su destino final. Es importante conocer la trazabilidad de los componentes prefabricados, para así poder sustentar la calidad de los elementos al cliente o usuario final del proyecto. Debido a la importancia de la trazabilidad, se va a describir los procesos relacionados a los elementos prefabricados que se analizaron y se implementaron en la construcción del edificio residencial de estructuras metálicas, de esta manera el cliente (contratista principal) y usuario final (dueño de la edificación) conocerán la calidad y los procesos en la realización de estos.

Para identificar y describir los procesos de la armadura prefabricada se toma como referencia a la empresa Aceros Arequipa, ya que con esta empresa se trabajó en el proyecto.

Es importante partir de los procesos de colocación de acero tradicional, para poder analizar las diferencias con el proceso de colocación de la armadura prearmada - ACEDIM.



FIGURA N° 3.7: Proceso tradicional de colocación de acero de refuerzo.
Fuente. Orihuela et al. (2019)

En la armadura prearmada - ACEDIM, las etapas se clasifican en tres grupos: diseño y fabricación, transporte o logística de entrega, y colocación en obra.

Procesos de acero prearmado y ACEDIM



FIGURA N° 3.8: Procesos en la armadura prearmada - ACEDIM. Elaboración Propia

3.5.1 Ingeniería de detalle BIM

Se realiza la integración hacia atrás, siendo el proveedor de acero participe del diseño BIM, empleando la metodología VDC. Una vez modelado el acero de refuerzo, se puede identificar los tipos de traslape, diseñar las piezas de acero, decidir qué elementos se trabajan como prearmado y cuáles otros como ACEDIM, además de compatibilizar con las otras especialidades evitando así cualquier tipo de interferencia. Este modelo BIM también sirve para poder llevar un control adecuado de la fabricación y su despacho a obra, además de permitir verificar su constructabilidad con los responsables de la ejecución.



FIGURA N° 3.9: Elaboración de ingeniería de detalle BIM de armadura prefabricada.
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A. (2021)

3.5.2 Despiece y metrado

Posterior al modelamiento BIM, se obtienen las planillas de despiece de acero, en conjunto con los presupuestos, planificación de estructuras, etc.

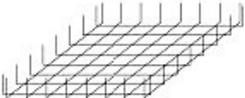
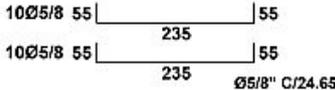
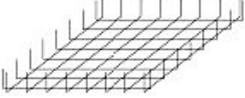
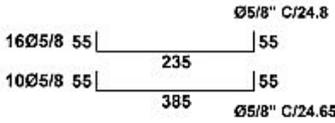
 	<p>(x20) INFERIOR Z1 2.50X2.50 MTS 1RA TORRE ZAPATAS Y RIOSTRAS</p> <p>Corte de barras : 400Ø5/8 - 345 - 2</p> <p>Peso : 2141.80 kg 000066</p>
 	<p>(x2) INFERIOR Z3 2.50X4.00 MTS 1RA TORRE ZAPATAS Y RIOSTRAS</p> <p>Corte de barras : 20Ø5/8 - 495 - 2 32Ø5/8 - 345 - 2</p> <p>Peso : 324.98 kg 000068</p>

FIGURA N° 3.10: Modelo de planillas de despiece. Fuente: Propia

3.5.3 Abastecimiento

Para el abastecimiento de la armadura prearmada se dispone de dos tipos de fierro corrugado:

- ASTM A615-G60 / NTP 341.031 – G420: Usado en el refuerzo del concreto armado en todo tipo de edificaciones.
- ASTM A706-G60 / NTP 339.186 – G420: Se usa como refuerzo en estructuras sismorresistentes y donde se requiera el soldado de los elementos. Como en el caso de prearmado soldado.

La elección de cada tipo dependerá de lo identificado en la etapa de ingeniería de detalle BIM, para los elementos que llegan soldados a obra se trabaja con el acero ASTM A706-G60, caso contrario se usa el acero ASTM A615-G60 (en la actualidad año 2023, se tiene acero binorma, el cual tiene la capacidad de ser soldado).

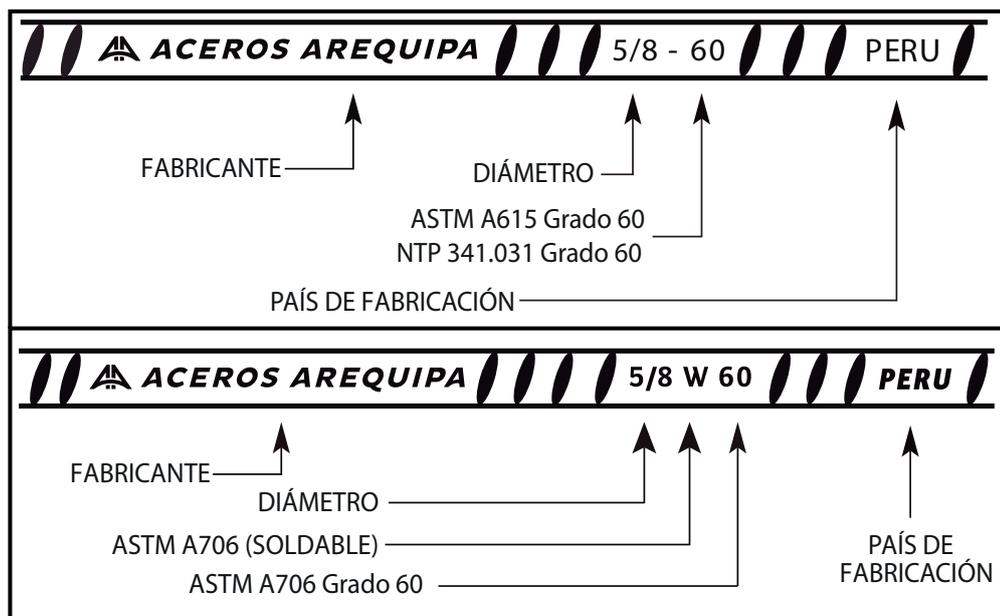


FIGURA N° 3.11: Identificación de los tipos de acero de refuerzo.
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A. (2019a, 2019b)

3.5.4 Fabricación

El modelo BIM se conecta al sistema de producción integrado Armaplus, generando una producción optimizada y automatizada, las piezas son cortadas, dobladas y armadas mediante máquinas de última tecnología con alta precisión, bajo estándares de calidad, y cumpliendo las normativas correspondientes al acero de refuerzo. Los elementos resultantes son etiquetados y correctamente identificados.



FIGURA N° 3.12: Fabricación de la armadura prearmada de una columna.
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A. (2021)

3.5.5 Transporte

El transporte puede ser realizado por el proveedor de acero o el cliente mismo, influyendo de esta manera en los precios finales de venta. Se realiza acorde al cronograma de despacho definido en función del avance de obra, actualizándose semanalmente en caso existan desviaciones. Para la etapa del transporte se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Dimensiones de los elementos:** Se considera el ancho y alto de los elementos, identificando los límites en las dimensiones para así evitar en la medida de lo posible el transporte con vehículos de escolta o apoyo en caso sobrepase las dimensiones establecidas por norma, evitando de esta manera, costos adicionales. Todas las consideraciones y permisos necesarios están indicados en la resolución directoral vigente N°2226-2008-MTC/20: Normas y procedimientos para el otorgamiento de autorizaciones especiales para vehículos que transportan mercancía especial y/o para vehículos especiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).
- **Estabilidad de elementos:** Se revisa la trayectoria a seguir, identificando baches, rompemuelleres, etc., que pueden afectar la estabilidad de los elementos en el vehículo. Los elementos se amarran y posicionan asegurando su estabilidad.
- **Distancia de planta a obra:** Para el caso en que se cuente con más de una planta de fabricación, se tendrá en cuenta la distancia de la planta más

TABLA DE CALIFICACIÓN

DIMENSIONES DEL VEHICULO Y/O MERCANCÍA (MT.)	CANTIDAD VEHICULO APOYO	CANTIDAD APOYO POLICIAL	CONVOY (Grupo de Vehiculos)	CANTIDAD VEHICULO APOYO
ANCHO TOTAL			HASTA 3 VEHICULOS	1
HASTA 3,00	-	-	HASTA 6 VEHICULOS	2
DE 3,01 A 3,50	1	-		
DE 3,51 A 4,00	2	-		
DE 4,01 A MÁS	2	1		
LARGO TOTAL				
HASTA 20,50	-	-		
DE 20,51 A MÁS	1	-		
ALTO TOTAL				
HASTA 4,80	-	-		
DE 4,81 A MÁS	1	-		
EXCESO ANTERIOR				
HASTA 8% Ó 1,60	-	-		
DE 1,61 A MÁS	1	-		
EXCESO POSTERIOR				
HASTA 8% Ó 1,60	-	-		
DE 1,61 A 3,00	1	-		
DE 3,01 A MÁS	2	-		
PESO (TON)				
HASTA 60,00	-	-		
DE 60,01 A MÁS	2	1		

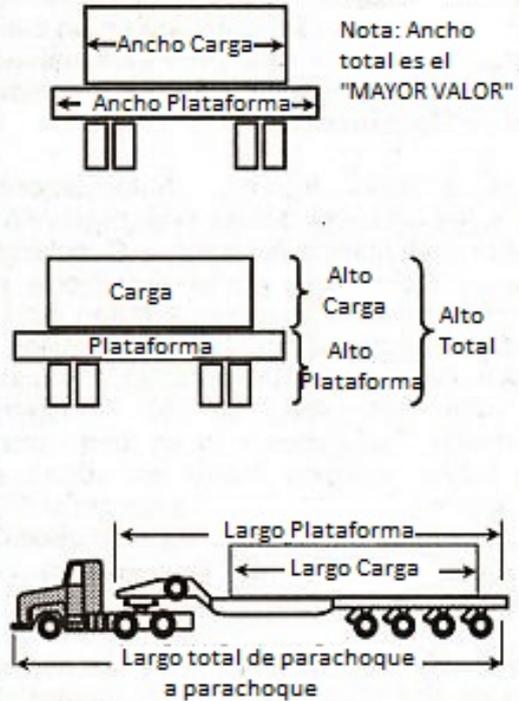


FIGURA N° 3.13: Calificación para escolta según dimensiones del vehículo y/o mercancía.
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008)

cercana a obra. En proyectos grandes se puede instalar un taller temporal cerca de obra.

3.5.6 Almacenamiento en obra

Se define un espacio en obra, donde permanecen los elementos prefabricados hasta el momento de su colocación. Se debe optimizar este inventario, de tal manera que el tiempo de almacenamiento en obra sea mínimo, zona reducida y cerca al montaje para evitar realizar más de un movimiento con el equipo de izaje. Durante el tiempo de almacenamiento el acero debe conservar su calidad, no almacenarse en contacto con el suelo, y cubrirlo de protección plástica en lugares abiertos. La zona de almacenamiento debe permitir un área de tránsito fluida.

3.5.7 Instalación

El proceso de instalación puede llevarse a cabo por el cliente o el proveedor de acero, convirtiéndose así en una subcontrata. Para realizar una adecuada instalación se tiene que considerar lo siguiente:

- **Maquinaria de montaje:** Dependiendo del peso de los elementos se necesitará una grúa con capacidad suficiente para su instalación, y dependiendo de la cercanía al punto de instalación esta maquinaria puede ser una plataforma-grúa, evitando realizar más de un movimiento que con una grúa común (solo grúa sin plataforma de carga).
- **Integración del personal:** El personal encargado de su instalación debe tener la capacidad de identificar los elementos de acero de la armadura prefabricada para ubicarlas y empalmarlas correctamente.



FIGURA N° 3.14: Colocación de armadura prefabricada verificada con apoyo del modelo BIM.
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A. (2021)

3.6 PROCESOS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Los procesos de la estructura metálica consisten en el diseño, laminado de los perfiles, la fabricación de los elementos (corte con dimensiones requeridas y la colocación de cartelas con su perforación para las conexiones mediante pernos, entre otros tratamientos), el transporte y montaje. Durante todo el proyecto es importante contar con información de producción de los elementos, clasificándolos según el módulo al que pertenecen, y en función del estado de los procesos: habilitado, armado, detallado, soldadura, limpieza, entre otros. Para detallar los procesos se considera las conexiones mediante pernos, tal y como se ejecuta en el proyecto de estructuras metálicas sujeto a evaluación.



(a) Columnas y vigas metálicas en el taller antes del proceso de fabricación.
Fuente: Documentos del proyecto



(b) Columnas metálicas habilitadas para su pintado y retoques.
Fuente: Documentos del proyecto

FIGURA N° 3.16: Material habilitado para fabricación

- El enderezado puede utilizarse también para dar contra flecha a los elementos estructurales que la requieran (Martínez, 2014).
- Los cortes pueden ser realizados con cizalla, sierra o soplete, de preferencia se busca la realización a máquina, para así aumentar la eficiencia del proceso.
- Los elementos estructurales que deben pintarse se limpian con solventes para eliminar los depósitos de aceite, grasa, óxido u otros compuestos químicos que puedan contener.
- Las piezas de acero que quedan cubiertas por acabados interiores no necesitan pintarse, de forma similar a las que quedarán embebidas en concreto.
- Durante el proceso se le sueldan cartelas perforadas según el plano de detalles, esto se lleva a cabo solo en las conexiones mediante pernos. Con la finalidad de darle un buen acabado y proteger a las cartelas de la oxidación, son esmeriladas para borrar las imperfecciones, y luego son pintadas con pintura epóxica y del mismo color que los elementos estructurales metálicos
- Se procura un flujo continuo de fabricación y despacho, para no incurrir en costos de almacenaje.
- Cada elemento se debe marcar con letras y códigos para así identificarlos fácilmente durante el transporte y montaje.



(a) Fabricación de vigas metálicas.
Fuente: Documentos del proyecto



(b) Fabricación de arriostres metálicos.
Fuente: Documentos del proyecto

FIGURA N° 3.17: Proceso de fabricación de elementos metálicos



(a) Vigas metálicas fabricadas.
Fuente: Documentos del proyecto



(b) Columnas metálicas fabricadas.
Fuente: Documentos del proyecto

FIGURA N° 3.18: Elementos metálicos fabricados y listos para transportar

3.6.4 Transporte

Las consideraciones para el transporte son las siguientes:

- Se debe buscar el menor costo de transporte, considerando las dimensiones de carga para cada tipo de tráiler, largo, ancho y altura. En paralelo se evalúa la ruta y la normativa para transporte de cargas.
- Las dimensiones del vehículo deben ser acorde a las características de las vías internas en obra y su ruta de traslado hasta su almacenamiento.
- Durante la etapa de transporte y también la de montaje, se tendrán precauciones para no producir deformaciones ni esfuerzos excesivos no previstos en su diseño. Toda falla o pérdida de calidad deberá ser corregida.
- En caso de que el fabricante no sea el encargado del transporte, se debe realizar una buena coordinación y designación de responsabilidades, para

así evitar retrasos en la ejecución. Se recomienda que el fabricante sea el encargado del transporte, para así reducir los riesgos del proyecto.



FIGURA N° 3.19: Ejemplo de escolta para transporte de carga ancha.
Fuente: Planeta Perú (<https://www.planetaperu.pe/escolta-de-contenedores-y-carga-ancha-y-o-larga-a-nivelnacional-F110FC50112D2>)



FIGURA N° 3.20: Transporte de escalera metálica. Fuente: Propia

3.6.5 Almacenamiento

La descarga se realiza en los puntos coordinados con el contratista, buscando la mayor cercanía posible hacia su ubicación final. En función de este detalle de cercanía, se evaluará el uso de una grúa plataforma o grúa común. Los elementos no estarán en contacto directo con el suelo y en caso de estar a la intemperie serán protegidos por una manta plástica u otro tipo de protección similar.



FIGURA N° 3.21: Descarga y almacenamiento de estructuras metálicas a pie de su montaje.
Fuente: Propia

3.6.6 Montaje

Para su ejecución es necesario contar con planos de montaje y tener a los elementos previamente identificados. En estos planos se debe mostrar los tipos de uniones entre piezas, la posición de los elementos en la estructura y la codificación de estos. El procedimiento común para los elementos metálicos con conexiones mediante pernos es el siguiente:

- 1) **Liberar los anclajes:** Para dar inicio al montaje de las estructuras metálicas se debe haber liberado la instalación de los anclajes que reciben a las columnas metálicas, se debe entregar los pedestales bien nivelados y alineados, con los pernos ubicados correctamente en este, respetando las tolerancias indicadas en los planos.

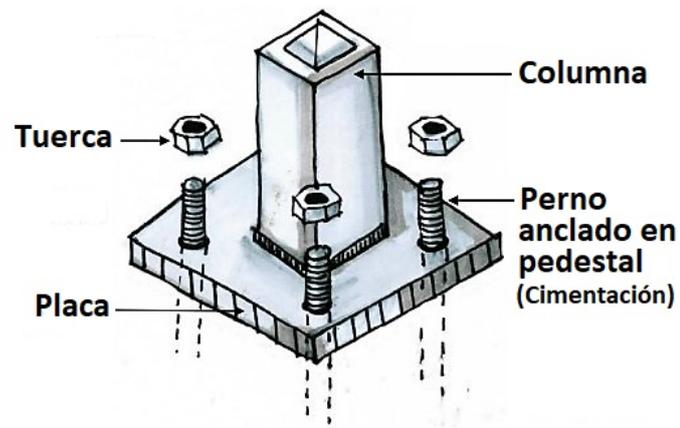


FIGURA N° 3.22: Conexión de columna metálica con anclajes. Fuente: Martínez (2014)

- 2) **Izaje de elementos metálicos:** Las columnas, vigas y arriostres, son izados suspendiéndolos lo más cerca a sus posiciones finales. El izaje puede realizarse con ayuda de una grúa, colocando una eslinga que sujete a los elementos y un templador de soga de nylon como viento de maniobra sujetado en un extremo; otra opción es realizar el izaje de elementos livianos mediante una polea que es puesta en una viga superior permitiendo el izaje.

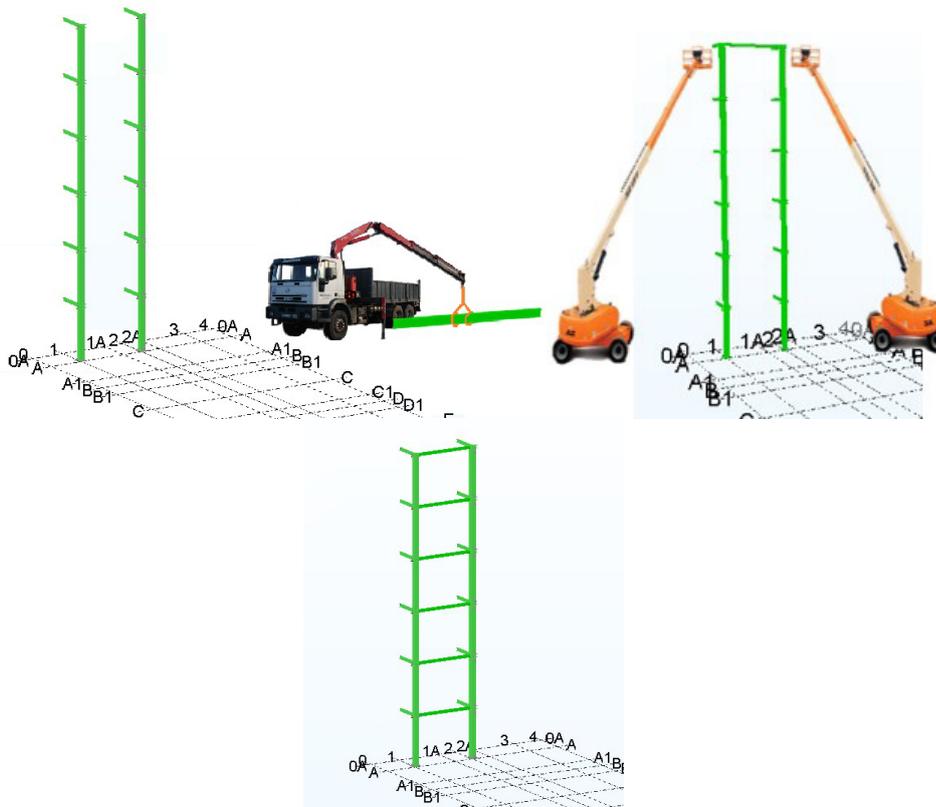


FIGURA N° 3.23: Montaje con grúa y eslinga. Fuente: Documentos del proyecto

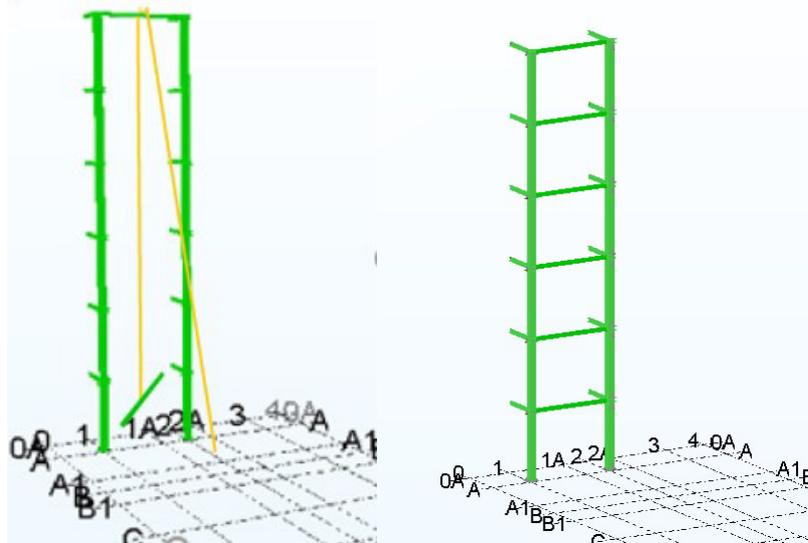


FIGURA N° 3.24: Montaje de elementos livianos con polea sujeta a la viga superior.
Fuente: Documentos del proyecto

- 3) **Colocar los pernos de conexión:** Los montajistas colocan los pernos de conexión en donde coinciden las perforaciones, y con ayuda de llaves mixtas realizan el ajuste de los pernos. En paralelo se debe verificar la verticalidad, alineamiento y nivelación de los elementos estructurales.
- 4) **Retiro de eslingas y grilletes:** El operario retira las eslingas y grilletes finalizando el montaje.
- 5) **Ajuste de pernos de conexión:** Mediante el uso de pistolas de impacto se coloca dados a la tuerca del perno y se ajusta completamente.
- 6) **Resane de pintura:** En el transcurso del transporte y montaje los elementos son propensos a raspase y dañar la pintura, por lo que se debe realizar una inspección finalizado el montaje y la reparación en las zonas dañadas.
- 7) **Criterios de aceptación:** Por último, se debe verificar, inspeccionando los elementos, el cumplimiento de los criterios de calidad, tolerancias, espesores de pintura, tensión de pernos, alineamiento, entre otros.

3.7 PROCESOS DE LA LOSA COLABORANTE

A continuación se detallan los procesos de la losa colaborante, desde su diseño hasta la colocación de la placa colaborante y vaciado final de la losa.

Procesos de la losa colaborante

Diseño y fabricación	Logística de entrega	Instalación y ejecución
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño • Ingeniería de detalle • Fabricación 	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte • Almacenamiento en obra 	<ul style="list-style-type: none"> • Izaje y colocación • Fijación • Instalación de conectores de corte • Instalación de tuberías • Colocación de acero de refuerzo • Vaciado y curado

FIGURA N° 3.25: Procesos de la losa colaborante. Fuente: Elaboración Propia

3.7.1 Diseño y fabricación

3.7.1.1 *Diseño*

El ingeniero estructural define las características del perfil a usar, su tipo, gage (espesor de diseño) y espesor de losa.

Se tienen 3 opciones de perfiles de placas colaborantes, 2 opciones para el gage (gage 22: 0749 mm y gage 20: 0.909 mm), y distintas opciones para el espesor de losa, variando entre 9 cm y 20 cm como máximo. Las cargas admisibles se pueden obtener directamente por catálogo, para cada tipo de placa colaborante en función del espesor de la losa.

3.7.1.2 *Ingeniería de detalle*

En esta etapa se realiza la optimización de las áreas de losas, modulando las placas con el mínimo desperdicio posible.

Algunas consideraciones y recomendaciones son:

- **Largo de modulación de placas:** Se recomienda trabajar con rangos de longitud entre los 4.00 y 7.00 metros en obras generales, con el fin de evitar sobrecostos de transporte y lograr una buena manipulación manual. Su longitud no debe superar los 12 metros.
- **Desperdicios:** En caso se requiera agregar un porcentaje de desperdicio, o un uso parcial en zonas no cubiertas, se debe agregar placas adicionales.
- **Ancho de placas:** El ancho total de las placas es invariable y mide 920 mm, con un ancho útil de 900 mm.

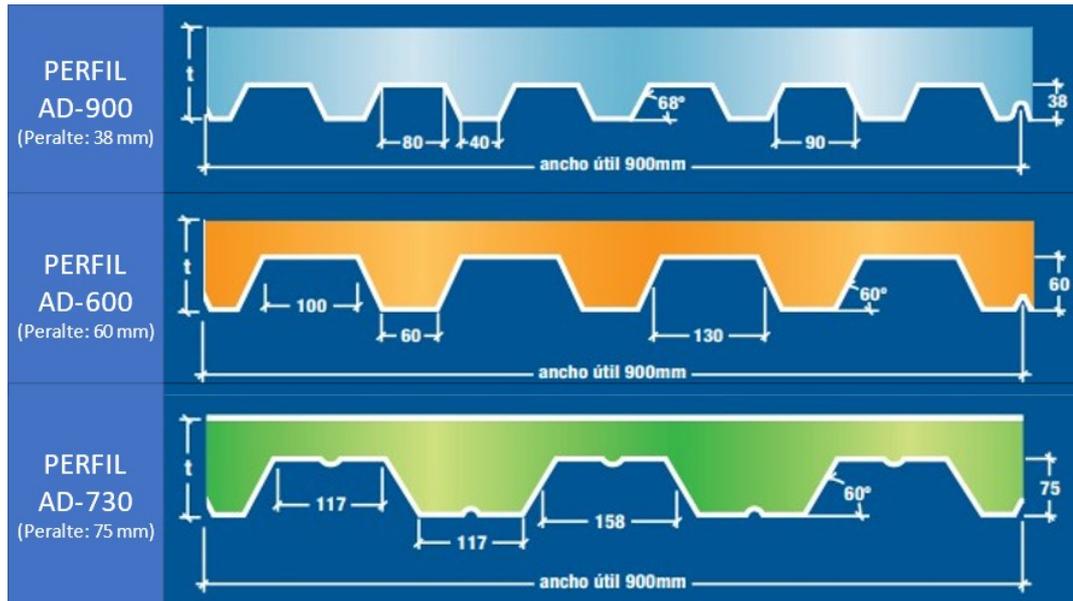


FIGURA N° 3.26: Sección de tipos de perfiles de placa colaborante.
Adaptado de Aceros Procesados S.A. (2021)

- **Medidas iguales:** Para facilitar la fabricación, colocación y el aseguramiento de la calidad, se recomienda modular en placas de medidas iguales.
- **Penetración de placas en vigas:** La penetración en vigas debe estar especificada en los planos, siendo el mínimo aceptado 5 cm.
- **Empalmes entre placas:** El empalme en el sentido de su largo entre placas puede ser a tope (sin empalme) o en caso se tenga, no debe superar los 10.00 cm.
- **Metrado de otros elementos del sistema de losa colaborante:** Definida la modulación de las placas, se procede a medir los otros elementos: conectores de corte y pernos para fijación de las placas.

3.7.1.3 Fabricación

Con el análisis de los tipos y cantidades de placas a usar, se procede a su fabricación en planta. Las placas colaborantes Acero-Deck son fabricadas a partir de bobinas de acero estructural con protección galvanizada pesada. Su fabricación incluye la elaboración de muescas (relieve), proporcionando adherencia mecánica entre el concreto de la losa y la placa colaborante.

3.7.2 Logística de entrega

3.7.2.1 Transporte

El despacho es coordinado con el área de logística de obra. Debido a su geometría y características, su transporte no presenta dificultades como en el caso de otros elementos prefabricados. Sin embargo, se debe tener presente las siguientes consideraciones para su transporte:

- **Plástico protector:** Se le coloca un plástico protector para su transporte, este servirá también para su protección durante el tiempo de almacenamiento
- **Apilado de placas:** Serán apiladas placas de paquetes de igual calibre (gage), el peso promedio por paquete no debe ser mayor a 1.5 toneladas.
- **Dimensiones de placas:** Las dimensiones del vehículo deben ser las suficientes para poder trasladar las placas mas largas.



FIGURA N° 3.27: Disposición de placas en su transporte a obra.
Fuente: Aceros Procesados S.A. (2021)

3.7.2.2 Almacenamiento en obra

En la planificación del uso de espacios, se dispone de un espacio en obra para el almacenamiento de las placas colaborantes hasta su utilización, conservando su calidad. Los cuidados son similares a los aplicados para la armadura prefabricada.

3.7.3 Instalación y ejecución

3.7.3.1 Izaje y colocación

Se inicia la instalación de las placas con su izaje. Dependiendo de varios factores como: dimensiones de placas, magnitud del proyecto, disponibilidad de equipos de izaje, disponibilidad de mano de obra, altura de edificación, entre otros; el izaje puede ser realizado manualmente o por medios mecánicos:

- **Izaje manual:** Es realizado con personal obrero cuando la zona no lo permite de otra manera, cuando son pocas placas y/o de pequeñas dimensiones. Se utilizan sogas para su izaje, cuidando de no dañar las placas, las sogas se amarran en forma de cruz y se asegura la placa con el extremo de la soga, que debe contar con un gancho. Es muy importante el uso de guantes de protección durante todo el proceso, ya que las placas pueden generar cortes durante su manipulación.
- **Izaje mecánico:** Es realizado con grúas u otro equipo de izaje cuando se tiene que izar los paquetes de placas a grandes alturas, cuando se izan grandes cantidades, y/o cuando no se dispone de mano de obra suficiente.



(a) Izaje manual.

Fuente: Aceros Procesados S.A. (2021)



(b) Izaje mecánico.

Fuente: Aceros Procesados S.A. (2021)

FIGURA N° 3.28: Izaje de placas colaborantes

La colocación de las placas se realiza acorde a lo especificado en la ingeniería a detalle. Se debe tener las siguientes consideraciones:

- **Ubicación de valles:** Los valles de menor dimensión deben apoyarse sobre las vigas. A menos que se especifique lo contrario en los planos.
- **Cortes:** En caso sea necesario realizar cortes a la placa, se efectúan con esmeril, piedra de corte, cizallas eléctricas o manuales, de ninguna manera

se permite tratamientos por temperatura ya que perjudican a las placas y su galvanizado.

- **Apuntalamiento:** En función de la luz libre y características de la placa, se apuntala al centro o a los tercios entre los apoyos. Por lo general en luces mayores a 2.5 metros se requiere apuntalamiento en el centro y para medidas mayores a 3.5 metros apuntalamientos a los tercios entre los apoyos.

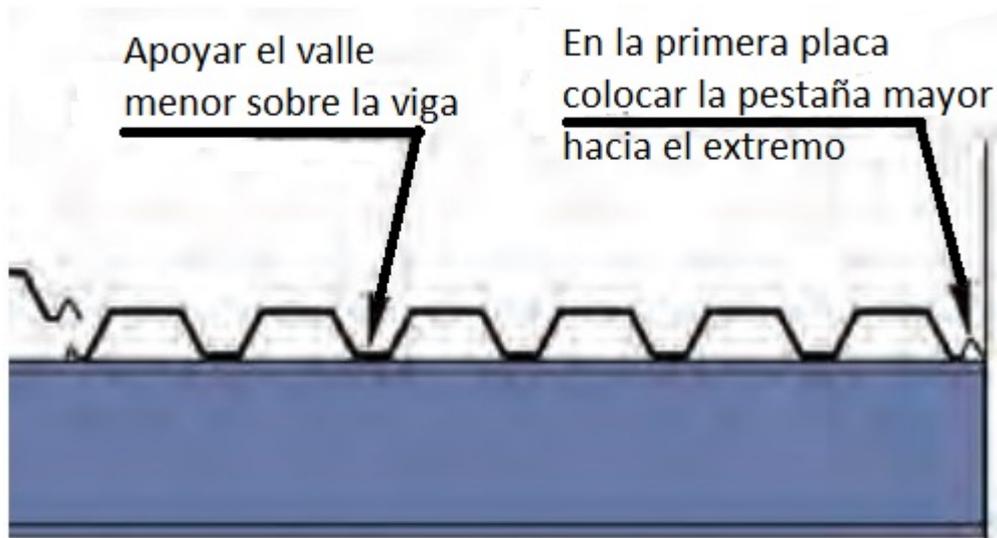


FIGURA N° 3.29: Vista frontal de colocación de placas colaborantes.
Fuente: Aceros Procesados S.A. (2021)

3.7.3.2 Fijación

Una parte fundamental de la instalación de placas colaborantes, debido a su importancia en la seguridad laboral, es su fijación. Permitiendo mantenerlas en su posición final para utilizarla como plataforma de trabajo y permitir el desplazamiento sobre ella, evitando el riesgo que las placas se desplacen y se generen accidentes. Las consideraciones para su fijación son las siguientes:

- **Elementos de fijación:** Para el sistema con vigas metálicas se recomienda el uso de tornillos autoperforantes.
- **Cantidad de elementos de fijación:** La fijación se realiza en los extremos de las placas, usando como mínimo un punto de fijación cada tres valles.
- **Evitar soldaduras:** No se debe fijar las placas por soldadura porque se dañan.



FIGURA N° 3.30: Fijación de placas colaborantes con pernos auto perforantes.
Fuente: Aceros Procesados S.A. (2021)

3.7.3.3 *Instalación de conectores de corte*

Los conectores de corte (pernos Nelson Stud grado 2 – SAE 1020) son una parte fundamental del sistema de losa colaborante, permitiendo controlar los esfuerzos de corte que se generan en la sección compuesta de acero y concreto, controlando y reduciendo deformaciones, y uniendo las dos secciones para que trabajen en forma conjunta. Los procedimientos a seguir son los siguientes:

- **Diseño de conectores de corte:** Se identifica la cantidad de conectores de corte a usar, por lo general se usa uno en cada valle. Esto estará especificado en los planos.
- **Perforación de placas colaborantes:** Antes de instalar los conectores de corte, se debe perforar las placas colaborantes con una broca sacabocado u otro sistema de corte mecánico.
- **Soldadura común:** Los conectores de corte se sueldan a las vigas metálicas por las zonas perforadas en las placas. Se recomienda usar soldaduras con un alto grado de penetración.



(a) Perforación de placas con broca socabocado.

Fuente: Aceros Procesados S.A. (2021)



(b) Soldadura de conectores de corte.

Fuente: Aceros Procesados S.A. (2021)

FIGURA N° 3.31: Proceso de instalación de conectores de corte

- **Soldadura especial del sistema Nelson Stud:** Opcionalmente se cuenta con un sistema de soldadura rápida para los pernos Nelson Stud, el cual es ofrecido por varias empresas, como el Nelweld-6000, entre otros. Consiste en una máquina de soldar especial, que garantiza una correcta soldadura, ahorrando significativamente los tiempos de instalación (perfora y suelda al mismo tiempo), permite colocar entre 2 a 4 pernos por minuto, aumentando la productividad en obra y reduciendo la mano de obra involucrada. Sin embargo, debido al costo alto de adquisición del equipo, se recomienda su uso en proyectos de gran envergadura y donde se tenga gran extensión de área de colocación de losas colaborantes, para así recuperar la inversión de su adquisición.

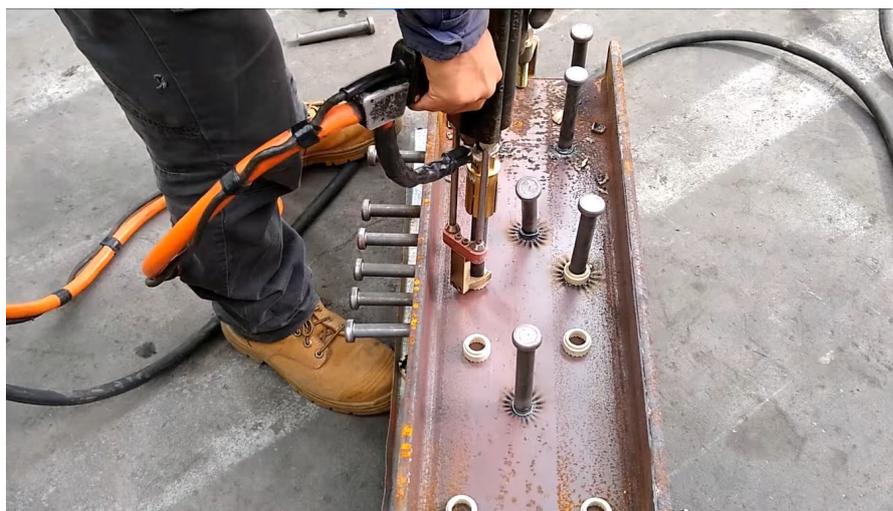


FIGURA N° 3.32: Soldadura especial con equipo Nelweld – 6000.
Fuente: Proingas (<https://www.proingas.cl/producto/nelweld-6000/>)

3.7.3.4 Instalación de tuberías

En comparación con los sistemas convencionales de losas, las losas colaborantes, no permiten la instalación total de tuberías embebidas en la losa. Los diámetros de tuberías que pueden ir embebidas en la losa quedan definidos en función del espesor de la losa y el tipo de perfil de la placa colaborante (peralte de placa).

De forma general, el diámetro de tuberías que permiten las losas colaborantes es de 1", con un máximo de diámetro de 4" en un espesor de 20 cm de losa. Considerando las medidas de tuberías de desagüe (4" en salidas de inodoro) y la pendiente de instalación que necesita, se recomienda prever su instalación por debajo de las losas colaborantes.

Las tuberías y sus accesorios quedan en su mayoría por debajo de las losas, por lo que se debe considerar su acabado arquitectónico final.



FIGURA N° 3.33: Instalación de tuberías por debajo de losas colaborantes.
Fuente: Aceros Procesados S.A. (2021)

3.7.3.5 Colocación de acero de refuerzo

Como en todo sistema de losa, es necesario la colocación de acero de refuerzo para flexión negativa y refuerzo por temperatura. Esto se realiza siguiendo las consideraciones especificadas en los planos de estructuras. Es importante resaltar que las placas colaborantes contribuyen a tomar los esfuerzos de tensión de tracción de la losa, requiriendo así menos acero de refuerzo para tracción positiva.

3.7.3.6 Vaciado y curado

En la etapa final, se realiza el vaciado del concreto y su posterior curado por los siguientes 7 días. El vaciado de concreto es realizado convencionalmente, teniendo

en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Habilitar rutas de vaciado:** En caso de uso de carretillas para el vaciado, estas no deben desplazarse directamente por encima de las placas, se colocan tablonces para circular sobre estos.
- **Placas colaborantes limpias:** Antes del vaciado se debe realizar la limpieza de la superficie de las placas, para lograr una buena adherencia del concreto con estas.
- **No acumular concreto fresco:** Durante el vaciado no se debe acumular grandes cantidades de concreto fresco y/o cargas puntuales por acumulación de materiales, personas, entre otros; ya que puede generar el colapso de las placas.

CAPÍTULO IV: CASOS DE ESTUDIO

El presente capítulo describe los dos proyectos seleccionados que posteriormente se comparan, edificios residenciales ejecutados con la modalidad de prefabricados con estructuras metálicas, y la construcción convencional mediante concreto vaciado in situ.

Es importante resaltar que la información del proyecto con elementos prefabricados es propia del autor, habiendo participado desde la planificación hasta la ejecución de la primera etapa, sin participar en la etapa de diseño del proyecto, sin embargo se menciona esta etapa al ser de importancia para la comparación propuesta en la investigación.

Respecto a la información del proyecto convencional, es tomada de la investigación de Cruz (2018), seleccionando este proyecto por la similitud a la construcción con elementos prefabricados, y por contar con la suficiente información para realizar el análisis y comparación entre los sistemas de construcción.

4.1 EDIFICIO PREFABRICADO CON ESTRUCTURAS METÁLICAS

”La prefabricación de elementos es de interés cuando existe la posibilidad de generar un cierto nivel de repetición en los elementos de construcción, es entonces cuando el mercado de la prefabricación resulta más atractivo” Chang (2014).



FIGURA N° 4.1: Torre 1 de edificios con estructuras metálicas concluida. Fuente: Propia

4.1.1 Descripción del proyecto

El proyecto se ubica en el distrito de Lurín, provincia de Lima, departamento de Lima, en la intersección de la Av. Martir Olaya y la Av. Paso Chico (Ver Anexo 02) a una altitud media de 9 metros sobre el nivel del mar.

Se conoce a la zona de Lurín como un distrito con amplias zonas industriales, a diario llegan cientos de trabajadores a las distintas empresas que operan en este distrito. Por esta razón, se ha elevado la demanda de viviendas y alquileres de cuartos para aquellos trabajadores que llegan desde zonas alejadas de Lurín. La población busca mejorar su calidad de vida viviendo cerca de su trabajo (Nexo Inmobiliario, 2020).

En el año 2020, se dio el inicio de una pandemia global originada por el coronavirus y sus variantes, ocasionando un gran cambio en la convivencia social, siendo uno de estos cambios el realizar las actividades con un distanciamiento social mínimo (disminuir el contacto entre personas) y con un número reducido de aforo, con la finalidad de evitar los contagios masivos.

Es así como surge la idea del proyecto de edificios prefabricados con estructuras metálicas, cuya finalidad principal es la de satisfacer la demanda de cuartos de los trabajadores de la zona de Lurín, y en el contexto de la pandemia, evitar que se desplacen a diario desde las distintas zonas de Lima hacia su zona de trabajo, disminuyendo así los riesgos de contagio.



FIGURA N° 4.2: Esquema general del proyecto de edificios de estructuras metálicas.
Fuente: Planos del proyecto

El proyecto general consta de 12 torres residenciales de 6 niveles (proyectado a una ampliación a 7 niveles), 9 ascensores ubicados entre las torres, y una torre de servicios generales de 4 niveles con sótano y ascensor (Ver Anexo 03). El proyecto se diseña en un área de 16,620 m².

TABLA N° 4.1: Áreas del proyecto general – Edificios con estructuras metálicas
Fuente: Elaboración propia

Áreas del proyecto general		
Zonas	Área (m ²)	
Área de torres y zonas de ascensores	9,303.63	55.98 %
Área libre	7,108.00	42.77 %
Áreas verdes	4,919.40	29.60 %
Vías internas y accesos	2,188.60	13.17 %
Áreas complementarias	208.37	1.25 %
Subestaciones eléctricas	91.34	0.55 %
Reciclaje y closet de limpieza	117.03	0.70 %
Cisternas (sumergidas)	0	0
ÁREA TOTAL	16,620.00	100 %

Parte del análisis y diseño serán exclusivos de la Torre 1 (ver diseño en Anexo 04), siempre que no afecte al objetivo de la investigación y que se permita un adecuado análisis del proyecto; caso contrario se considerarán datos del proyecto en general, resaltando estas condiciones en el análisis.

TABLA N° 4.2: Áreas de Torre 1
Fuente: Elaboración propia

Áreas de Torre 1 (6 niveles)			
Zonas	Área por nivel (m ²)	Área total (m ²)	
Área techada	529.3	3,175.8	98.6 %
Área de cuartos	315.5	1,893.0	58.8 %
Área de pasillos	193.3	1,159.8	36.0 %
Área de zona de escalera	20.5	123.0	3.8 %
Área libre	7.5	45.0	1.4 %
Área libre	7.5	45.0	1.4 %
ÁREA TOTAL	536.8	3,220.8	100.0 %

4.1.2 Estudio geotécnico

El estudio geotécnico brinda la información inicial para el planteamiento del proyecto. Se realizan los ensayos necesarios y el procesamiento de la información.

Las conclusiones del estudio geotécnico son las siguientes:

- Según los mapas de zonificación sísmica y de máximas intensidades sísmicas del Perú, y de acuerdo a la Norma E030 del RNE, el sector en estudio se encuentra comprendido en la zona 4 y tiene los siguientes parámetros de sitio: factor de Zona $Z = 0.45$, factor de amplificación del suelo $S_2 = 1.05$, y un factor de amplificación sísmica $C = 2.5$.
- El estrato de apoyo de la cimentación es arena pobremente gradada con clasificación SUCS (SP), hallada durante las investigaciones geotécnicas.
- El suelo presenta un comportamiento drenado de acuerdo con los resultados de ensayos de permeabilidad in situ.
- Ausencia de nivel freático para una profundidad de excavación de 4 metros.
- Los resultados obtenidos indican que los suelos analizados presentan ataque leve por sulfatos, por tanto, se recomienda usar cemento tipo I y/o II en la preparación de concreto para los cimientos.
- Los parámetros de resistencia corregidos utilizados en el área del proyecto son:

TABLA N° 4.3: Parámetros de resistencia del suelo – Edificios con estructuras metálicas
Fuente: Documentos del proyecto

Material	Parámetros		
	Cohesión (kn/m ²)	Ángulo de fricción (Φ)	Peso Específico (kn/m ³)
SP	0	20	15.5

- La capacidad portante admisible para las distintas formas de cimientos corridos parte del mínimo de 1.09 kg/cm².
- Todo relleno deberá ser compactado al 95% de la densidad máxima del material a emplear.

Identificadas las principales características y propiedades del suelo, se verifica la competencia del suelo, siendo un suelo apto para edificaciones de gran altura sin que esto conlleve la realización de grandes y costosas cimentaciones (pilares de cimentación, etc.).

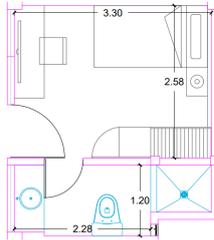
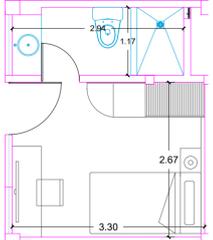
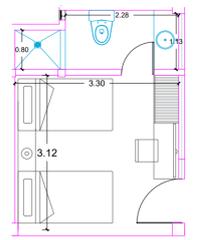
4.1.3 Proyecto arquitectónico

Con la idea del planteamiento del proyecto, edificio residencial para alquiler y/o venta de cuartos, y con la factibilidad del suelo para el proyecto, se continúa con la

elaboración del diseño arquitectónico.

Como se mencionó anteriormente, se busca cierto nivel de repetición en el diseño de las habitaciones, siendo múltiplos de un factor de modulación en planta. Es así como se plantean las habitaciones, siendo estas de 3 tipos para la Torre 1.

TABLA N° 4.4: Modulación de habitaciones por piso - Torre 1
 Fuente: Adaptación de planos del proyecto

Modulación en torre 1 (por piso)			
	Habitación simple 1	Habitación simple 2	Habitación doble
Área (m²)	13.65	13.83	15.55
N° Repeticiones	12	2	8
Esquema			

La modulación del primer nivel de la Torre 1, se repite para los siguientes 5 niveles, quedando el último nivel a proyectarse en un futuro (nivel 7) con diseño libre, la altura entre pisos es de 2.76 m. El concepto de modulación es el mismo para las 12 torres, repitiendo los 3 tipos de habitaciones en todas estas, logrando así simplificar enormemente la etapa del diseño arquitectónico y trabajos derivados de este. Se tienen áreas complementarias del proyecto residencial, como las vías de tránsito internas (2188.6 m²), las cuales conectan todo el conjunto residencial, considerando el tránsito de vehículos menores y para casos de emergencias; cuenta con 6 ingresos peatonales y 1 ingreso vehicular, además de una gran extensión de áreas verdes.

Adicional a las 12 torres se tiene una edificación de 4 niveles, la cual sirve de edificio común, brindando servicios generales, como gimnasio, comedor, sala audiovisual, sala de recepción, etc. El desnivel entre torres es de 0.30 m, este planteamiento derivó del estudio topográfico, buscando una eficiencia en el uso de material de corte y relleno, el desnivel es superado en las zonas de ascensor y rampas que unen las torres.

Los ascensores no están en las zonas de torres, sino entre cada dos de estas, permitiendo su conexión, de esta manera se logra aprovechar al máximo los espacios y lograr una estandarización para las zonas de ascensores. De forma similar ocurre con las cisternas, que son ubicadas entre torres, no se considera tanque elevado ya que el sistema de abastecimiento de agua se plantea mediante

bombas bajo un sistema de presión constante. La zona de escalera se ubica en la parte inferior de las torres impares, aprovechándolas también para su acceso hacia las torres pares (Ver Anexo 03).

La Torre 1 cuenta con un total de 132 cuartos con baño incluido (22 por nivel), con las áreas y modulación indicadas en las Tablas N° 4.2 y N° 4.4 (Ver Anexo 04).

Es importante definir el sistema de tabiquería para considerar sus implicancias en el diseño general de la torre (espesor, instalación del sistema eléctrico, etc.). Se decide por un sistema de tabiquería en drywall o steel framing, adicionándole lana de vidrio como material aislante térmico y acústico entre habitaciones. Las actividades de arquitectura no son materia de análisis de la presente investigación, sin embargo se menciona su implicancia en el diseño y la importancia de su complementariedad al edificio industrializado.



(a) Colocación del sistema drywall.
Fuente: Propia



(b) Acabado final de la tabiquería de drywall.
Fuente: Propia

FIGURA N° 4.3: Sistema de tabiquería de drywall en Torre 1

4.1.4 Diseño estructural

El proceso del diseño estructural no es objetivo de la investigación, sin embargo, para identificar el proyecto y conocer mejor la base del análisis comparativo, se detallan las principales características de este.

Posterior al diseño arquitectónico y teniendo una modulación, lo cual favorece a la factibilidad del uso de prefabricados, se decide ejecutar la estructura de las edificaciones con acero estructural.

Las principales limitaciones consideradas fueron:

- **Costo de la ejecución del proyecto estructural:** Se tiene en cuenta la gran magnitud del proyecto (un peso final de 2'857,850.27 kg en total incluidas las zonas de ascensores) para pensar en la factibilidad económica del uso de estructuras metálicas gracias a su economía a escala.
- **Tipo de conexiones:** Se plantea conexiones mediante pernos (ASTM A193-B7), favoreciendo esto a la reducción de mano de obra in situ.

DIMENSIONES DE PERNOS DE ANCLAJE						
PERNO	D	T	g	L	P	CALIDAD
PA-1	1"	19	50	900	130	A193 - B7
PA-2	3/4"	19	50	900	130	A193 - B7

NOTA: LA COLOCACIÓN DE LOS PERNOS DE ANCLAJE DEBERÁ SER VERIFICADA CON TOPOGRAFÍA

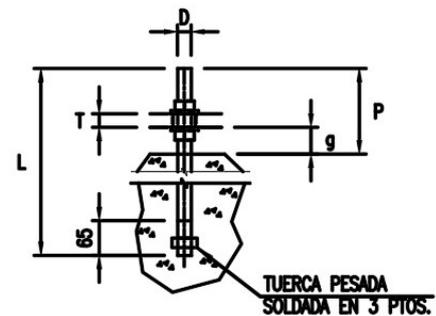


FIGURA N° 4.4: Detalle de pernos de anclaje - Edificio con estructuras metálicas.
Fuente: Planos del proyecto

- **Detalles en planos:** Se tiene especial cuidado con los planos de detalles y diseño en general.
- **Costos de mantenimiento:** Se tiene un pintado especial para protección de la corrosión (derivado de la humedad) y calor (posibles incendios o eventos que eleven la temperatura). Se incluye el resane de la pintura al finalizar su montaje.

Capa	Producto y Color	Espesor (mills)		Repintado @ 21°C		Diámetro boquilla	Diluyente	Tiempo de vida útil
		Húmedo	Seco	Mínimo	Máximo			
1 ^{ra}	Jet 62ZP Anticorrosivo	6.0	4.0	12 horas	ilimitado	0.015" 0.017"	Jet Ecopoxy 90	4 horas @21°C
Stripe Coat	Jet 70MP Blanco RAL 9016	--	--	8 horas	30 días	Brocha	Jet Ecopoxy 90	3 horas @25°C
2 ^{da}	Jet 70MP Blanco RAL 9016	5.0	4.0	8 horas	30 días	0.015" 0.017"	Jet Ecopoxy 90	3 horas @25°C

FIGURA N° 4.5: Especificaciones de pintura de estructuras metálicas.
Fuente: Documentos del proyecto

Para el diseño estructural se genera modelos matemáticos, considerando la geometría y el ordenamiento espacial de la arquitectura, la normativa peruana vigente (NTE E.020, E.030, E.050, E.060 y E.090), complementado con normativas internacionales (ACI, AISC, ASTM, IBC 18).

Las características del sistema estructural de las torres son las siguientes:

- Todos los edificios presentan un sistema aporricado de estructuras metálicas (ASTM A-36) con adición de arriostres en las dos direcciones principales, definido como el sistema estructural de acero OCBF.

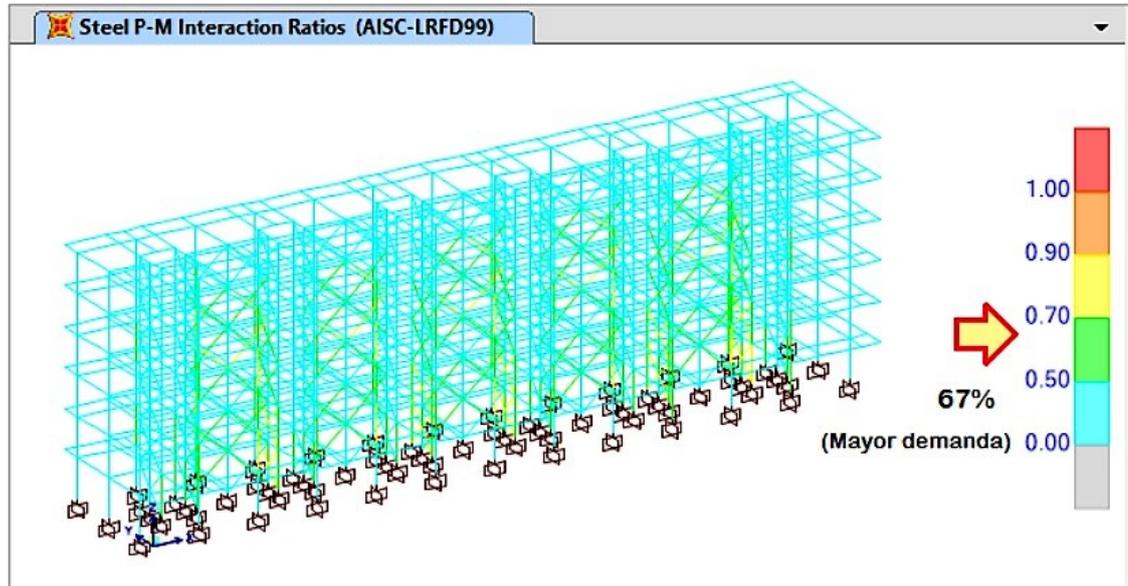


FIGURA N° 4.6: Vista 3D del análisis de resistencia (LRFD) de la Torre 1.
Fuente: Documentos del proyecto

- Algunos de estos edificios están compuestos de dos bloques estructurales separados por una junta de dilatación o separación sísmica, la Torre 1 no presenta junta de dilatación al ser la más corta (Ver Anexo 05).
- El sistema de losas colaborantes que soporta las sobrecargas se diseña con un espesor de 11 cm, y un refuerzo adicional en la zona de momento positivo de la losa. La placa seleccionada es del tipo AD-600 (Gage 22).

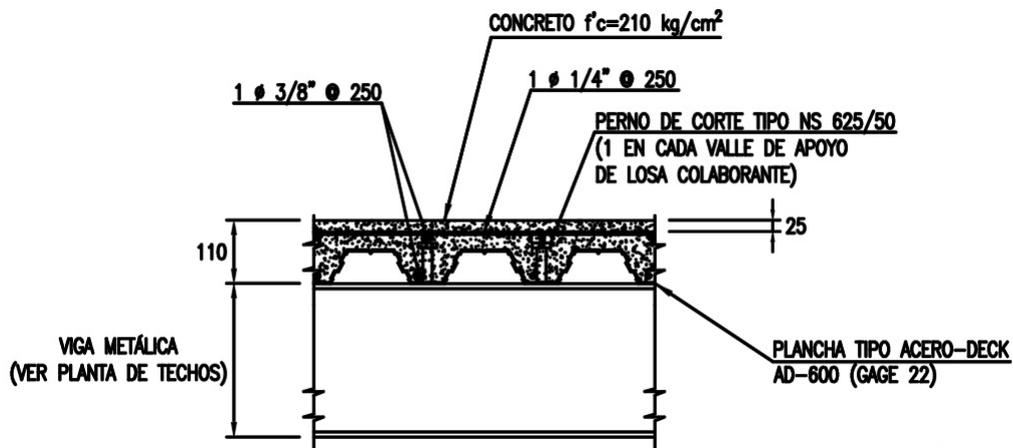


FIGURA N° 4.7: Perfil típico de losa colaborante. Fuente: Planos del proyecto

- La cimentación de la Torre 1 está conformada por zapatas combinadas y zapatas simples, con un espesor de 75 cm y con refuerzo de acero de 5/8" en las dos direcciones para la parte inferior y superior de esta (doble parrilla). Las columnas o pedestales de concreto que se tienen son de 2 tipos, de 60*60 cm y de 50*50 cm de sección, el refuerzo es de 8 varillas de 1", y las placas base que permiten su unión con la columna metálica son de 5 tipos (Ver Anexo 06), llevando así la estandarización y modulación de componentes del diseño arquitectónico al diseño estructural para los elementos de concreto armado, siendo similar para el resto de torres.

TABLA N° 4.5: Elementos estructurales de concreto armado - Torre 1
Fuente: Elaboración propia

Elementos estructurales de concreto armado - Torre 1					
Tipo de elemento	Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor o altura (m)	Cantidad total
CIMENTACIÓN	Z1	2.50	2.50	0.75	20
	Z3 (combinada)	4.00	2.50	0.75	2
	Z4 (combinada)	47.16	3.15	0.75	1
	Z5 (combinada)	4.93	9.20	0.75	1
	VC1	5.50	0.25	0.60	7
PEDESTALES	PD1	0.60	0.60	1.25	34
	PD2	0.50	0.50	1.25	33
	PD3 - Idem PD2	0.50	0.50	1.25	3
LOSAS	LC	529.3 m ²		0.11	7

- Los elementos metálicos: columnas, vigas y arriostres presentan unión mediante pernos con platinas perforadas previamente y presentan una distribución estandarizada, facilitando así su reconocimiento para su fabricación, ejecución, control de calidad y seguimiento en general. Las columnas metálicas son de tres tipos (25*25 cm, 20*20 cm y 15*15 cm, todas de sección HSS y especificación ASTM A500 - GrA), las vigas metálicas son de 4 tipos (W6"*9, W8"*10, C150*75*4.5 mm y L4"*4"*1/4", todas de especificación ASTM A-36) y los arriostres son de 2 tipos (SCH40 D=4" y SCH40 D=3"), los cuales se muestran en los planos del proyecto (Ver Anexos 07 y 08).

El resultado del diseño estructural se muestra en formato 3D, permitiendo un mejor seguimiento y verificación de la calidad de los procesos relacionados a las estructuras metálicas. Para visualizar el modelo se usa el programa Trimble Connect.

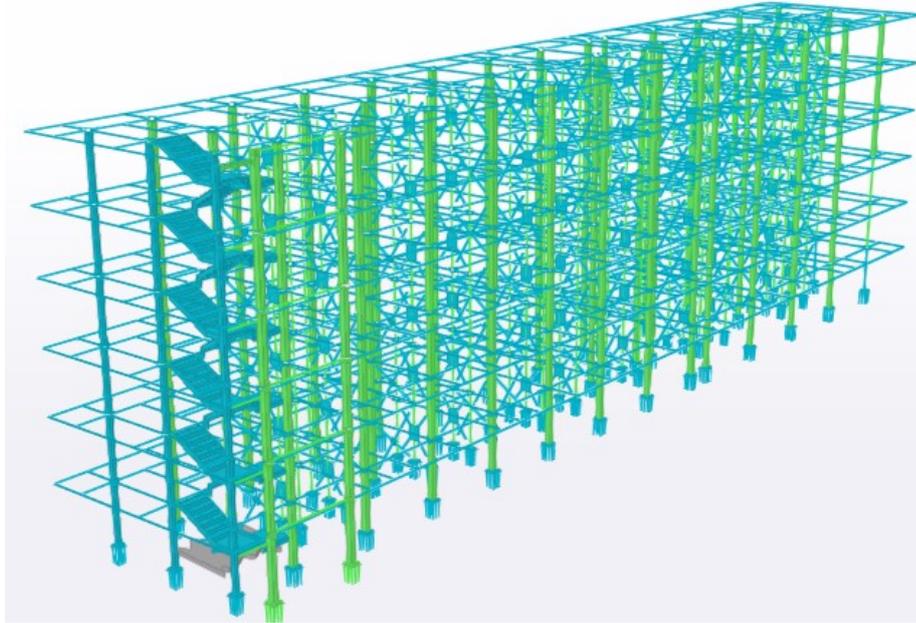


FIGURA N° 4.8: Visualización de la superestructura metálica de la Torre 1.
Fuente: Documentos del proyecto

4.1.5 Planeamiento

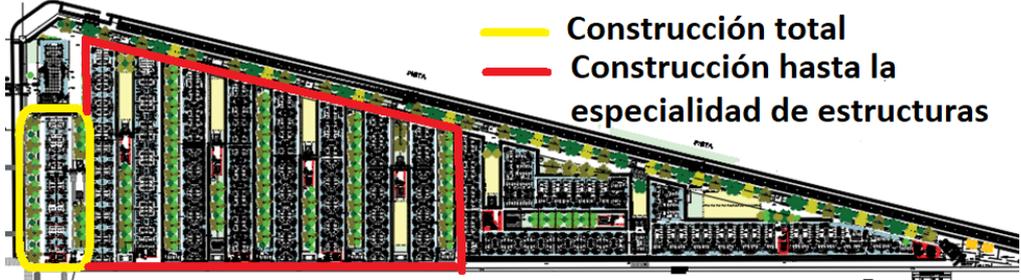
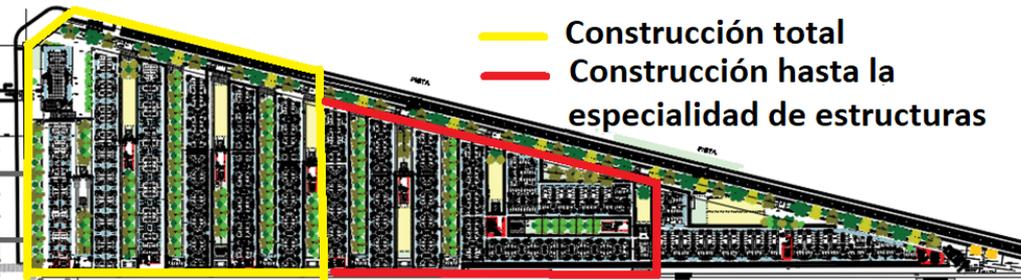
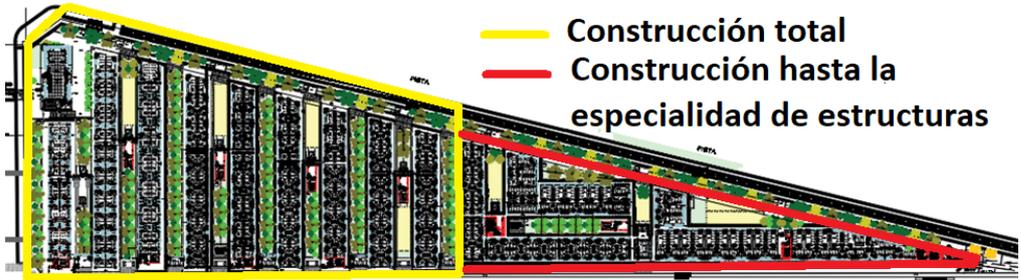
4.1.5.1 Reconocer el alcance

El proyecto general es la construcción de 12 torres residenciales, un edificio de uso común e instalaciones complementarias para la correcta operación del conjunto residencial. El proyecto se subdivide en 4 etapas (Ver Anexo 10).

Las etapas se plantean con base en las siguientes consideraciones:

- La operatividad del complejo residencial, identificando el ingreso principal, el funcionamiento parcial y sus requerimientos (agua, desagüe, electricidad, comedor, etc.). La distribución en obra para la primera etapa se observa en el Anexo 09.
- Menor complejidad en la ejecución del proyecto, tales como las redes de desagüe (menor longitud de instalación de tuberías), menor cantidad de movimiento de tierras y facilidad para los procesos de montaje.
- Gestiones contractuales: Los avances definidos en las etapas se relacionan a las cláusulas de los contratos con los principales contratistas y proveedores. Pactando paquetes de avance y/o abastecimiento e influenciando las condiciones de estos, como pagos, gestión de procura de elementos, entre otros.

TABLA N° 4.6: Representación gráfica de etapas del proyecto
 Adaptado de planos del proyecto

Representación gráfica de etapas del proyecto	
Etapa	Descripción de objetivos
I	 <p> — Construcción total — Construcción hasta la especialidad de estructuras </p>
II	 <p> — Construcción total — Construcción hasta la especialidad de estructuras </p>
III	 <p> — Construcción total — Construcción hasta la especialidad de estructuras </p>
IV	Construcción total

- Gestiones comerciales: Las etapas se plantean con proyección a las ventas y/o alquileres esperados.
- Las actividades en las distintas etapas se plantean de forma continua, iniciando con las actividades de la siguiente etapa sin tiempo de espera y acorde a la secuencia de actividades.

Planteando etapas al proyecto, se logra disminuir los riesgos comerciales y financieros, ya que en caso de no continuar con su realización debido a la falta de ventas o a la falta de financiamiento, se puede detener o replantear el proyecto con base en sus etapas definidas inicialmente.

El tiempo total de ejecución del proyecto es de 108 semanas (Ver cronograma general en Anexo 11), teniendo 104 semanas como estimado base y un buffer (adicional) de 4 semanas (4%), se considera la magnitud del proyecto y una curva de aprendizaje que permita un aumento de productividad significativo a partir de la 3^{ra} torre, por ser construcciones estandarizadas.

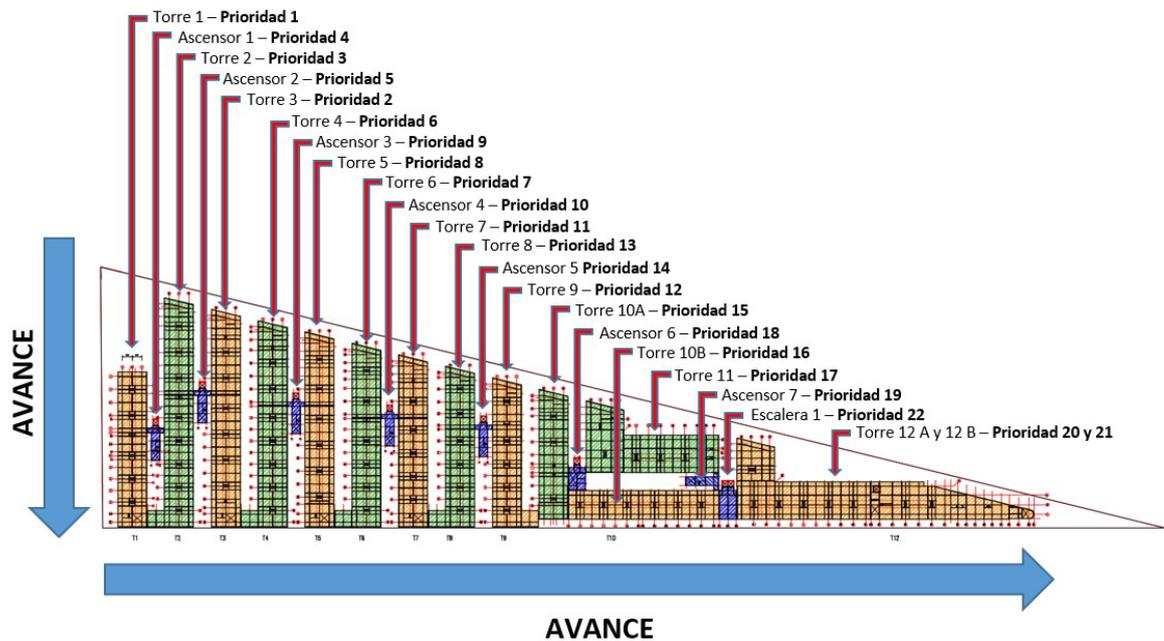


FIGURA N° 4.9: Secuencia de avance del proyecto – Edificios con estructuras metálicas.
Fuente: Documentos del proyecto

Posteriormente se describen los siguientes pasos del planeamiento solo para la Torre 1 (estructura), debido a la gran cantidad de información y recursos que se involucran en la totalidad del proyecto, y al ser objetivo de la investigación la comparación de una torre residencial, mas no del conjunto residencial en su totalidad.

4.1.5.2 Sectorización y ritmo

La sectorización de la Torre 1 se divide en 7 bloques, planteados teniendo en cuenta el avance de las estructuras metálicas, el cual es determinado de forma horizontal, ya que las columnas metálicas prefabricadas se elaboran con la altura total de la edificación.

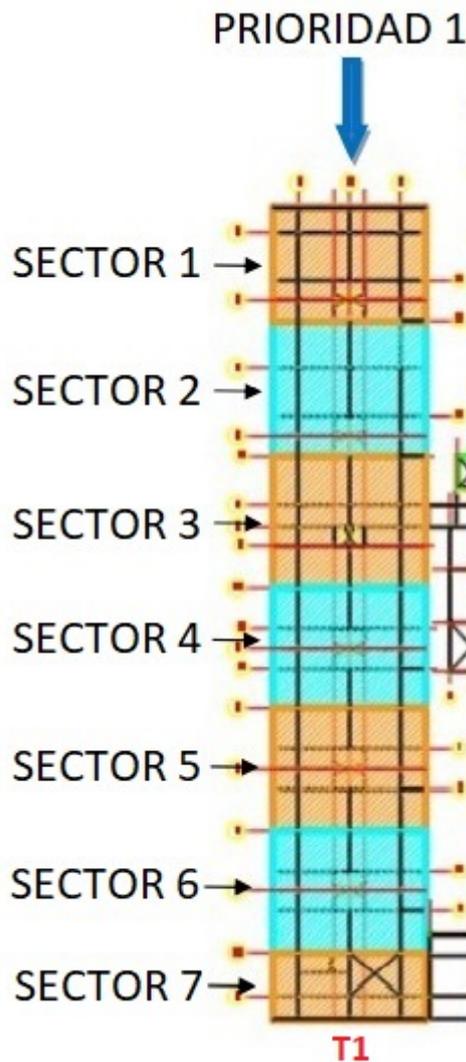


FIGURA N° 4.10: Sectorización de la Torre 1. Fuente: Documentos del proyecto

El ritmo queda definido para los trabajos identificados en la Torre 1 en la construcción de su estructura, considerando el tiempo total de su ejecución definido en el alcance del proyecto.

Algunas consideraciones en las Tablas N° 4.7 y N° 4.8 de estimación del ritmo de actividades son:

- *Se considera la liberación de la topografía para la ubicación de los pernos de anclaje colocados, lo cual alarga el proceso común del encofrado.
- **Luego del desencofrado se realiza el curado de los elementos vaciados.
- ***En paralelo se realizan trabajos de instalaciones eléctricas y sanitarias embebidas en la losa, antes del vaciado (día 7) , para el análisis planteado de la estructura no se consideran estas actividades.

TABLA N° 4.7: Estimación del ritmo de las actividades 1 - Torre 1
Fuente: Elaboración propia

Ritmo por bloque - Torre 1		
Día	Cimentación	Pedestales
Día 0	-	Colocación de acero de refuerzo en conjunto con la cimentación
Día 1	Excavación para cimentación	Encofrado de pedestales*
Día 2	Refine, nivelación y compactación	
Día 3	Colocación de acero de refuerzo	Vaciado de pedestales
Día 4	Encofrado	Desencofrado y pintado de pedestales con impermeabilizante
Día 5	Vaciado de elementos	-
Día 6	Desencofrado**	-
Día 7	-	-
Día 8	-	-
Total de días	6 días	5 días

TABLA N° 4.8: : Estimación del ritmo de las actividades 2 -Torre 1
Fuente: Elaboración propia

Ritmo por bloque - Torre 1		
Día	Columnas y vigas metálicas	Losas (por nivel - 6 niveles)***
Día 0	-	-
Día 1	Montaje de columnas	Colocación de placas colaborantes
Día 2	Montaje de vigas	
Día 3		Colocación de placas colaborantes y conectores de corte
Día 4	Resane de pintura y levantamiento de observaciones (nivelación, alineamiento y verticalidad)	Colocación de conectores de corte y acero de refuerzo
Día 5		Colocación de acero de refuerzo
Día 6	-	Encofrado
Día 7	-	Vaciado de losa de concreto
Día 8	-	Desencofrado
Total de días	5 días	8 días

4.1.5.3 Secuencia de actividades

Según el método constructivo seleccionado, se realiza la secuencia de actividades (Ver Anexo 13).

ACTIVIDAD	SEMANA 1 (17-08 al 22-08)						SEMANA 2 (24-08 al 29-08)							
	LU	MA	MI	JU	VI	SA	LU	MA	MI	JU	VI	SA		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
EXCAVACIÓN DE MATERIAL SUELTO	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7							
RELLENO COMPACTADO												S1		
ELIMINACIÓN DE MATERIAL					S1-S4	S5-S7								
SOLADO e = 5cm			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7					
CONCRETO - FALSO PISO														
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - FALSO PISO														
CONCRETO - ZAPATA							S1	S2		S3	S4			
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - ZAPATA						S1	S2	S3	S3	S4	S4	S5	S5	S6
ACERO PREARMADO / ACEDIM - ZAPATA				S1	S2	S3	S4	S4	S5	S5	S6	S7		
CONCRETO - VIGA DE CIMENTACIÓN							S1	S2		S3	S4			
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - VIGA DE CIMENTACIÓN						S1	S2	S3	S3	S4	S4	S5	S5	S6
ACERO ACEDIM - VIGA DE CIMENTACIÓN				S1	S2	S3	S4	S4	S5	S5	S6	S7		
CONCRETO - COLUMNA										S1	S2	S3		
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - COLUMNA									S1	S2	S3	S4		
ACERO PREARMADO - COLUMNA				S1	S2	S3	S4	S4	S5	S5	S6	S7		
PERNOS DE ANCLAJE - COLUMNA									S1	S2	S3	S4		

FIGURA N° 4.11: Parte de la secuencia de actividades planteadas para la Torre 1 - Tren de actividades. Fuente: Elaboración Propia

Los trabajos de revestimiento de columnas y cielo raso se consideran a realizarse en los posteriores 3 días de cada nivel, sin considerar los tiempos tecnológicos (7 días como mínimo de apuntalamiento). Estos trabajos no son analizados directamente en el cronograma.

4.1.5.4 Recursos del plan

Posteriormente se asignan los recursos necesarios a cada actividad, considerando el avance propuesto, el método constructivo seleccionado y la secuencia de actividades.

TABLA N° 4.9: Parte de los recursos asignados para la Torre 1
 Fuente: Elaboración propia

Nombre del recurso	Tipo	Grupo	Capacidad máxima
OFICIAL	Trabajo	Mano de Obra	9
PEÓN	Trabajo	Mano de Obra	10
ACERO PREARMADO GRADO 60 - PRECIO COMERCIAL	Material	Material	
PLACA COLABORANTE AD600 - PRECIO COMERCIAL	Material	Material	
GRÚA DE 40 ton	Trabajo	Equipo	1
MANLIFT O ELEVADOR ARTICULADO	Trabajo	Equipo	4
SUMINISTRO FABRICACIÓN Y TRANSPORTE DE ACERO ESTRUCTURAL	Material	Subcontrato	

4.1.5.5 Cronograma de trabajo

Toda la información anteriormente identificada se ingresa al software Microsoft Project para así obtener el cronograma de ejecución de la Torre 1 (Ver Anexo 12). El plazo total de la Torre 1 es de 73 días laborables, 84 días calendarios, siendo la ejecución de las estructuras metálicas la partida que requiere más tiempo.

Con el cronograma elaborado se obtiene la siguiente información:

- **Cronograma de la mano de obra:** En la Figura N° 4.12 se observa 3 curvas a lo largo de la ejecución de las estructuras. Estas 3 curvas representan:
 - 1) Curva 1: Representa a la mano de obra general que se encarga de ejecutar las cimentaciones de la Torre 1. Se trabaja con un promedio de 10 personas, llegando a un pico de 14 personas.
 - 2) Curva 2: Representa a la mano de obra especializada que se encarga de ejecutar las estructuras metálicas. Se trabaja con un promedio de 12 personas, llegando a un pico de 14 personas.
 - 3) Curva 3: Representa a la mano de obra general y especializada que se encarga de la ejecución de las losas colaborantes. Se trabaja con un promedio de 12 personas, llegando a un pico de 14 personas.

Una cuarta curva corresponde a las actividades adicionales de Arquitectura, revestimiento de columnas con drywal y colocación de cielo raso, sin embargo al ser solo dos partidas del total de la especialidad, el análisis no se realiza.

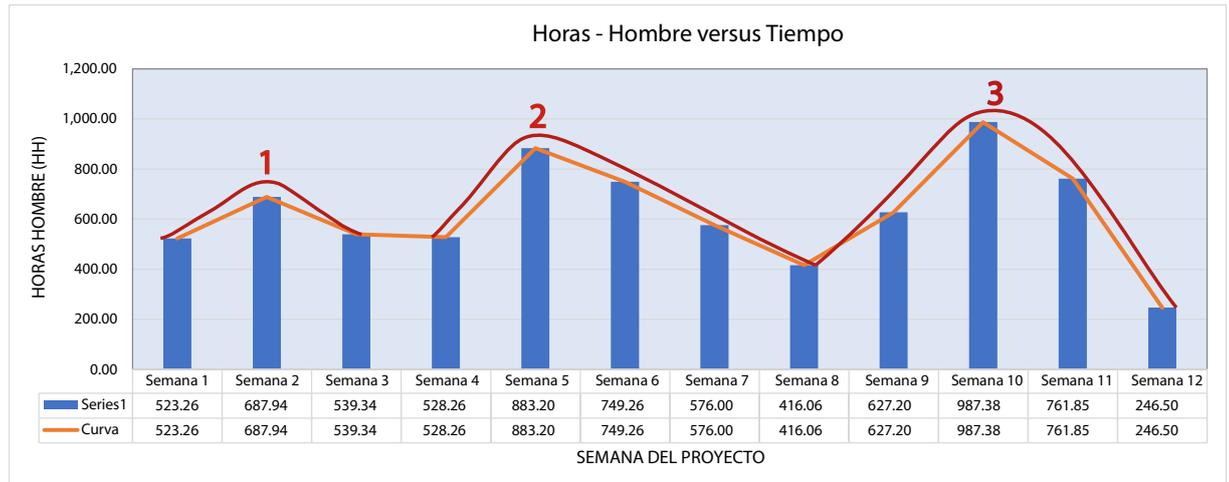


FIGURA N° 4.12: Curva Horas - Hombre versus tiempo para la Torre 1. Fuente: Elaboración propia

Como se observa, para este tipo de proyectos no se tiene una curva única, debido a que el personal que se requiere para la ejecución de estructuras metálicas es especializado, por lo que se realiza con personal distinto al que realiza las cimentaciones. Lo mismo ocurre para la parte final del proceso donde se requiere de ambos tipos de mano de obra, especializada y general, para la ejecución de las losas colaborantes. La cantidad total de horas hombre es de 7,526 horas (estructura). Sumando la cantidad de horas hombre del cielo raso y recubrimiento de columnas se obtiene 9,287 horas en total.

- **Materiales críticos:** En este cronograma los materiales críticos son los elementos prefabricados: la armadura prearmada, las estructuras metálicas y las placas colaborantes; otro elemento crítico también es el concreto premezclado. Siendo su implicancia en los costos totales de materiales de 9.63%, 50.46%, 12.99% y 16.15% respectivamente. Esto evidencia el grado de implicancia durante todo el desarrollo del proyecto de estos materiales.

4.1.6 Procedimiento constructivo, seguimiento y control de elementos prefabricados

4.1.6.1 Programación por tren de actividades

A partir del cronograma de estructuras de la Torre 1 se desarrolla la programación por sectores y tren de actividades, con la finalidad de analizar a detalle el correcto cumplimiento del cronograma y favorecer al aprendizaje del proyecto, aumentando la productividad. La meta planteada es la culminación de la estructura del proyecto en 69 días laborables (Ver Anexo 13).

Del tren de actividades se puede mencionar:

- El tiempo asignado al trabajo de cimentaciones y pedestales es de 19 días, 4 días menos que lo planteado en el cronograma general. Esta variación se obtiene del análisis traslapando actividades.
- El tiempo asignado al trabajo de estructuras metálicas es de 25 días, 2 días menos que lo planteado en el cronograma general.
- El tiempo asignado al trabajo de losas colaborantes es de 30 días, en este caso resulta 7 días más que lo planteado en el cronograma general. Esta variación se obtiene principalmente al considerar los tiempos tecnológicos de la losa, los días necesarios después del vaciado para que adquiera resistencia y para que sirva como base del apuntalamiento para vaciar la losa del siguiente nivel.
- En general el tiempo total se mantiene, necesitando de 69 días para completar el trabajo de la ejecución de la estructura de la Torre 1.

4.1.6.2 *Análisis general de productividad*

Se analiza la productividad de las partidas relacionadas a los materiales prefabricados.

- Cimentaciones y pedestales: Se tuvo una demora de 4 días respecto a lo planificado, demoró 23 días en total. Los factores que influenciaron en el retraso fueron:
 - Experiencia del equipo: El equipo de trabajo en acero de refuerzo no contaba con la experiencia necesaria en la ejecución de este tipo de proyecto. Inicialmente se solicitaron algunas parrillas inferiores sin soldar, solo como armadura ACEDIM (dimensionada) mas no como prearmada. Lo ideal es considerar las parrillas inferiores como armadura prearmada soldada y las superiores como armadura dimensionada, ya que constructivamente la parrilla inferior se puede colocar como un conjunto y la superior no, debido a que el acero de refuerzo de los pedestales (que se tiene como armadura prearmada) atraviesa la parrilla superior, tal y como se muestra en la imagen 4.13.
 - Apoyo logístico: En ocasiones no se tenía la grúa disponible, lo que generó que el personal obrero trasladara algunos elementos prearmados, aumentando el tiempo de la colocación del acero de refuerzo.

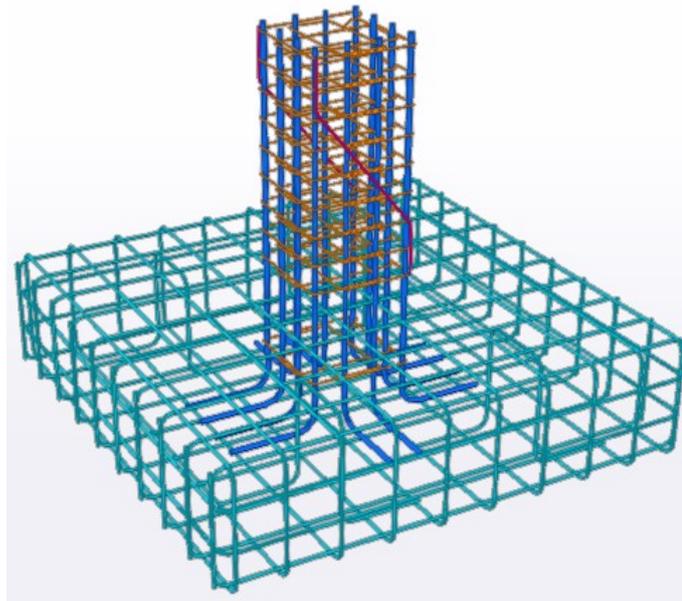


FIGURA N° 4.13: Modelado del acero de refuerzo en zapata - Torre 1.
Fuente: Documentos del proyecto

- Estructuras metálicas: Se tuvo una demora de 8 días respecto a lo planificado, demoró 33 días en total. Los factores que influenciaron en el retraso fueron:
 - Apoyo logístico: Se tuvo problemas en el transporte de los elementos metálicos, lo que generó un avance más lento de los trabajos. Cabe resaltar que luego de esto, se gestionó de una manera eficiente el apoyo logístico, evitando que ocurra este problema en la construcción de las siguientes torres.
- Losas colaborantes: Se tuvo mayor eficiencia de la esperada, el trabajo concluyó 3 días antes respecto a lo planificado, demoró 20 días en total. Los factores que influenciaron en la eficiencia fueron:
 - Experiencia del equipo: El equipo de colocación de placas colaborantes contaba con experiencia, por lo que el proceso se aceleró.
 - Apoyo logístico: Se contó con los materiales en las fechas acordadas. La grúa estuvo disponible cuando se necesitó para elevar las placas colaborantes.

El trabajo de la estructura de la Torre 1 demoró un total de 73 días, con un retraso de 4 días. Esto fue principalmente por el grado de conocimiento de las tareas del equipo de proyecto, tanto del personal de ejecución como del soporte técnico. Para proyectos de similar envergadura, solo de una torre, se puede tener en consideración lo mencionado en el presente ítem, ya sea para evitar que sucedan

los mismos problemas, o para considerar un buffer o sobretiempo adicional al planteado inicialmente, el sobretiempo para este caso fue del 6%.

Para trabajos repetitivos a mayor escala, como el de la realización de las 12 torres, la eficiencia del proceso va aumentando respecto al rendimiento planificado inicialmente, este aumento es de hasta un 30% (según datos de realización de las 9 torres que no son motivo de estudio detallado de la presente investigación).

Los rendimientos reales obtenidos de las partidas relacionadas a los elementos prefabricados usados durante el proceso de ejecución fueron:

- Acero de refuerzo: El rendimiento obtenido en su ejecución fue:
 - 1) Acero ACEDIM (dimensionado): 1500 kg por día con una cuadrilla formada por 0.1 capataz, 1 operario, y 1 peón (Ver Anexo 20).
 - 2) Acero Prearmado: 3500 kg por día con una cuadrilla formada por 0.1 capataz, 1 operario, y 1 peón, en conjunto con una grúa con su equipo de trabajo, operario de grúa y rigger (Ver Anexo 20).

TABLA N° 4.10: Rendimiento del acero de refuerzo en cimentaciones - Torre 1
Fuente: Elaboración propia

Rendimiento del acero de refuerzo		
Tipo (actividad que requiere)	Rendimiento (kg/día)	Ratio promedio
Prearmado (colocado)	2500 - 3500	0.003
ACEDIM (colocado y amarre)	1500 - 1800	0.005
Suministro simple* (cote - doblado, colocado y amarre)	250 - 350	0.032
*Obtenido de revista Costos (2020b)		

- Montaje de estructuras metálicas: El rendimiento obtenido en su ejecución, sin considerar el retraso por falta de materiales, fue de 5.13 toneladas por día con una cuadrilla formada por 1 capataz de montaje, 3 operarios de montaje, 6 oficiales de montaje, 1 rigger, 1 operario de grúa, 1 grúa de 40 ton y 4 elevadores articulados. (Ver Anexo 20).
- Colocación de placas colaborantes: El rendimiento obtenido en campo fue de 50 m² por día con una cuadrilla formada por 0.1 capataz, 1 operario soldador, 1 oficial soldador y 1 ayudante soldador (Ver Anexo 20).

Dividiendo la especialidad de estructuras en 3 partes, cimentaciones (incluye pedestales), estructuras metálicas y losas colaborantes, se puede considerar los rendimientos de la Tabla N° 4.11, como una herramienta para estimar los tiempos totales a gran escala bajo condiciones similares.

TABLA N° 4.11: Rendimientos generales de la especialidad de estructuras - Torre 1
 Fuente: Elaboración propia

Rendimientos Generales - Estructura de Torre 1		
Actividades de la estructura	Unidad	Medida
Cimentación	m ² /día	23.013
Estructura metálica	t/día	5.130
Losas colaborantes	m ² /día	94.854
Estructura general	m ² /día	43.504
Consideraciones: -El área de cimentaciones considerada es el área proyectada que ocupa la edificación. -Las toneladas totales de estructuras metálicas considerada es la que se indica en el análisis del metrado. -El área de losas colaborantes considerada es el área de placas, no se consideran ductos ni áreas sin colocación de losa colaborante. -El área de la estructura general considerada es el área techada total de la edificación.		

Respecto al análisis de la actividades de colocación de cielo raso y revestimiento con drywall de columnas metálicas, los rendimientos son 12 m²/día y 80 m²/día por cuadrilla, detallados en los APUs de cada partida (Ver Anexo 21).

4.1.6.3 Seguimiento y control

Armadura Prearmada - ACEDIM

- **Fase Inicial:** Se elabora el calendario de despacho en obra, planificando la etapa de diseño, modelamiento 3D, fabricación y transporte del material. En esta etapa se verifica los recubrimientos, empalmes (según el detalle de las juntas de vaciado en elementos largos), interferencia de la armadura con los pernos de anclaje embebidos en los pedestales, estabilidad, dimensiones de las armaduras prearmadas, grifado de las varillas dimensionadas y lo más importante, se define si la armadura se trabaja como prearmada o como ACEDIM (dimensionada).

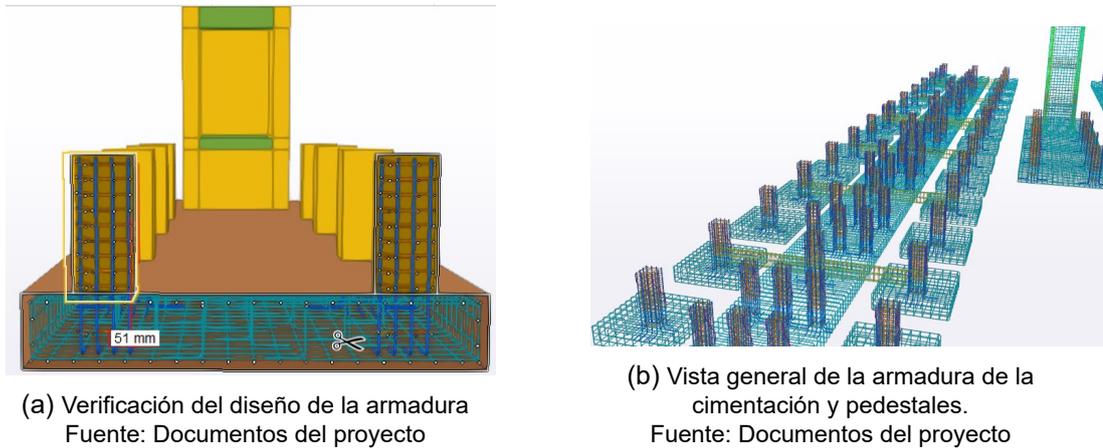


FIGURA N° 4.14: Diseño y verificación de la armadura prearmada - ACEDIM

- **Fase intermedia:** Se realiza el seguimiento de los despachos en obra, el estado de los refuerzos y la actualización de la programación de los siguientes pedidos. Para esto se cuenta con una herramienta llamada HCAP (Hoja de control de avance del proyecto), en la cual se puede visualizar el estado de los elementos.

Fila	Acero	Fecha Master Plan	Área	Aplicación	Estructura	Tipo	Estado ACEDIM	Producto
2	A706	07/11/2020	Sótanos	Cimentación	Zapata	Z-2	Entregado	PREARMADO
3	A615	07/11/2020	Sótanos	Cimentación	Zapata	Z-2	Entregado	ACEDIM
4	A615	11/11/2020	Sótanos	Portante	Pedestal	PD-1	Entregado	PREARMADO
5	A615	07/11/2020	Sótanos	Portante	Placa	CC-1	Entregado	ACEDIM
6	A615	07/11/2020	Sótanos	Portante	Placa	PL-1_1	Entregado	ACEDIM
7	A615	07/11/2020	Sótanos	Portante	Placa	PL-1_2	Entregado	ACEDIM
8	A615	07/11/2020	Sótanos	Portante	Placa	PL-1_3	Entregado	ACEDIM
9	A615	07/11/2020	Sótanos	Portante	Viga	VC-2_1	Entregado	ACEDIM

FIGURA N° 4.15: Tabla extraída de la hoja excel HCAP. Fuente: Documentos del proyecto

- **Fase Final:** Se realiza el almacenamiento en obra y su colocación, en esta fase se identifican errores, observaciones al diseño y mejoras. Las consultas, recomendaciones, y comunicación con el equipo de abastecimiento y diseño de la armadura prearmada - ACEDIM, se realizan en el modelo que se visualiza en Trimble, esto permite que todos los participantes tengan un mejor manejo de la información.

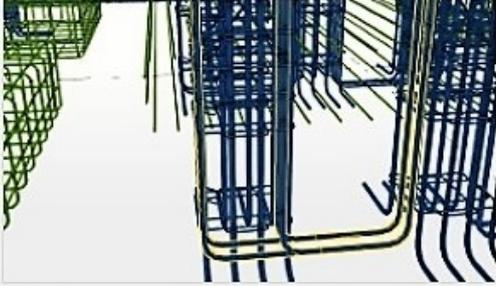
De	TORBISCO PERICHE SANTIAGO
Fecha	14/11/2020 09:21
	
Título	CO-25
Descripción	Al considerar patas de 45 cm hay interferencia en los pedestales pequeños (Entre patas). Hay que manejar los pedestales pequeños con patas de 30 cm y los 4 lados hacia fuera
Usuario asignado	TARRILLO TORRES ALBERTH PETER, Veramendi Ramos Gino Hebert
Prioridad	Normal

FIGURA N° 4.16: Ejemplo de consulta sobre el diseño de armadura en el programa Trimble Connect. Fuente: Documentos del proyecto

Estructuras Metálicas

Añadiendo conceptos a lo mencionado sobre su diseño y transporte en el ítem 3.6, el proceso de colocación en obra consta de los siguientes pasos:

- **Colocación de pernos en pedestales:** Las columnas llegan a obra con la placa base perforada, y las medidas para encajar con la ubicación de los pernos embebidos en los pedestales, a estas medidas se le suma un margen de error permisible, mencionado en los planos, que indica cuánto puede estar desviado el perno respecto a su ubicación de diseño. Por esta razón, la topografía y la correcta colocación de pernos es importante, ya que al no encajar correctamente, el avance del trabajo se ve comprometido.



FIGURA N° 4.17: Pernos embebidos en pedestal con concreto fresco en Torre 1. Fuente: Propia

- **Montaje de estructuras metálicas:** Se realiza el montaje de las columnas, vigas y arriostres. En paralelo a su montaje se verifican 3 principales aspectos:
 - 1) Nivelación, alineamiento y verticalidad: Luego del montaje de los elementos metálicos se debe verificar su nivelación, alineamiento y verticalidad. La verticalidad se rige por el criterio de no exceder una desviación del eje de trabajo de 1:500, para la Torre 1 con una altura de 17.56 m para las columnas, le corresponde un error permisible de 35 mm. Criterio similar tiene la nivelación y alineamiento, lo cual no debe sobrepasar la desviación de 1:500 de la longitud entre apoyos del elemento. Estos criterios quedan definidos en los protocolos de calidad del proyecto, los límites varían según el proyecto, sin embargo, los valores indicados pueden servir como referencia.
 - 2) Torque – Tensión de pernos: No hay requerimientos mínimos o máximos especificados para el ajuste de pernos. El único requisito es que los pernos permitan a las superficies tener un contacto firme. Para los valores de torque se tomaron como referencia los dados por el proveedor en la ficha técnica de los pernos, con un promedio de 185 N-m para pernos de un diámetro de 5/8".



FIGURA N° 4.18: Ajuste de pernos con pistola de impacto en Torre 1. Fuente: Propia

- 3) Inspección de resane de pintura: En caso se observe la pérdida de pintura de los elementos durante su transporte y montaje, se debe resanar estas zonas, para posteriormente verificar lo siguiente:

superficie limpia, pintura aplicada según ficha técnica, aplicación de pintura sobre superficie resanada con espesor de película uniforme y según criterios de calidad, y finalmente, se verifica la superficie resanada libre de defectos. Los tipos de pintura usados son Jet 62ZP Anticorrosivo con un espesor de 4.0 mils (primera capa) y Jet 70MP Blanco RAL 9016 con un espesor de 4.0 mils (segunda capa), el espesor total es de 8 mils con un margen de error de ± 1.6 mils, este espesor se verifica en campo con un medidor de espesor de pintura.

Estos aspectos mencionados son verificados mediante protocolos, las características de las inspecciones son mencionadas en el Plan de puntos de inspección (Ver Anexo 14).

Losas Colaborantes

- **Izaje:** El izaje se realiza con una grúa, debido a la forma de la edificación, la recepción se realiza en el extremo más cercano a la vía de ingreso para luego ser trasladada hacia su ubicación final.
- **Instalación de conectores de corte:** Se realiza por el método tradicional usando una broca sacabocado para perforar las placas y soldadura para la unión de los conectores de corte a las vigas. Los conectores son colocados en cada zona de la placa donde cruzan las vigas, adicional a los dos extremos que se tienen como mínimo (Ver Anexo 16).



FIGURA N° 4.19: Conectores de corte colocados en Torre 1. Fuente: Propia

- **Colocación de acero de refuerzo:** Los ductos y aberturas de la edificación menores a 15 cm son reforzados con varillas en los bordes, según las recomendaciones para la ejecución de este sistema de losas.

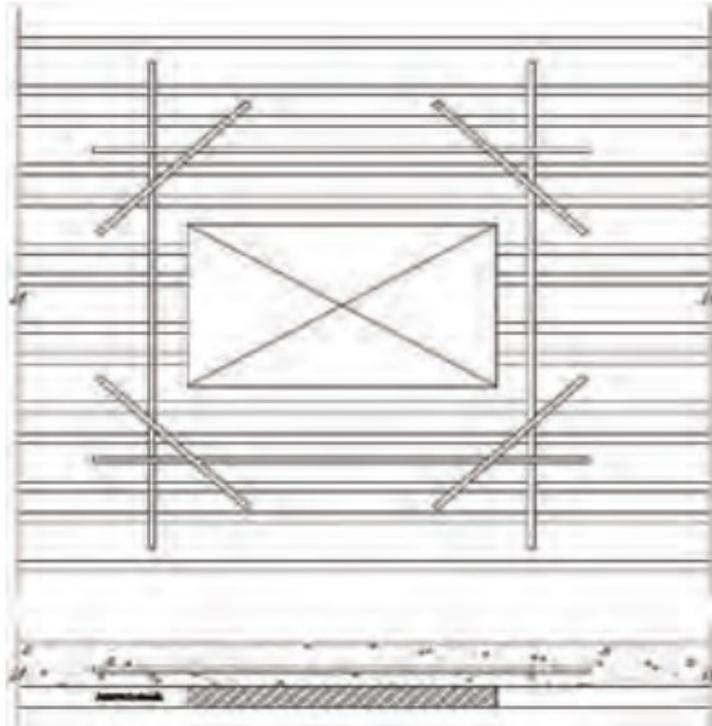


FIGURA N° 4.20: Diseño de refuerzo en ductos. Fuente: Aceros Procesados S.A. (2021)

4.1.6.4 Recomendaciones

Armadura prearmada - ACEDIM

- Considerar criterios de estabilidad de montaje, peso y dimensiones para el diseño de la armadura prefabricada.
- En el caso de usar armaduras prearmadas soldadas, se debe usar el acero ASTM A706-G60 / NTP 339.186 – G420 ideal para soldaduras.
- Para el diseño de las armaduras prearmadas en las columnas, es necesario añadir estabilizadores laterales en caras contiguas, para lograr un montaje sin que estas se deformen en su izaje.



FIGURA N° 4.21: Llegada a obra de parrilla inferior de zapatas - armadura prearmada soldada en Torre 1. Fuente: Propia



FIGURA N° 4.22: Colocación de la armadura prearmada - ACEDIM. Fuente: Propia

- En la Tabla N° 4.12 se puede observar otras pautas importantes sobre la implementación de este tipo de armadura en obra.

TABLA N° 4.12: Panel fotográfico de la colocación de la armadura prearmada - ACEDIM
Fuente: Elaboración propia

ARMADURA PREARMADA - ACEDIM EN EDIFICIOS RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS	
	
Llegada de las primeras armaduras prearmadas.	Almacenamiento de armaduras prearmadas soldadas, ubicadas cerca de su posición final.
 	
Mal transporte de la armadura prearmada soldada, se coordinó para que no vuelva a suceder.	Pernos de anclaje colocados en el pedestal antes del vaciado.
	
Control del recubrimiento con separadores de concreto $e = 7$ cm.	Colocación de armadura prearmada con plataforma grúa.
	
Colocación de armadura prearmada de pedestal, en parrilla inferior prearmada soldada.	Elementos del refuerzo metálico colocados en cimentación.

Estructuras Metálicas

- Con el fin de evitar que los pernos se muevan durante el vaciado y vibrado de la columna de concreto, estos deben asegurarse al refuerzo estructural mediante “toperas”, amarrándolas con alambre o soldándolas.



FIGURA N° 4.23: Pernos sujetos por toperas soldadas a la placa modelo.
Fuente: Propia

- Durante el izaje, la estructura debe estabilizarse con cuerdas mientras adquiere estabilidad por sí misma.
- En caso de utilizar pistolas de impacto para el ajuste de pernos, se debe tener en cuenta que estas producen un fuerte sonido.
- Durante el transporte y montaje de las estructuras metálicas es inevitable que ocurran pequeños roces o incluso golpes, se debe tener sumo cuidado con estos y realizar un repintado de las zonas afectadas.



FIGURA N° 4.24: Resane de pintura de estructuras metálicas. Fuente: Propia

- Para el vaciado de columnas con los pernos incrustados, se recomienda trabajar durante el vaciado, en conjunto con el topógrafo del contratista de estructuras metálicas (en caso lo ejecute un contratista), para así asegurarse que los pernos estén bien posicionados.
- No se debe colocar la estructura metálica pegada al pedestal, se debe dejar un espacio ($e = 5 \text{ cm}$) para luego ser rellenado con un material autonivelante como el grout (relleno estructural). Con esto se garantiza una adecuada transmisión de esfuerzos.



(a) Vista antes de colocar el relleno estructural. Fuente: Propia

(b) Vista con el relleno estructural colocado. Fuente: Propia

FIGURA N° 4.25: Espacio entre columna de metal y columna de concreto

- Se debe procurar el armado de la estructura metálica en el suelo, siempre y cuando sea posible según su tipo de conexión, forma y capacidad del equipo de izaje.



FIGURA N° 4.26: Armado 2D en el suelo de las estructuras metálicas. Fuente: Propia

- En la Tabla N° 4.13 se puede observar otras pautas importantes sobre la implementación de estructuras metálicas en edificios residenciales.

TABLA N° 4.13: Panel fotográfico de la colocación de las estructuras metálicas
 Fuente: Elaboración propia

ESTRUCTURAS METÁLICAS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS	
	
Liberación topográfica de la ubicación de los pernos de anclaje en pedestales. Realizado por dos topógrafos (según recomendaciones).	Montaje de columnas y vigas metálicas, se visualiza a la derecha el montaje de un cubo armado en el suelo previamente.
	
Verificación del espesor de pintura de los elementos metálicos.	Montaje general de la Torre 1 con 3 elevadores articulados y una grúa.
	
Conexión mediante pernos, de columna de concreto (pedestal) con columna de acero.	Llegada (izquierda) y almacenaje (derecha) de los elementos metálicos.
	
Se visualiza la magnitud de las estructuras metálicas, vista frontal (izquierda), lateral (centro) y vista desde la parte superior (derecha).	

Losas Colaborantes

- Se recomienda no acumular en las vigas muchas placas una sobre otra durante su montaje, ya que puede ocasionar esfuerzos no previstos en las vigas, y en las placas que se ubiquen en la parte más baja del cúmulo.
- Considerar las especificaciones del proveedor para la utilización de ciertos productos como las placas colaborantes de acerodeck. Para la placa tipo AD-600 Gage 22, apuntalar en luces mayores a 2.5 m y no acumular concreto premezclado en los centros de luces durante el vaciado.
- Los ductos y pases deben tener refuerzo metálico en los bordes.



FIGURA N° 4.27: Acero de refuerzo en ducto. Fuente: Aceros Procesados S.A. (2021)

- A pesar de no aportar al funcionamiento estructural de la losa colaborante, los tornillos autoperforantes son imprescindibles en la colocación de las placas, ya que si no se instalan, pueden ocurrir accidentes por el deslizamiento de estas.
- Los topes de borde evitan el encofrado lateral de las losas colaborantes (frisos) y su tarrajeo posterior al vaciado, siendo un buen complemento para el sistema de losas colaborantes, permitiendo reducir los procesos durante su ejecución.
- En la Tabla N° 4.14 se puede observar otras pautas importantes sobre la implementación de las losas colaborantes.

TABLA N° 4.14: Panel fotográfico de la colocación de las placas colaborantes
 Fuente: Elaboración propia

LOSAS COLABORANTES EN EDIFICIOS RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS	
	
<p>Placas colaborantes colocadas con pernos autoperforantes en 2^{do} nivel.</p>	<p>Conectores de corte y acero de refuerzo colocados en losa colaborante previo al vaciado.</p>
	
<p>Colocación de topes de borde (cantoneras).</p>	<p>Forma alterna de apuntalamiento que permite el vaciado de dos niveles contiguos al mismo tiempo.</p>
	
<p>Vaciado de losa colaborante con vista de las tuberías de instalaciones colocadas.</p>	<p>Losa colaborante posterior al vaciado.</p>
	
<p>Tuberías expuestas debajo de la losa colaborante.</p>	<p>Acabado de losa colaborante.</p>

Recomendaciones generales

- La planificación del proyecto tiene que realizarse considerando aspectos de ejecución como: movilización de unidades de concreto para el vaciado, zonas para izaje de grúas (huella de grúa), zonas de acopio, almacén y campamento, restricciones de espacio, actividades de uso de equipos de sonidos intensos (ciertas horas), horarios de vaciado según la zona del proyecto, entre otros.
- En casos de proyectos grandes y multidisciplinarios como el estudiado, es muy probable el encontrar algún error o incompatibilidad entre las distintas áreas, se debe usar herramientas como el log de consultas (excel macros), visualizadores que permitan distintos tipos de archivos (Trimble, Autocad, otros), el BIM, y otras herramientas de ingeniería; para poder identificarlos y solucionarlos oportunamente.
- Para asegurar la ejecución del proyecto, es necesario no solo ver los procesos de ejecución directos, sino también hacer seguimiento en paralelo a los procesos de gestión de recursos y soporte de actividades.
- Si se va a tener almacenado materiales metálicos, se recomienda tener especial cuidado con la humedad y exposición al sol por mucho tiempo.
- La entrega de los elementos prefabricados debe planificarse de tal modo que su tiempo de almacenaje en obra sea el mínimo, y así no se tenga un gran inventario ni costos adicionales por almacenaje.

4.2 EDIFICIO RESIDENCIAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU

Parte de los datos del presente subcapítulo han sido obtenidos de la investigación de Cruz (2018), otros datos del proyecto han sido procesados por el autor de la presente investigación, y bajo los mismos criterios que la edificación con estructuras metálicas, tales como el rediseño de la cimentación, planeamiento, presupuesto, matriz de riesgos del proyecto, matriz IPERC, y el análisis de huella de carbono.

4.2.1 Descripción del proyecto

El proyecto original se ubica en el distrito de San Jerónimo de Tunán, provincia de Huancayo, departamento de Junín, en la Calle San Martín N°123, sin embargo, para su posterior análisis se considera su ubicación en el distrito de Lurín, con esto se logra tener similares criterios de precios, rendimientos, etc., con la edificación con estructuras metálicas.

El proyecto consta de un edificio multifamiliar de cinco niveles, planteándose en un área de 300.37 m² y con un total de 10 departamentos.



FIGURA N° 4.28: Vista 3D de la edificación con concreto vaciado in situ. Fuente: Cruz (2018)

4.2.2 Estudio geotécnico

Las características de diseño estructural de la edificación son planteadas bajo los siguientes parámetros del suelo:

- Capacidad portante del suelo: 2.83 kg/cm².
- Factor de zona (Z): La edificación original por estar en la ciudad de Huancayo pertenece a la zona sísmica 3 y le corresponde un valor de 0.35.
- Tipo del suelo: S₂, para este tipo de suelo la norma especifica S=1.15 y T_P = 0.6.
- Tipo de suelo: Se tiene presencia de arena limosa SM.

Con la caracterización general del suelo se concluye que es competente para el proyecto. Debido a que la capacidad portante del suelo es mucho mayor que la obtenida en la edificación con estructuras metálicas (1.09 kg/cm²), posteriormente

se realiza el rediseño de la cimentación con la menor capacidad portante del suelo, para así tener condiciones similares en ambas edificaciones.

4.2.3 Proyecto arquitectónico

La prefiguración arquitectónica del proyecto se plantea bajo las consideraciones de una edificación convencional con concreto vaciado in situ, no se consideran aspectos como modulación, estandarización, etc.

En el primer nivel de la edificación se ubican dos departamentos con tiendas comerciales, el resto de niveles cuenta con dos departamentos por piso, la altura entre pisos promedio es de 2.60 m, en el primer nivel se tiene una altura de 3.00 m.

TABLA N° 4.15: Áreas de la edificación con concreto vaciado in situ.
Adaptado de Cruz (2018)

Áreas de la edificación con concreto vaciado in situ (5 niveles)				
Zonas	Área primer nivel (m ²)	Área 2do al 5to nivel (m ²)	Área total (m ²)	
Área techada	222.64	205.81	1045.88	96.1 %
Área de departamentos	180.60	191.43	946.32	86.9 %
Área de tiendas	30.66	0	30.66	2.8 %
Área de pasillos	0	3.00	12.00	1.1 %
Área de zona de escalera	11.38	11.38	56.90	5.2 %
Área libre	8.56	8.56	42.80	3.9 %
ÁREA TOTAL	231.20	214.37	1088.68	100.0 %

La edificación cuenta con una caja de escalera principal hecha de concreto armado en la parte central. El sistema de abastecimiento de agua se da mediante un tanque cisterna ubicado debajo de la escalera, el cual bombea el agua hacia un tanque elevado ubicado en la parte superior de la escalera, para luego abastecer así a toda la edificación.

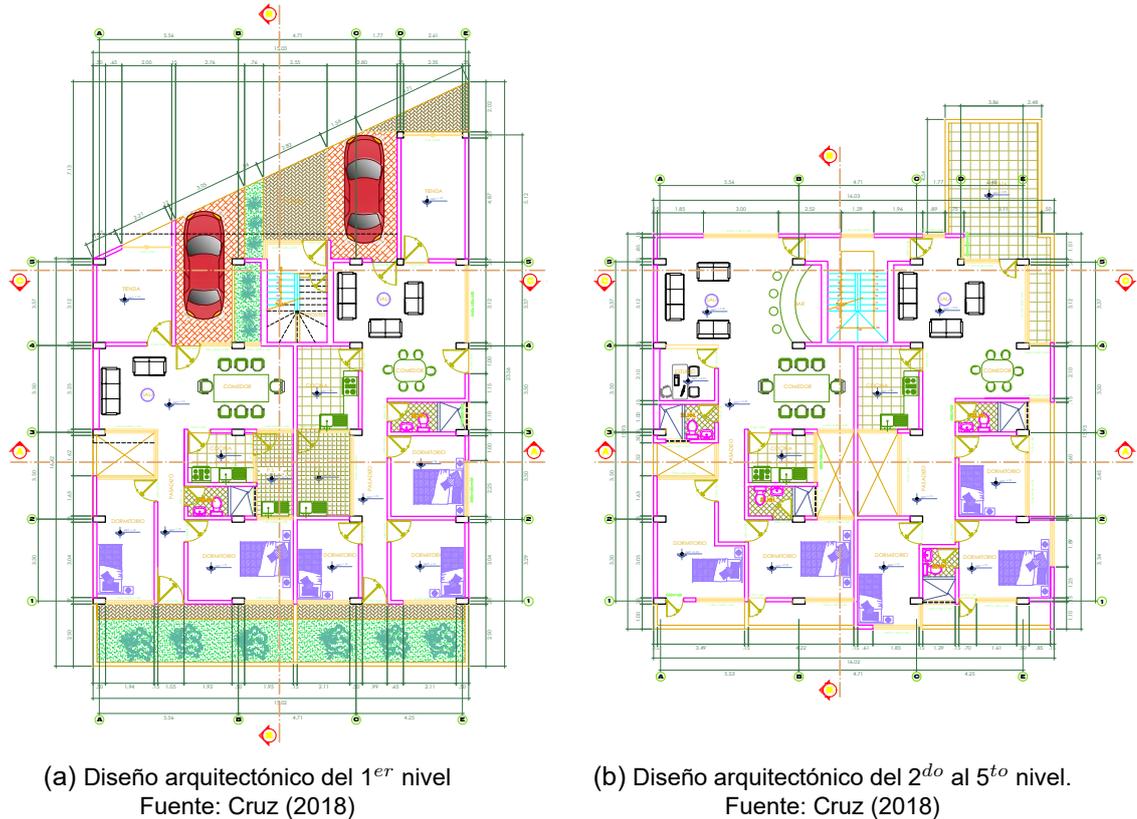


FIGURA N° 4.29: Diseño arquitectónico de la edificación con concreto vaciado in situ

4.2.4 Diseño estructural

El sistema estructural consiste en pórticos conformados por vigas y columnas de concreto que sirven de apoyo a las losas aligeradas y losas macizas presentes. La estructura de concreto armado tiene una resistencia a compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en todos los elementos. La albañilería es de ladrillos de arcilla sólida cocida industrial (Cruz, 2018).

El diseño sigue las consideraciones y pasos del diseño estructural convencional en edificaciones de concreto armado, debido a que este proceso es ampliamente conocido y estudiado en la etapa de pregrado de la carrera de ingeniería civil, no se profundiza en esto.

4.2.4.1 Rediseño de la cimentación

Para realizar el rediseño de la cimentación primero se caracterizan los elementos del diseño original, los cuales se muestran en la Tabla N° 4.16:

TABLA N° 4.16: Diseño de la cimentación original – Edificación con concreto vaciado in situ.
Fuente: Cruz (2018)

Cuadro de zapatas original - Edificación con concreto vaciado in situ							
Tipo	Cantidad	A (m)	B (m)	h (m)	H (m)	ACERO	Columna
Z - 1	10.00	2.20	2.20	0.60	1.60	Φ 1/2"@0.15 Dos direcciones	C1
Z - 2	9.00	1.50	2.20	0.60	1.60	Φ 1/2"@0.15 Dos direcciones	C2
Z - 3	1.00	1.50	1.70	0.60	1.60	Φ 1/2"@0.15 Dos direcciones	C3
Z - 4	2.00	1.20	1.20	0.60	1.60	Φ 1/2"@0.15 Dos direcciones	C4
Z - 5	1.00	1.20	0.90	0.60	1.60	Φ 1/2"@0.15 Dos direcciones	C4

Los elementos de la Tabla N° 4.16 son diseñados para una capacidad portante admisible del suelo $\sigma_{adm} = 2.83 \text{ kg/cm}^2$, se realiza su rediseño para un valor de $\sigma_{adm} = 1.09 \text{ kg/cm}^2$, que corresponde al suelo donde se ubica la edificación con estructuras metálicas (Lurín – Lima). Debido a que la finalidad de la tesis no es abordar el diseño estructural, se mencionan las ecuaciones de diseño empleadas para su rediseño y el cuadro final de los elementos de cimentación obtenidos.

$$A_{\text{de zapata}} = \frac{1.05 \times (P_{cm} + P_{cv})}{0.9 \times \sigma_{adm}} \quad (4.1)$$

Esfuerzo por cargas de gravedad:

$$\sigma_1 = \frac{P}{A \times B} \pm \frac{6(M)}{A^2 \times B} < \sigma_{adm} \quad (4.2)$$

Esfuerzo por cargas de gravedad más sismos en ambas direcciones:

$$\sigma_2 = \frac{P}{A \times B} \pm \frac{6(M)}{A^2 \times B} < 1.3 \times \sigma_{adm} \quad (4.3)$$

P = Carga axial originada por las cargas muerta, viva y de sismo, según correspondan a cada ecuación.

M = Momento flector originado por las cargas muerta, viva y de sismo, según correspondan a cada ecuación.

Esfuerzo último del suelo:

$$\sigma_u = 1.25 \times \sigma_{adm} \quad (4.4)$$

Verificación del corte por punzonamiento para zapatas centradas:

$$A_0 = (D_x + d)(D_y + d) \quad (4.5)$$

$$V_u = \sigma_u(A_{total} - A_0) \quad (4.6)$$

$$b_0 = 2(D_x + D_y + 2d) \quad (4.7)$$

$$\varphi V_{c1} = \varphi \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times b_0 \times d \quad (4.8)$$

$$\varphi V_{c2} = \varphi \times 0.27 \times \sqrt{f'c} \times \left(\frac{a_s \times d}{b_0} + 2\right) \times b_0 \times d \quad (4.9)$$

$$\varphi V_{c3} = \varphi \times 1.06 \times \sqrt{f'c} \times b_0 \times d \quad (4.10)$$

$$\varphi V_{c(1,2,3)} > V_u \quad (4.11)$$

$D_{x,y}$ = Dimensión de la columna en los ejes X e Y

d = Peralte efectivo de la zapata

V_u = Resistencia requerida

V_c = Capacidad de resistencia

$f'c$ = Resistencia de diseño del concreto

b_o = $2A + 2B + 4d$, para columnas céntricas

a_s = 40 - columna interna, 30 - columna límite y 20 - columna en esquina.

El rediseño se ejemplifica aplicándolo a la columna C10 (0.25 x 0.50) ubicada en el eje B-3, las cargas a las cuales es sometida se muestran en la Tabla N° 4.17.

Aplicando las ecuaciones 4.1 a la 4.11, se obtiene el resultado de los cálculos para la columna C10, los cuales se muestran en la Tabla N° 4.18.

TABLA N° 4.17: Cargas en columna C10 – Edificación con concreto vaciado in situ.
Fuente: Cruz (2018)

Cargas en columna C10		
Cargas	Carga axial P_s (t)	Momento flector M_{yy} (t.m)
Carga muerta	108.98	0.686
Carga viva	13.34	0.144
Carga por sismo	14.85	25.872

TABLA N° 4.18: Variables en el rediseño de la zapata de la columna C10 – Edificación con concreto vaciado in situ. Fuente: Elaboración propia

Variables en el rediseño de la zapata - Columna C10			
Definidas		Calculadas	
P_{cm} (t)	108.98	Área zapata (m ²)	13.09
P_{cv} (t)	13.34	σ_1 (t/m ²)	10.47
P_{cs} (t)	14.85	σ_2 (t/m ²)	13.79
M_{cm} (t.m)	0.686	σ_u (t/m ²)	13.09
M_{cv} (t.m)	0.144	A_0 (m ²)	1.035
M_{cs} (t.m)	25.872	V_u (t)	165.67
d (m)	0.5	b_o (m)	4.1
σ_{adm} (t/m ²)	10.9	ϕVc_1 (t)	267.66
A (m)	3.7	ϕVc_2 (t)	468.93
B (m)	3.7	ϕVc_3 (t)	267.66
Peso de zapata (t)	19.71		

De la Tabla N° 4.18, se verifican el área y esfuerzos requeridos por la zapata:

$$A \times B > \text{Áreadezapata} \Leftrightarrow 13.69m^2 > 13.09m^2$$

$$\sigma_1 < \sigma_{adm} \Leftrightarrow 10.47 \frac{t}{m^2} < 10.90 \frac{t}{m^2}$$

$$\sigma_1 < 1.3 \times \sigma_{adm} \Leftrightarrow 13.79 \frac{t}{m^2} < 14.17 \frac{t}{m^2}$$

$$\text{Mín}(\phi Vc_1, \phi Vc_2, \phi Vc_3) > Vu \Leftrightarrow 267.66t > 165.67t$$

Finalmente, aplicando los mismos conceptos para el resto de las zapatas, sumado a la verificación de corte por flexión y al diseño por flexión, se obtienen las nuevas dimensiones que se muestran en la Tabla N° 4.19.

TABLA N° 4.19: Rediseño de la cimentación – Edificación con concreto vaciado in situ.
 Fuente: Elaboración propia

Cuadro de zapatas del rediseño - Edificación con concreto vaciado in situ							
Tipo	Cantidad	A (m)	B (m)	h (m)	H (m)	ACERO	Columna
Z - 1	10	3.70	3.70	0.60	1.60	Φ 5/8"@0.20 Dos direcciones	C1
Z - 2	9	2.70	3.70	0.60	1.60	Φ 5/8"@0.20 Dos direcciones	C2
Z - 3	1	2.70	3.00	0.60	1.60	Φ 5/8"@0.20 Dos direcciones	C3
Z - 4	2	2.20	2.20	0.60	1.60	Φ 5/8"@0.20 Dos direcciones	C4
Z - 5	1	2.20	1.50	0.60	1.60	Φ 5/8"@0.20 Dos direcciones	C4

Las nuevas dimensiones de la cimentación obtenidas en la Tabla N° 4.19 son tomadas como referencia para los análisis a los cuales es sometida la edificación convencional con concreto in situ. No se consideran pequeñas superposiciones que se dan entre zapatas, lo que ocasiona zapatas combinadas.

4.2.5 Planeamiento

4.2.5.1 Reconocer el alcance

El proyecto consta de la construcción de una edificación residencial de 5 niveles más azotea, cuya finalidad es la de vivienda a través de departamentos. En este caso al ser el análisis de una edificación y no de un conjunto residencial, se obvia la identificación de etapas del proyecto, analizando en primera instancia la sectorización de la edificación.

Al tener un método constructivo convencional y ser ampliamente conocido, el reconocimiento del alcance y el planeamiento en general se ve facilitado por el "know how" propio de las empresas y profesionales del rubro.

4.2.5.2 Sectorización y ritmo

La sectorización de la edificación se divide en 4 bloques, que son planteados considerando el mayor avance en paralelo posible por 4 frentes o 4 cuadrillas, de tal manera que exista continuidad en los trabajos. Esta misma sectorización se repite en todos los niveles, colocando un sufijo adicional del número del piso para identificar cada uno de estos sectores.

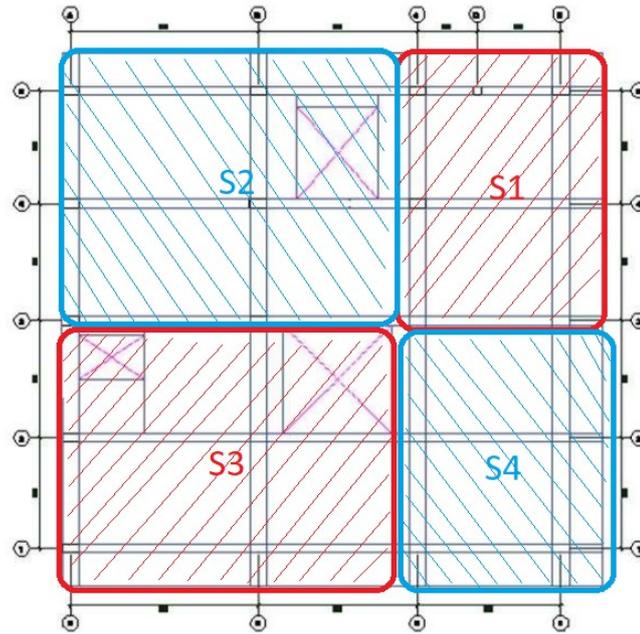


FIGURA N° 4.30: Sectorización de la edificación con concreto vaciado in situ. Adaptado de Cruz (2018)

El ritmo queda definido en función de los trabajos identificados en la edificación convencional respecto a las actividades de la estructura, y del cronograma general del proyecto estimado inicialmente en 100 días para la especialidad de estructuras.

4.2.5.3 *Secuencia de actividades*

Debido a que el método constructivo es ampliamente conocido, se procede a secuenciar las actividades con menos esfuerzo, quedando definidas tal y como muestra el cronograma (Ver Anexo 15)

4.2.5.4 *Recursos del plan*

Para asignar recursos a las actividades se toma como referencia datos de la revista Costos (2020b), en la que se definen los recursos para cada actividad con cierto rendimiento, para la construcción convencional con concreto vaciado in situ.

4.2.5.5 *Cronograma de trabajo*

La información mencionada anteriormente es ingresada al software Microsoft Project para así obtener el cronograma de ejecución de la edificación con concreto vaciado in situ (Ver Anexo 15). El plazo total de ejecución resultó en 115 días laborables, , incluyendo actividades desde la cimentación hasta la ejecución de la última losa aligerada y el tarrajeo de columnas, vigas y fondos de losa; siendo la ejecución de la partida "Concreto Armado" la que tiene mayor duración (100 días)

Del cronograma elaborado se obtuvo la siguiente información:

- **Cronograma de la mano de obra:** Se busca continuidad, analizando la mano de obra en función de la sectorización propuesta, obteniéndose la curva Horas-Hombre vs Tiempo que se muestra en la Figura N° 4.31. Se observa continuidad en las actividades de la especialidad de estructura, con pequeñas variaciones que corresponden a las horas-hombre de los ayudantes, quienes realizan diversas actividades incluyendo las de otras especialidades.

La cantidad máxima de personal que se tiene es de 18 personas, el promedio de personal asignado a las actividades de la especialidad de estructuras es de 12 personas. La cantidad total de horas-hombre es de 8905 horas (estructura). Sumando la cantidad de horas hombre del tarrajeo de columnas, vigas y losas se obtiene 12,792 horas en total.

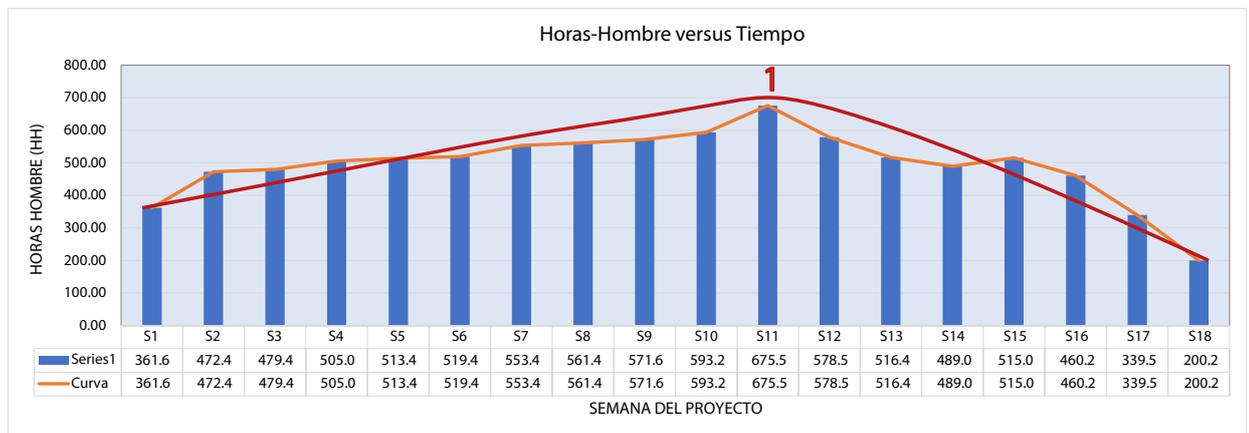


FIGURA N° 4.31: Curva Horas-Hombre versus tiempo para la edificación con concreto vaciado in situ. Fuente: Elaboración propia

- **Materiales críticos:** Como en toda construcción convencional los materiales predominantes en cuanto al costo son el concreto premezclado y la armadura, siendo un porcentaje del 28.09% y 41.35% respectivamente del costo total de materiales.

4.2.6 Procedimiento constructivo

Debido a que el autor de la investigación no ejecutó el proyecto planificado de la edificación con concreto vaciado in situ, y a que existe gran cantidad de investigaciones que describen los procesos constructivos para este tipo de construcción, no se considera materia de análisis este ítem para la finalidad de la investigación. Para comparar variables cualitativas y cuantitativas, se toman los datos de la revista Costos (2020b), diversas investigaciones, y conocimientos generales de la construcción convencional.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO

Para lograr una comparación entre los procesos de diseño y ejecución de los sistemas de construcción empleados, se analizan las principales variables que los caracterizan, variables cualitativas y cuantitativas.

5.1 ANÁLISIS CUALITATIVO

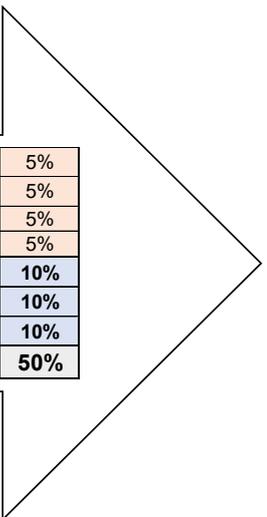
Los resultados del análisis se presentan en una matriz de diferencias cualitativas, reuniendo aspectos importantes de las edificaciones, siendo englobadas finalmente como una característica única general para luego ser comparadas en conjunto con las variables del análisis cuantitativo.

Los aspectos han sido seleccionados con base en diversas investigaciones y la importancia de estas características en la construcción de una edificación:

TABLA N° 5.1: Aspectos cualitativos sujetos a evaluación
 Fuente: Elaboración Propia

Aspectos Cualitativos			
Item	Característica	Item	Característica
1	Estudio geotécnico	8	Seguimiento y control de calidad
2	Diseño arquitectónico	9	Durabilidad y mantenimiento
3	Diseño estructural	10	Conocimiento del sistema
4	Implementación de metodología BIM	11	Logística y cadena de suministros
5	Normas vigentes	12	Actividades preliminares
6	Diseño de la cimentación	13	Tabiquería y acabados
7	Inicio de la construcción	14	Flujo de caja

Se realiza una cadena de valor de los aspectos seleccionados, permitiendo identificar las actividades primarias o fundamentales y las actividades secundarias o de apoyo. Para realizar esta cadena de valor se considero investigaciones como la de Sanabria (2017), entre otras fuentes bibliográficas; asignandole así los valores que se muestran en la Figura N° 5.1.



ACTIVIDADES SECUNDARIAS	Conocimiento del sistema	5%	Logística y cadena de suministros	5%
	Implementación de metodología BIM	5%	Actividades preliminares	5%
	Normas Vigentes	5%	Tabiquería y acabados	5%
	Diseño de la cimentación	5%	Flujo de Caja	5%
ACTIVIDADES PRIMARIAS	Estudio Geotécnico	10%	Inicio de la Construcción	10%
	Diseño Arquitectónico	10%	Seguimiento y control de Calidad	10%
	Diseño Estructural	10%	Durabilidad y mantenimiento	10%
	DISEÑO	50%	CONSTRUCCIÓN	50%

FIGURA N° 5.1: Cadena de valor de aspectos cualitativos. Fuente: Elaboración propia

Los aspectos son comparados bajo el criterio de que, para aquellas características que sean favorables para un sistema de construcción, se le asigne el peso total del aspecto evaluado.

Debido a que el análisis es cualitativo, está sujeto a la perspectiva del evaluador (siendo subjetivo), por esta razón se plantea su análisis con una encuesta formulada a profesionales del sector construcción que cuenten con experiencia en la ejecución de estructuras metálicas y/o edificaciones residenciales, sometiendo así el análisis a un "juicio de expertos".

Finalmente se obtiene un resultado cuantitativo, sumando los porcentajes de las características favorables para cada tipo de edificación. El valor numérico final es expresado mediante la siguiente ecuación:

$$I_{ec} = \frac{\%condiciones\ favorables\ Estructuras\ Meta'licas}{\%condiciones\ favorables\ Concreto\ in\ Situ} \quad (5.1)$$

I_{ec} = Índice de evaluación cualitativa

5.1.1 Resultados

Se desarrolló la encuesta a un total de 12 profesionales, incluyendo aquellos que participaron en el proyecto de estructuras metálicas. El resumen del desarrollo de la encuesta se muestra en el Anexo 16.

Con el grado de importancia de cada aspecto y con la evaluación realizada, se obtienen las características favorables para cada tipo de edificación, y su asignación numérica para cada una, finalmente se procede a sumar estos valores

de forma global, para usar este resultado en el posterior análisis comparativo CBA. El resumen de este análisis se muestra en la Tabla N° 5.2.

TABLA N° 5.2: Resumen de comparación cualitativa
Fuente: Elaboración propia

Item	Aspecto	Condición Favorable	Grado de importancia	
			Concreto vaciado in situ	Estructuras metálicas
1	Conocimiento del sistema	Concreto Vaciado in Situ	5%	0%
2	Implementación de metodología BIM	Estructuras metálicas	0%	5%
3	Normas vigentes	Estructuras metálicas	0%	5%
4	Diseño de la cimentación	Concreto Vaciado in Situ	5%	0%
5	Logística y cadena de suministros	Concreto Vaciado in Situ	5%	0%
6	Actividades preliminares	Estructuras metálicas	0%	5%
7	Tabiquería y acabados	Concreto vaciado in situ	5%	0%
8	Flujo de caja	Concreto Vaciado in Situ	5%	0%
9	Estudio geotécnico	Indistinto	10%	10%
10	Diseño arquitectónico	Indistinto	10%	10%
11	Diseño estructural	Estructuras metálicas	0%	10%
12	Inicio de la construcción	Estructuras metálicas	0%	10%
13	Seguimiento y control de calidad	Estructuras metálicas	0%	10%
14	Durabilidad y mantenimiento	Concreto vaciado in situ	10%	0%
TOTAL			55.00%	65.00%

La justificación de los resultados obtenidos se muestra en la tabla Tabla N° 5.3

TABLA N° 5.3: Justificación de encuesta de Análisis cualitativo
 Fuente: Elaboración propia

Aspecto	Condición Favorable	Justificación
1. Conocimiento del sistema	Concreto Vaciado in Situ	Los profesionales del sector tienen un mayor conocimiento del sistema de construcción con concreto vaciado in situ
2. Implementación de metodología BIM	Estructuras Metálicas	Muchos contratistas de elementos prefabricados como las estructuras metálicas, acero de refuerzo prearmado, etc.; implementan la metodología BIM
3. Normas vigentes	Estructuras Metálicas	Las estructuras metálicas son diseñadas con base en normas nacionales y varias normas internacionales que la complementan, lo cual asegura su correcta implementación
4. Diseño de la cimentación	Concreto Vaciado in Situ	El diseño de la cimentación tiene su proceso mas simple y conocido con el sistema de concreto vaciado in situ
5. Logística y cadena de suministros	Concreto Vaciado in Situ	Debido a que en la edificación con estructuras metálicas los materiales adquieren un mayor protagonismo, los esfuerzos en su logística y cadena de suministros son mayores
6. Actividades preliminares	Estructuras Metálicas	Las construcción con estructuras metálicas permite planificar mejor las actividades preliminares, en cuestión de tiempo, personal involucrado, etc.
7. Tabiquería y acabados	Concreto Vaciado in Situ	La construcción con concreto vaciado in situ tiene mayor compatibilidad en cuanto a los distintos tabiques y acabados en una edificación
8. Flujo de caja	Concreto Vaciado in Situ	El flujo de caja para los proyectos con El estructuras metálicas u otros prefabricados requiere de una mayor inversión inicial
9. Estudio Geotécnico	Indistinto	El estudio geotécnico es indistinto al tipo de sistema de construcción entre los dos evaluados

Aspecto	Condición Favorable	Justificación
10. Diseño Arquitectónico	Indistinto	Ambos sistemas de construcción presentan ventajas y desventajas en diversos conceptos del diseño arquitectónico. Para un análisis global ninguno presenta ventaja significativa sobre otro
11. Diseño Estructural	Estructuras Metálicas	El diseño estructural de la construcción con estructuras metálicas se ve favorecido debido a la certeza y precisión de su comportamiento hasta la falla, y al menor peso de los elementos estructurales
12. Inicio de la construcción	Estructuras Metálicas	Al realizar parte de los elementos de la construcción en una fábrica, se puede iniciar los trabajos in situ con anticipación, requiriendo menos personal
13. Seguimiento, control y calidad	Estructuras Metálicas	El automatizar los procesos ayuda al aseguramiento de la calidad de los elementos de la construcción. Al requerir menos mano de obra in situ, los errores inherentes a estos disminuyen
14. Durabilidad y mantenimiento	Concreto Vaciado in Situ	Las estructuras de concreto armado son más durables y requieren de menos mantenimiento que las estructuras metálicas

Para los 14 aspectos evaluados y en escala de importancia de 0 al 100%, la edificación con concreto vaciado in situ cuenta con un 55% de condiciones favorables, mientras que la edificación con estructuras metálicas cuenta con un 65%. Aplicando la ecuación 5.1 se obtiene:

$$I_{ec} = \frac{\%condiciones\ favorables\ Estructuras\ Meta'licas}{\%condiciones\ favorables\ Concreto\ in\ Situ} = \frac{65}{55} = 1.18$$

El I_{ec} representa una cantidad mayor a 1, lo cual indica que las estructuras metálicas presentan ventajas respecto a la construcción con concreto vaciado in situ. Se puede considerar a la ventaja como un valor de 1.18 para la edificación con estructuras metálicas, tomando como base la unidad para la calificación de la edificación con concreto vaciado in situ.

5.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO

5.2.1 Presupuesto

5.2.1.1 Edificio residencial con estructuras metálicas – Torre 1

Antes de elaborar el presupuesto, se realiza el metrado de todas las partidas pertenecientes a la estructura de la Torre 1, con las siguientes consideraciones:

- El análisis de movimiento de tierras parte de la cota +/-0.00 (cota del piso acabado del primer nivel), se considera que el terreno es óptimo para la cimentación, sin necesidad de alguna compactación adicional o subbase.
- En el metrado de la losa colaborante se considera toda la zona que cubren las placas colaborantes, exceptuando la parte de los cortes que se generan en los ductos de la edificación (Ver Anexo 17), siendo igual al área total de la edificación por piso, menos el área de columnas y ductos, equivalente a 3,130 m².
- La losa colaborante se realiza hasta la base del séptimo nivel que está proyectado a futuro.
- Las obras de concreto simple son el solado y el falso piso.
- Para el encofrado de las zapatas se consideran todas las caras, obviando la pequeña área de contacto de estas con las vigas de cimentación.
- El metrado de las columnas metálicas incluye la placa inferior que viene soldada a esta. Las columnas tienen un espesor variable, con valores de 4.5, 6.0 y 9.0 mm, de igual forma sucede con los arriostres superiores, los cuales disminuyen su espesor a partir del 3^{er} nivel (Ver Anexo 07). Esto se considera en el metrado del peso de las estructuras metálicas.
- En el metrado de vigas y arriostres, existen pequeñas diferencias de peso en los elementos del mismo tipo debido a los ángulos de acople que algunos tienen, se obvia esta pequeña diferencia y se considera el mismo peso para todos los elementos del mismo tipo.
- El metrado del acero de refuerzo de las zapatas es obtenido directamente del modelo 3D, extrayendo planillas con las características de la forma, cantidad y peso de la armadura (Ver Anexo 18). El resumen de estas planillas se muestra en la Tabla N° 5.4.
- Se consideran trabajos complementarios y propios del sistema constructivo, como la colocación de drywall en columnas metálicas y cielo raso.

TABLA N° 5.4: Metrado de acero de refuerzo en Torre 1
 Fuente: Elaboración propia

Metrado de acero por elemento			
Elemento	N°	Peso Unitario (kg)	Peso Total (kg)
PD1	34	142.41	4,841.94
PD2 - PD3	36	136.78	4,924.08
Z1	20	267.07	5,341.40
Z3	2	394.33	788.66
Z4	1	5,169.30	5,169.30
Z5	1	1,566.87	1,566.87
Total			22,632.25

A partir de toda la información mostrada y de los planos del proyecto se obtiene el metrado total de la especialidad de estructuras para la Torre 1 (Ver Anexo 19).

Con el metrado de los elementos elaborados y con los rendimientos (en las partidas convencionales) de la revista Costos (2020b) para edificaciones en la ciudad de Lima, se elabora el presupuesto con las siguientes consideraciones:

- Para la colocación de la armadura prearmada - ACEDIM no se considera porcentaje de desperdicios en el APU, como si ocurre con el abastecimiento del acero de refuerzo tradicional, en el que se suele considerar un desperdicio del 10%.
- El precio de la armadura prearmada - ACEDIM, es propio del proyecto ejecutado, se debe tener en cuenta que los precios varían comercialmente en función de la magnitud de los pedidos (economía a escala), pudiendo obtenerse menores precios por mayores cantidades. La magnitud del proyecto considerada es la de la Torre 1, reajustando el precio general asignado para la totalidad del conjunto residencial, ya que este era mucho menor. El análisis de los precios unitarios de esta partida incluye su transporte a obra realizado por el proveedor.
- El rendimiento considerado para el análisis del precio unitario de la colocación de acero en zapatas, es una combinación de armaduras prearmadas y armaduras dimensionadas (ACEDIM), obteniéndose un rendimiento promedio de 1750 kg/día.
- Del mismo modo que para el acero de refuerzo, el precio de la placa colaborante está sujeto a las cantidades de cada proyecto. El precio obtenido para la Torre 1 es de \$/ 7.00 por metro lineal.

- En el análisis de precios unitarios de la losa colaborante se incluyen los tornillos autoperforantes (sugeridos por seguridad) y los conectores de corte según diseño. Estas dos últimas condiciones pueden variar en función de cada proyecto.
- El acero estructural también es obtenido bajo precio comercial, haciendo un reajuste del precio para la Torre 1, evitando tener ventaja alguna por la economía a escala del conjunto residencial ya que no se analiza el total. Los precios asignados a cada etapa de esta partida se muestran en la Tabla N° 5.5.

TABLA N° 5.5: Porcentaje de costos de las etapas de las estructuras metálicas
Fuente: Elaboración propia

Porcentaje de costo de las etapas de las estructuras metálicas	
Etapa	Porcentaje
Suministro	40 %
Fabricación y transporte	35 %
Montaje	25 %

- El suministro comprende la compra del material en bruto (con los perfiles laminados), el material es importado con un costo del 40% del total. La fabricación que comprende la limpieza, enderezado cortes, cepillado, pintado y ensamblado de estos perfiles laminados; sumado al transporte, tienen un costo del 35% del total.
- En el análisis de precios unitarios del montaje de estructuras metálicas no se considera diferencia de los distintos tipos de elementos, englobando a los arriostres, columnas y vigas metálicas como un todo, según su peso total. Se realiza de esta manera para simplificar el análisis, y porque así se considera para fines comerciales. Esto se sustenta con base en la experiencia que tiene el fabricante desarrollando proyectos con estructuras metálicas.
- Se adiciona la partida de colocación de pernos de anclaje durante el proceso de elaboración de pedestales, ya que es una parte fundamental del proceso y requiere de recursos de topografía permanente.
- El análisis de precios unitarios de las estructuras metálicas es obtenido de datos del subcontratista ejecutante.

El proceso de la elaboración del presupuesto se realiza en el software S10, los resultados son los siguientes:

- 1) Presupuesto del proyecto (Ver Anexo 20)
- 2) Análisis de precios unitarios (Ver Anexo 21)
- 3) Cantidades y costos de recursos (Ver Anexo 22)

TABLA N° 5.6: Resumen del presupuesto de la edificación con estructuras metálicas - Torre 1
Fuente: Elaboración propia

Presupuesto		EDIFICIO RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1	
Lugar		LIMA - LIMA - LURÍN	Costo al: 01/08/2020
Item	Descripción	Parcial S/	
1	ESTRUCTURAS	1,700,891.03	
1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS	27,063.25	
1.2	CONCRETO SIMPLE	23,274.48	
1.3	CONCRETO ARMADO	479,623.32	
1.3.1	ZAPATAS	129,365.08	
1.3.2	VIGA DE CIMENTACIÓN	7,422.01	
1.3.3	COLUMNAS	69,284.58	
1.3.4	LOSAS COLABORANTES	273,551.65	
1.4	ESTRUCTURA METÁLICA	1,170,929.98	
1.4.1	ESTRUCTURAS METÁLICAS VARIADAS: COLUMNAS, VIGAS, ARRIOSTRES, ESCALERAS	1,170,929.98	
2	REVESTIMIENTO DE COLUMNAS Y CIELO RASO	84,335.71	
Costo Directo		1,785,226.74	
SON : UN MILLÓN SETECIENTOS OCHENTA Y CINCO MIL DOSCIENTOS VEINTISÉIS Y 74/100 SOLES			

TABLA N° 5.7: Costos por metro cuadrado de edificación con estructuras metálicas - Torre 1
Fuente: Elaboración propia

Resumen de costos de la estructura de la Torre 1	
Costo directo total	S/ 1,785,226.74
	\$/ 507,166.69
Área techada total (m ²)	3175.80 m ²
Costo / metro cuadrado	S/ 562.13
	\$/ 159.70

5.2.1.2 Edificio residencial con concreto vaciado in situ

Inicialmente se realiza el metrado, para esto se tienen las siguientes consideraciones:

- El análisis de movimiento de tierras parte de la cota +/-0.00 (cota del piso acabado del primer nivel), se considera que el terreno es óptimo para la cimentación, sin necesidad de alguna compactación adicional o subbase.
- El encofrado de las zapatas se realiza en todas las caras, no contra el terreno.
- De forma general, al tener datos de metrados de la investigación original de Cruz (2018), se toman estos datos para el metrado realizado en la presente investigación, verificando estos y añadiendo el metrado de otros elementos que no se han considerado, como la excavación del cimiento corrido, concreto para escaleras, tarrajeo en columnas, vigas y losas, etc. En la hoja de metrados se especifican las partidas que han sido validadas y las elaboradas (Ver Anexo 23).

El resultado de los metrados y su justificación se muestran en la hoja de metrados de la edificación residencial con concreto vaciado in situ (Ver Anexo 23).

Con el metrado de los elementos elaborados y con los rendimientos de la revista Costos (2020b) para edificaciones en la ciudad de Lima, se elabora el presupuesto con las siguientes consideraciones:

- Para este caso al ser una construcción convencional, gran porcentaje de los datos de rendimientos y análisis de precios unitarios son obtenidos de la revista Costos (2020b).
- Se realiza el presupuesto independientemente de los datos de la investigación original, ya que estos datos son realizados para otra localidad y para otro año de ejecución (2018).
- Los precios comerciales del abastecimiento del acero de refuerzo son igualados al de la edificación con estructuras metálicas. De esta manera no se obtiene ventaja relacionada a los costos por esta característica.
- De forma similar a la edificación con estructuras metálicas, se añaden trabajos de arquitectura propios del sistema como el tarrajeo de columnas, vigas y losas; esto con la finalidad de obtener un mejor resultado al comparar ambas opciones.
- Con base en otras investigaciones similares (Tume, 2019), se considera un costo adicional al presupuesto por el concepto de “transporte vertical

y horizontal de los materiales”, añadiendo un total global de S/ 27,689.40 (equivalente a un 5 % del costo directo) al presupuesto base de S/ 553,788.05. Esta consideración es importante en edificaciones de varios niveles, ya que esta actividad generalmente se incluye en gastos generales, sin embargo, no se aplica igual en las edificaciones con estructuras metálicas, ya que en ese caso se incluye esto en el análisis del presupuesto de los costos directos, sobre todo en el análisis de las partidas relacionados a los materiales prefabricados.

El proceso de la elaboración del presupuesto se realiza en el software S10, sin considerar el adicional por transporte vertical y horizontal de materiales indicado anteriormente, que es posteriormente agregado en el resumen del presupuesto. Los resultados son los siguientes:

- 1) Presupuesto del proyecto (Ver Anexo 24).
- 2) Análisis de precios unitarios (Ver Anexo 25).
- 3) Cantidades y costos de recursos (Ver Anexo 26).

TABLA N° 5.8: Resumen del presupuesto de la edificación con concreto vaciado in situ
Fuente: Elaboración propia

EDIFICIO RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU		
Presupuesto		
Lugar	LIMA - LIMA - LURIN	Costo al: 01/08/2020
Item	Descripción	Parcial S/
1	ESTRUCTURAS	581,477.45
1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS	12,997.60
1.2	CONCRETO SIMPLE	27,665.46
1.3	CONCRETO ARMADO	513,134.99
1.3.1	ZAPATAS	68,834.82
1.3.2	COLUMNAS	70,319.41
1.3.3	VIGAS	228,120.02
1.3.4	LOSAS MACIZAS	25,330.72
1.3.5	LOSAS ALIGERADAS	98,835.10
1.3.6	ESCALERA	21,694.92
1.4	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DE LOS MATERIALES	27,689.40
2	TARRAJEO DE COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS	102,487.50
	Costo Directo* = CD + Transporte interno de materiales	683,974.95
SON : SEISCIENTOS OCHENTA Y TRES MIL NOVECIENTOS SETENTA Y CUATRO Y 95/100 SOLES		

TABLA N° 5.9: Costos por metro cuadrado de la edificación con concreto vaciado in situ
Fuente: Elaboración propia

Resumen de costos de la estructura de la edificación con concreto vaciado in situ	
Costo directo total*	S/ 683,974.95
	\$/ 194,311.07
Área techada total (m ²)	1045.88
Costo / metro cuadrado	S/ 653.97
	\$/ 185.79

5.2.1.3 Recomendaciones y comentarios finales

- El costo del dólar considerado para el mes de agosto del 2020 es de S/ 3.52.

- En los APUs de la colocación de la armadura prearmada - ACEDIM versus la colocación convencional de acero de refuerzo, se observa un ahorro promedio de S/ 1.09 por kg, siendo los costos unitarios S/ 3.39 y S/ 4.48 respectivamente, este beneficio se obtiene al margen de la alta productividad que se tiene con la armadura prearmada - ACEDIM.
- Adicional al presupuesto se debe tener en cuenta el financiamiento y flujo de caja, en el caso de las estructuras metálicas, es necesario frecuentemente un adelanto del 50 % del costo total de esta partida, lo cual asciende a un monto de S/ 527,732.05 para el proyecto evaluado.
- Parte del análisis del presupuesto que se realiza para el reajuste de precios es la fórmula polinómica, en la edificación con estructuras metálicas puede llegar a ser muy influyente las variaciones en el precio del acero, esto en caso la duración exceda unos 4 a 6 meses y no se realice una buena gestión del contrato; para la edificación convencional el riesgo es conocido y según la información común para este tipo de edificaciones, las variaciones de precio influyentes son las del acero de refuerzo, concreto y mano de obra.
- Comparando el costo de las cimentaciones para ambas edificaciones, se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla N° 5.10.

TABLA N° 5.10: Comparación de costos de la cimentación
Fuente: Elaboración propia

Costos de la cimentación		
Variables	Edificación con concreto vaciado in situ	Edificación con estructuras metálicas
Costo total	S/ 89,666.94	S/ 215,215.46
Área proyectada (m ²)	205.81	529.30
Cantidad de niveles	5 niveles	6 niveles
Costo por m ²	S/ 435.68	S/ 406.60
Consideraciones:		
-El costo total de la cimentación en la edificación con concreto vaciado in situ incluye los costos del solado, zapatas, cimiento corrido y sobrecimiento.		
-El costo total de la cimentación en la edificación con estructuras metálicas incluye los costos del solado, zapatas, vigas de cimentación y columnas de concreto (pedestales).		

- La cimentación de la edificación con estructuras metálicas tiene un ahorro de S/ 29.08 (6.7 %) por m². Comparando con los datos de otras investigaciones que indican un ahorro de hasta un 30%, este valor resulta mucho menor,

esto se sustenta en que las edificaciones presentan diferentes cantidades de niveles, siendo 5 niveles para la edificación con concreto vaciado in situ y 6 niveles para la edificación con estructuras metálicas, lo que ocasiona que la cimentación en esta última presente mayores demandas de carga por la cantidad de niveles, sin embargo, aún así se tiene un menor costo de la cimentación por m².

- Los costos por m² para las edificaciones analizadas son S/ 562.13 y S/ 653.97, con una ventaja de S/ 91.84 (14.04 %) para la edificación con estructuras metálicas respecto a la edificación con concreto vaciado in situ.

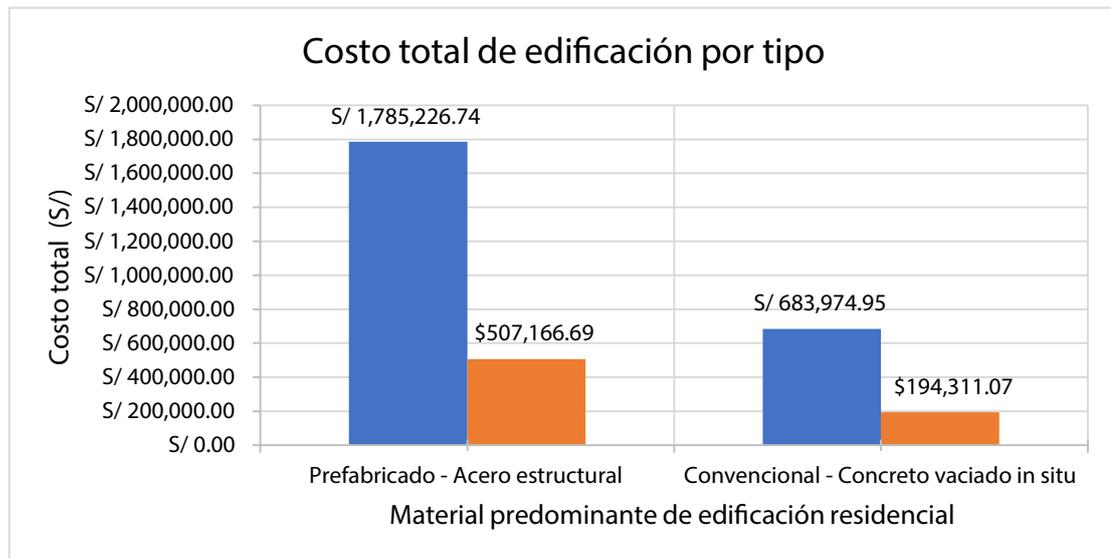


FIGURA N° 5.2: Gráfica comparativa de costos totales. Fuente: Elaboración propia

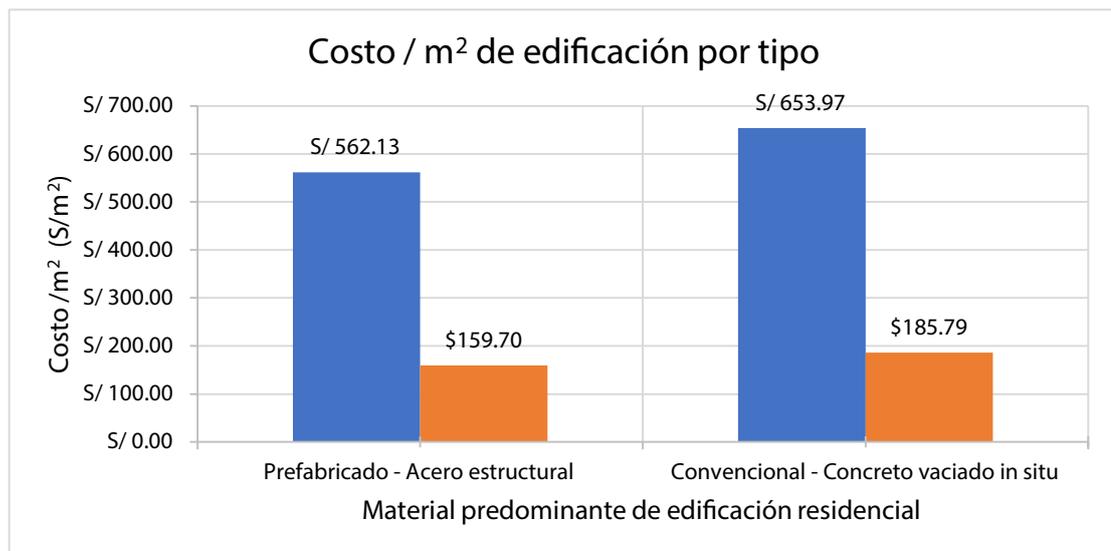


FIGURA N° 5.3: Gráfica comparativa de costos por metro cuadrado. Fuente: Elaboración propia

- Al inicio de un proyecto, para decidir por un sistema de construcción usualmente se supone un costo más elevado a la construcción con estructuras metálicas, sin embargo, como ya se mencionó, esta se ve beneficiada por una economía a escala, llegando a ser para un área determinada de construcción, igual a los costos de la construcción convencional. Llamando a esta área de construcción “área de equilibrio de costos”, refleja que si se construye un área mayor a la área de equilibrio, los costos de la ejecución con estructuras metálicas resultan menores a la construcción convencional, caso contrario en pequeñas áreas estos costos serán mayores.
- Del análisis realizado y de la recopilación de comparativos de costos para estos tipos de edificaciones en diversas fuentes (Corzo y Saldaña (2017); Tong (2014) y Tume (2019)), se concluye que el área de equilibrio de costos oscila entre los valores que muestra la Tabla N° 5.11. Estos ratios pueden servir para el análisis en la etapa inicial de la comparación, cuando los proyectos presenten condiciones similares a los estudiados.

TABLA N° 5.11: Áreas de equilibrio de costos según la cantidad de pisos
Fuente: Elaboración propia

Áreas de equilibrio de costos		
N° Pisos	Área (m ²)	Fuente bibliográfica
4	3,500-4,000	TONG
5	3,000-3,500	CALCULO INTUITIVO
6	2,500-3,000	TORBISCO Y TUME
7	1,900-2,400	CALCULO INTUITIVO
8	1,500-2,000	CORZO Y SALDAÑA

5.2.2 Cronograma de ejecución

Al tener los costos de las dos alternativas, es importante también conocer el tiempo de construcción de cada uno de los proyectos, ya que el aspecto financiero y de retorno de inversión están en función del tiempo de ejecución del proyecto, la alternativa con menos tiempo de ejecución tiene la ventaja de obtener ingresos operativos en menor tiempo, lo cual puede compensar un mayor costo en la construcción.

Del análisis del planeamiento para ambos proyectos se obtienen los cronogramas de ejecución vistos anteriormente. Los tiempos se observan en la Figura N° 5.4.

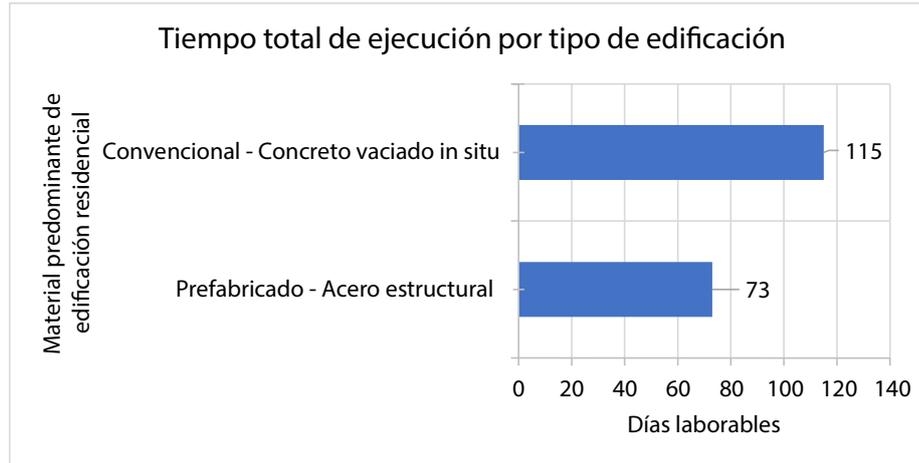


FIGURA N° 5.4: Gráfica comparativa de tiempos de ejecución. Fuente: Elaboración propia

La construcción con estructuras metálicas tiene una ventaja de 42 días. Sin embargo, se debe considerar la cantidad de área techada para cada caso, al hacer esto se obtienen los siguientes resultados de avance por día que se muestran en la Tabla N° 5.12.

TABLA N° 5.12: Resumen de cronogramas de ejecución
 Fuente: Elaboración propia

Resumen de cronogramas de ejecución			
Tipo de edificación	Tiempo total (días)	Área techada (m ²)	Área x día (m ² /día)
Estructuras metálicas	73	3,175.80	43.50
Concreto vaciado in situ	115	1,045.88	9.09

5.2.3 Gestión de riesgos del proyecto

Todos los proyectos involucran riesgos que pueden afectar negativamente a los objetivos y/o la rentabilidad del proyecto, sin cumplir con los fines para los que fue concebido. Los proyectos de construcción al tener gran cantidad de variables e involucrar grandes cantidades de recursos, son altamente riesgosos.

Se debe tener en cuenta que la planificación de la gestión de riesgos es influida por la experiencia del equipo de proyecto, considerando esto, el análisis presentado posteriormente es realizado con base en la experiencia y conocimientos técnicos del autor, apoyándose en distintas fuentes bibliográficas y análisis de distintos proyectos similares. Por otra parte, no se requiere ser un matemático o un estadista para gestionar los riesgos, se debe reconocer la metodología y tener conocimientos sobre el proyecto para poder aplicarlo.

Como parte del planeamiento de la gestión de riesgos se decide usar su principal herramienta, la matriz de riesgos, para tener una perspectiva general de los riesgos a los cuales es sometido cada proyecto.

La matriz de riesgos es elaborada bajo las siguientes consideraciones:

- La matriz de riesgos elaborada se apoya en la metodología y recomendaciones del PMI, y la herramienta IPRA (Walewski y Gibson, 2003) y sus listas de verificación. En caso de elementos no considerados en la lista del IPRA, se identifica al elemento de la lista más semejante.
- Los factores que se toman en cuenta para analizar los riesgos son:
 - Complejidad
 - Entorno de variabilidad
 - Incertidumbre
 - Grado de impacto
 - Cantidad de actores, interesados o involucrados en el proyecto: clientes, supervisores, organismos del estado, comunidades, sindicato, etc.
- Con el afán de contextualizar los riesgos, se identifica si su impacto afecta al propietario o al contratista.
- No se analizan riesgos derivados de causas evidentes que no tienen mayor grado de implicancia en el proyecto.
- La evaluación se realiza con base en los niveles de riesgo de los elementos, determinados según el impacto y probabilidad de ocurrencia, tal y como se muestran en las Figuras N° 5.5 y N° 5.6.

		IMPACTO		
		MENOR	MODERADO	SEVERO
PROBABILIDAD	ALTA			
	MEDIA			
	BAJA			

FIGURA N° 5.5: Niveles de riesgo según su impacto y probabilidad.
 Fuente: Gotelli (2019)

- De los elementos del IPRA, la sección país no se considera que tenga mayor relevancia debido a que no se trata de un proyecto de inversión pública, y que

Escala del Impacto	MENOR	MODERADO	SEVERO
Descripción del Impacto	Compromete levemente los Objetivos del Proyecto.	Compromete moderadamente los Objetivos del Proyecto.	Compromete severamente los Objetivos del Proyecto.
Impacto en Margen de proyecto	Impacto menor al 15% del Margen	Impacto entre el 15% y el 30% del Margen	Impacto mayor al 30% del Margen

Escala de Probabilidad	BAJA	MEDIA	ALTA
Descripción	Es poco probable que el Riesgo ocurra	El Riesgo podría ocurrir	El riesgo muy probablemente ocurrirá
Nivel de Probabilidad	Probabilidad menor al 20%	Probabilidad entre el 20% y el 50%	Probabilidad mayor al 50%

FIGURA N° 5.6: Cuadros para identificar los niveles de impacto y probabilidad.
 Fuente: Gotelli (2019)

Perú no cuenta con políticas agresivas relacionadas a la inversión privada en proyectos de construcción. De igual forma no se considera la sección de Producción/Operaciones.

- El principal objetivo de la matriz de riesgos, es identificar los riesgos más relevantes, cuantificar su impacto y plantear las respuestas a estos riesgos.

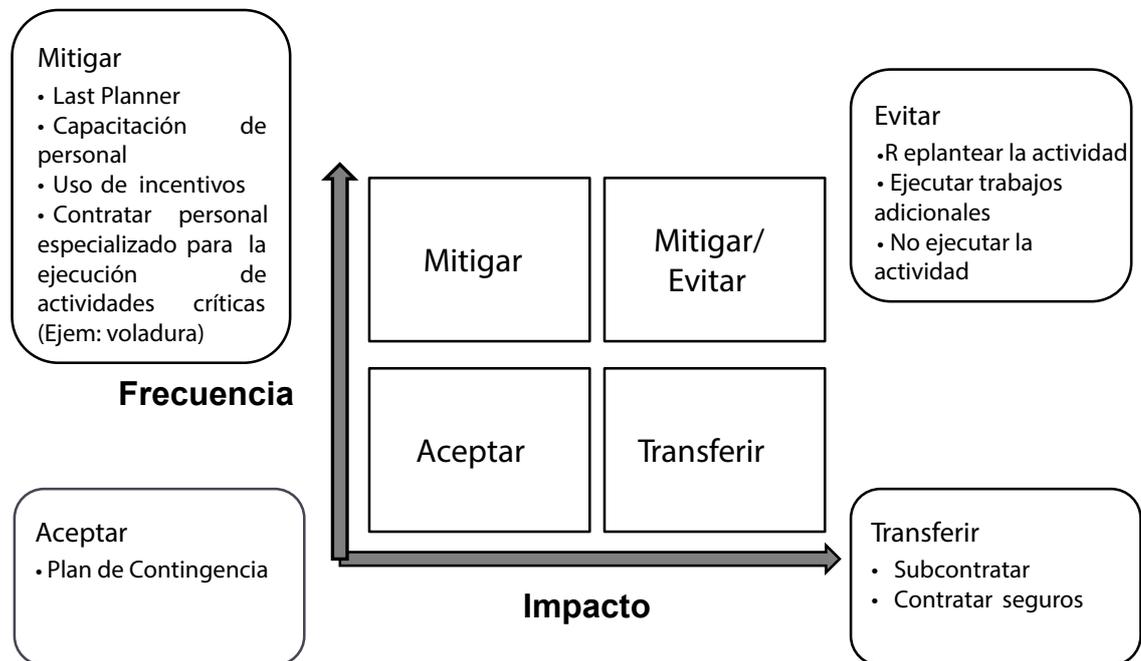


FIGURA N° 5.7: Respuestas frecuentes a los riesgos según su impacto y frecuencia.
 Fuente: Gotelli (2019)

- La cuantificación de los riesgos se realiza calculando el costo del riesgo materializado (reasignación de recursos, retrabajos, cambios en el diseño,

accidentes, problemas sociales, etc.).

- El porcentaje de implicancia es evaluado con base en la utilidad de los proyectos, que se consideran como un 10% del costo directo para ambas edificaciones.
- No se consideran costos por penalidades de retrasos.
- Para los costos por accidente, se consideran costos sociales (en función de la gravedad del accidente y valor de la UIT) y los costos por día no trabajado del obrero.

5.2.3.1 Edificio residencial con estructuras metálicas – Torre 1

En la Tabla N° 5.13 se muestra el resumen de la matriz de riesgos de la Torre 1, identificando el elemento de riesgo (según IPRA), a que actividad afecta, su probabilidad, impacto, grado de importancia, y valor monetario, expresado en miles de soles y en porcentaje respecto a la utilidad. La matriz de riesgos detallada y justificada se muestra en el Anexo 27.

TABLA N° 5.13: Resumen de matriz de riesgos de la edificación con estructuras metálicas - Torre 1
Fuente: Elaboración propia

Resumen de matriz de evaluación de riesgos con la herramienta IPRA - Edificación con estructuras metálicas					
Ítem	Elemento de riesgo - Actividad	Probabilidad	Impacto	Importancia	Valor Monetario (Miles S/)
1.0	I.B1. Fuentes y formas de financiamiento - Todo el proyecto	Baja	Menor	Baja	15.98 (8.95%)
2.0	I.B2. Moneda - Estructuras metálicas	Alta	Menor	Media	17.33 (9.71%)
3.0	III.B1. Material, equipamiento y herramientas de ingeniería - Estructuras metálicas	Media	Menor	Media	9.13 (5.11%)
4.0	III.B5. Logística - Todo el proyecto	Baja	Menor	Baja	7.30 (4.09%)

Resumen de matriz de evaluación de riesgos con la herramienta IPRA - Edificación con estructuras metálicas					
Ítem	Elemento de riesgo - Actividad	Probabilidad	Impacto	Importancia	Valor Monetario (Miles S/)
5.0	III.C1. Procesos de diseño e ingeniería - Todo el proyecto	Media	Menor	Media	5.10 (2.86%)
6.0	III.C4. Constructabilidad - Todo el proyecto	Baja	Moderado	Media	30.42 (17.04%)
7.0	III.C4. Constructabilidad - Armadura prearmada - ACEDIM	Alta	Menor	Media	5.51 (3.09%)
8.0	III.D1. Disponibilidad y habilidad de la mano de obra - Actividades con materiales prefabricados	Media	Menor	Media	25.56 (14.32%)
9.0	III.D6. Disponibilidad del contratista general - Todo el proyecto	Media	Moderado	Media	52.18 (29.23%)
10.0	III.D10. Seguridad durante la construcción - Estructuras metálicas y losas colaborantes	Baja	Menor	Baja	16.37 (9.17%)

Resultados y comentarios

- Se busca analizar los 10 principales riesgos generales del proyecto.
- De forma separada, se presentan riesgos con una probabilidad alta y con un impacto severo.
- Evaluando los riesgos con base en su probabilidad e impacto, el mayor grado de importancia de riesgo obtenido es el de importancia media.
- El riesgo de mayor importancia, según el impacto monetario esperado es el del ítem 9, el cual está asociado a no encontrar un contratista competente para ejecutar el proyecto, debido a que en el mercado peruano actual aún no se cuenta con suficiente demanda-oferta para edificaciones residenciales con estructuras metálicas.

- Para la probabilidad de ocurrencia del riesgo más importante descrito anteriormente, se asume que 4 de cada 10 contratistas tendrán este problema, y para su impacto se consideran retrasos en obra (sobrecostos por mano de obra y maquinarias), lo cual asciende a un 15% del costo de mano de obra y maquinarias, igual a S/ 52,180.00 (29.23% de la utilidad del proyecto).

Para cuantificar los resultados se plantean las siguientes evaluaciones:

1) Asignar un valor numérico según el grado de importancia de cada riesgo:

- a) Baja = 1 punto
- b) Media = 2 punto
- c) Alta = 3 punto

Según esta clasificación, se busca la menor cantidad de puntos, para así obtener un proyecto menos riesgoso. Bajo este criterio, los resultados para la matriz de riesgos de la edificación con estructuras metálicas que se muestran en la Tabla N° 5.14, obtienen 17 puntos sobre 30.

TABLA N° 5.14: Cuantificación de los riesgos de la edificación con estructuras metálicas - Torre 1
Fuente: Elaboración propia

Cuantificación de los riesgos - Edificación con estructuras metálicas			
Ítem	Elemento de riesgo - Actividad	Importancia	Valor numérico
1	I.B1. Fuentes y formas de financiamiento - Todo el proyecto	Baja	1
2	I.B2. Moneda - Estructuras metálicas	Media	2
3	III.B1. Material, equipamiento y herramientas de ingeniería - Estructuras metálicas	Media	2
4	III.B5. Logística - Todo el proyecto	Baja	1
5	III.C1. Procesos de diseño e ingeniería - Todo el proyecto	Media	2
6	III.C4. Constructabilidad - Todo el proyecto	Media	2
7	III.C4. Constructabilidad - Armadura prearmada - ACEDIM	Media	2
8	III.D1. Disponibilidad y habilidad de la mano de obra - Actividades con materiales prefabricados	Media	2

Cuantificación de los riesgos - Edificación con estructuras metálicas			
Ítem	Elemento de riesgo - Actividad	Importancia	Valor numérico
9	III.D6. Disponibilidad del contratista general - Todo el proyecto	Media	2
10	III.D10. Seguridad durante la construcción - Estructuras metálicas y losas colaborantes	Baja	1
Puntaje total			17

2) También se puede cuantificar la importancia de los riesgos con los costos esperados para cada uno, el cual se obtiene multiplicando el impacto esperado (en costos) por su probabilidad de ocurrencia, en el caso de la edificación con estructuras metálicas se tiene un costo total esperado de riesgos de S/ 60,990.00, igual al 34.16% de la utilidad del proyecto. Los cálculos se visualizan en la Tabla N° 5.15.

TABLA N° 5.15: 2^{da} Opción de la cuantificación de los riesgos de la edificación con estructuras metálicas - Torre 1. Fuente: Elaboración propia

2 ^{da} Opción de la cuantificación de los riesgos - Edificación con estructuras metálicas				
Item	Elemento de riesgo - Actividad	Probabilidad	Impacto (Miles S/)	Costo esperado (Miles S/)
1	I.B1. Fuentes y formas de financiamiento - Todo el proyecto	10%	15.98	1.60
2	I.B2. Moneda - Estructuras metálicas	90%	17.33	15.59
3	III.B1. Material, equipamiento y herramientas de ingeniería - Estructuras metálicas	25%	9.13	2.28
4	III.B5. Logística - Todo el proyecto	15%	7.30	1.10
5	III.C1. Procesos de diseño e ingeniería - Todo el proyecto	40%	5.10	2.04
6	III.C4. Constructabilidad - Todo el proyecto	5%	30.42	1.52
7	III.C4. Constructabilidad - Armadura prearmada - ACEDIM	60%	5.51	3.30

2 ^{da} Opción de la cuantificación de los riesgos - Edificación con estructuras metálicas				
Item	Elemento de riesgo - Actividad	Probabilidad	Impacto (Miles S/)	Costo esperado (Miles S/)
8	III.D1. Disponibilidad y habilidad de la mano de obra - Actividades con materiales prefabricados	40%	25.56	10.22
9	III.D6. Disponibilidad del contratista general - Todo el proyecto	40%	52.18	20.87
10	III.D10. Seguridad durante la construcción - Estructuras metálicas y losas colaborantes	15%	16.37	2.46
Total				60.99

5.2.3.2 Edificio residencial con concreto vaciado in situ

En la Tabla N° 5.16 se muestra el resumen de la matriz de riesgos, planteada de igual manera que para la Torre 1. La matriz de riesgos detallada y justificada se muestra en el Anexo 28.

TABLA N° 5.16: Resumen de matriz de riesgos de la edificación con concreto vaciado in situ
Fuente: Elaboración propia

Resumen de matriz de evaluación de riesgos con la herramienta IPRA - Edificación con concreto vaciado in situ					
Ítem	Elemento de riesgo - Actividad	Probabilidad	Impacto	Importancia	Valor Monetario (Miles S/)
1.0	II.C1. Tradiciones y prácticas comerciales - Todo el proyecto	Alta	Menor	Media	8.72 (12.75%)
2.0	III.A4. Medio ambiente, salud y seguridad (Covid 19) - Todo el proyecto	Media	Moderado	Media	18.76 (27.43%)
3.0	III.A4. Medio ambiente, salud y seguridad (Residuos de obra) - Todo el proyecto	Media	Menor	Media	9.90 (14.47%)

Resumen de matriz de evaluación de riesgos con la herramienta IPRA - Edificación con concreto vaciado in situ					
Ítem	Elemento de riesgo - Actividad	Probabilidad	Impacto	Importancia	Valor Monetario (Miles S/)
4.0	III.C1. Procesos de diseño e ingeniería - Todo el proyecto	Media	Menor	Media	6.98 (10.20%)
5.0	III.C4. Constructabilidad (Gestión del equipo de ejecución) - Todo el proyecto	Media	Moderado	Media	11.63 (17.00%)
6.0	III.C4. Constructabilidad (Eventos fortuitos) - Todo el proyecto	Baja	Menor	Baja	5.81 (8.49%)
7.0	III.D1. Disponibilidad y habilidad de la mano de obra - Todo el proyecto	Media	Moderado	Media	10.25 (15.00%)
8.0	III.D10. Seguridad durante la construcción - Todo el proyecto	Media	Moderado	Media	15.05 (22.00%)
9.0	III.D12. Calidad (Mano de obra) - Todo el proyecto	Media	Menor	Media	8.72 (12.75%)
10.0	III.D12. Calidad (Gestión de materiales) - Todo el proyecto	Baja	Menor	Baja	7.90 (11.55%)

Resultados y comentarios

- Se busca analizar los 10 principales riesgos generales del proyecto.
- De forma separada, se presentan riesgos con una probabilidad alta y con un impacto severo.
- Evaluando los riesgos con base en su probabilidad e impacto, el mayor grado de importancia de riesgo obtenido es el de importancia alta, siendo una

diferencia con el anterior análisis, en el que el riesgo de mayor importancia obtenido es de nivel medio.

- El riesgo de mayor importancia según el impacto monetario esperado es el ítem 2, el cual está asociado a la coyuntura de la pandemia del coronavirus (2020). Debido a la gran cantidad de mano de obra para la construcción convencional y la naturaleza de los trabajos (mayor consumo de mano de obra), se pueden generar casos de contagio y así perjudicar al avance del proyecto. Otros riesgos de importancia están asociados a la gestión de la mano de obra (seguridad durante la construcción y la calidad de los trabajos).
- Para la probabilidad de ocurrencia del riesgo más importante descrito anteriormente, se considera 40%, asignándole este valor con sustento en diversas fuentes de información del Ministerio de Salud y del OMS; y para su impacto se considera un descanso médico de 3 semanas por cada caso de contagio, con un contagio de 9 obreros a lo largo de todo el proyecto. Los costos obtenidos corresponden a los sobrecostos de las actividades necesarias para cumplir con el tiempo de ejecución, que es equivalente a el valor del trabajo de los obreros por las 3 semanas de descanso, más gastos generales por seguimiento y control, lo cual asciende a un total de S/ 18,760.00 (27.43% de la utilidad del proyecto).

La cuantificación de los riesgos es realizada de la misma manera que para la Torre 1:

- 1) Los resultados de la edificación con concreto vaciado in situ se muestran en la Tabla N° 5.17, se obtiene un total de 18 puntos sobre 30.

TABLA N° 5.17: Cuantificación de los riesgos de la edificación con concreto vaciado in situ
Fuente: Elaboración propia

Cuantificación de los riesgos - Edificación con concreto vaciado in situ			
Ítem	Elemento de riesgo - Actividad	Importancia	Valor numérico
1	II.C1. Tradiciones y prácticas comerciales - Todo el proyecto	Media	2
2	III.A4. Medio ambiente, salud y seguridad (Covid 19) - Todo el proyecto	Media	2
3	III.A4. Medio ambiente, salud y seguridad (Residuos de obra) - Todo el proyecto	Media	2
4	III.C1. Procesos de diseño e ingeniería - Todo el proyecto	Media	2

Cuantificación de los riesgos - Edificación con concreto vaciado in situ			
Ítem	Elemento de riesgo - Actividad	Importancia	Valor numérico
5	III.C4. Constructabilidad (Gestión del equipo de ejecución) - Todo el proyecto	Media	2
6	III.C4. Constructabilidad (Eventos fortuitos) - Todo el proyecto	Baja	1
7	III.D1. Disponibilidad y habilidad de la mano de obra - Todo el proyecto	Media	2
8	III.D10. Seguridad durante la construcción - Todo el proyecto	Media	2
9	III.D12. Calidad (Mano de obra) - Todo el proyecto	Media	2
10	III.D12. Calidad (Gestión de materiales) - Todo el proyecto	Baja	1
Puntaje total			18

2) El costo total de los riesgos esperados es de S/ 33,620.00, igual al 49.15% de la utilidad del proyecto. Los cálculos se visualizan en la Tabla N° 5.18.

TABLA N° 5.18: 2^{da} Opción de la cuantificación de los riesgos de la edificación con concreto vaciado in situ. Fuente: Elaboración propia

2 ^{da} Opción de la cuantificación de los riesgos - Edificación con concreto vaciado in situ				
Item	Elemento de riesgo - Actividad	Probabilidad	Impacto (Miles S/)	Costo esperado (Miles S/)
1	II.C1. Tradiciones y prácticas comerciales - Todo el proyecto	50 %	8.72	4.36
2	III.A4. Medio ambiente, salud y seguridad (Covid 19) - Todo el proyecto	40 %	18.76	7.50
3	III.A4. Medio ambiente, salud y seguridad (Residuos de obra) - Todo el proyecto	20 %	9.90	1.98
4	III.C1. Procesos de diseño e ingeniería - Todo el proyecto	40 %	6.98	2.79
5	III.C4. Constructabilidad (Gestión del equipo de ejecución) - Todo el proyecto	40 %	11.63	4.65

2 ^{da} Opción de la cuantificación de los riesgos - Edificación con concreto vaciado in situ				
Item	Elemento de riesgo - Actividad	Probabilidad	Impacto (Miles S/)	Costo esperado (Miles S/)
6	III.C4. Constructabilidad (Eventos fortuitos) - Todo el proyecto	8%	5.81	0.47
7	III.D1. Disponibilidad y habilidad de la mano de obra - Todo el proyecto	30%	10.25	3.07
8	III.D10. Seguridad durante la construcción - Todo el proyecto	30%	15.05	4.52
9	III.D12. Calidad (Mano de obra) - Todo el proyecto	40%	8.72	3.49
10	III.D12. Calidad (Gestión de materiales) - Todo el proyecto	10%	7.90	0.79
Total				33.62

5.2.3.3 Recomendaciones y comentarios finales

- Los riesgos deben ser administrados desde el diseño conceptual de los proyectos. Mediante su análisis se mitigan las incertidumbres, además, se podrá tomar mejores decisiones sobre la viabilidad de los proyectos. Las decisiones tempranas y oportunas son claves para el éxito de los proyectos.
- Los grandes riesgos deben ser regulados en los contratos, contando con cláusulas especiales que permitan identificarlos, plantear las medidas de control y asignar las responsabilidades a cada miembro del proyecto.
- La matriz de riesgos debe ser constantemente retroalimentada y actualizada durante la etapa de ejecución y operación para así obtener mejores resultados.
- Los riesgos activados y no identificados en la matriz afectan a los objetivos del proyecto, por lo que se debe realizar una buena evaluación para evitar que esto suceda.
- Los esfuerzos deben orientarse a efectuar los planes de respuesta para cada riesgo según su grado de importancia.
- La edificación convencional con concreto vaciado in situ presenta desventaja respecto a los riesgos según las conclusiones cuantitativas mostradas anteriormente. Con la opción 1, la construcción con estructuras metálicas

es 3.33% más segura que la construcción convencional, con 17 puntos de calificación versus 18 respectivamente (1 punto sobre el total de 30). Con la opción 2, evaluando los costos esperados de los riesgos, la construcción con estructuras metálicas tiene una suma de S/ 60,990.00 (34.16% de su utilidad), mientras que la construcción convencional tiene una suma de S/ 33,620.00 (49.15% de su utilidad), se tiene un ahorro del 14.99% para la construcción con estructuras metálicas respecto a la utilidad de cada proyecto.

- Los riesgos materializados en su totalidad suman más del 100% de la utilidad para ambos proyectos, 104% para la construcción con estructuras metálicas y 152% para la construcción con concreto vaciado in situ. De lo expuesto anteriormente, es muy importante gestionar eficientemente estos riesgos en ambos tipos de edificaciones para así no perjudicar a la rentabilidad de estos proyectos.
- Los datos obtenidos se pueden considerar como un indicador de la importancia que tienen los riesgos, para así invertir más recursos en gestionarlos. En los casos estudiados, la edificación convencional requiere de una mayor inversión de recursos.
- Se muestran dos opciones sobre la cuantificación final de los riesgos, quedando a criterio de los distintos equipos de proyecto la elección por una de estas, o alguna otra opción adicional que se plantee.
- Como medida de mitigación general, y después de evaluar los riesgos, los ejecutores pueden proponer distintos porcentajes a la utilidad del proyecto, donde se considere los costos asociados a la gestión de estos riesgos con la debida justificación.

5.2.4 Seguridad ocupacional – IPERC

Una de las principales herramientas para analizar la seguridad ocupacional y el riesgo de accidentes laborales es la matriz IPERC (Identificación de peligros, evaluación de riesgos y medidas de control). Para ambos proyectos se elige uno o varios procesos representativos, buscando seleccionar actividades distintas que dependan del tipo de edificación (con estructuras metálicas o concreto vaciado in situ).

El riesgo se define en función de su probabilidad y severidad. El procedimiento es el siguiente:

- 1) La probabilidad (P) queda definida en función de la ecuación 5.2 y Tablas N° 5.19, N° 5.20, N° 5.21 y N° 5.22.

$$Probabilidad(P) = IE + IP + IC + IR \quad (5.2)$$

IE = Índice de personas expuestas

IP = Índice de procedimiento

IC = Índice de capacitación

IR = Índice de exposición al riesgo

TABLA N° 5.19: Asignación de puntaje a la probabilidad - Índice de personas expuestas
 Adaptado de documentos del proyecto

Índice de Personas Expuestas (IE)	
De 1 a 3	1
De 4 a 12	2
De 12 a más	3

TABLA N° 5.20: Asignación de puntaje a la probabilidad - Índice de procedimiento
 Adaptado de documentos del proyecto

Índice de Procedimiento (IP)	
Existen procedimientos. Son satisfactorios y suficientes.	1
Existen procedimientos parciales. No son satisfactorios o suficientes.	2
No existen procedimientos.	3

TABLA N° 5.21: Asignación de puntaje a la probabilidad - Índice de capacitación
 Adaptado de documentos del proyecto

Índice de Capacitación (IC)	
Personal entrenado. Conoce el peligro y lo previene.	1
Personal parcialmente entrenado. Conoce el peligro pero no toma acciones de control.	2
Personal no entrenado. No conoce el peligro, ni toma acciones de control.	3

TABLA N° 5.22: Asignación de puntaje a la probabilidad - Índice de exposición al riesgo
 Adaptado de documentos del proyecto

Índice de Exposición al Riesgo (IR)	
Al menos una vez al año	1
Esporádicamente	
Al menos una vez al mes	2
Eventualmente	
Al menos una vez al día	3
Permanentemente	

2) La severidad del riesgo o índice de severidad (S) queda definido según la Tabla N° 5.23.

TABLA N° 5.23: Asignación de puntaje - Índice de severidad
 Adaptado de documentos del proyecto

Índice de severidad (S)	
Lesión sin incapacidad	1
Incomodidad	
Lesión con incapacidad temporal	2
Daño a la salud, reversible	
Lesión con incapacidad permanente	3
Daño a la salud, irreversible	

3) Finalmente el riesgo es estimado en función del puntaje de la probabilidad y severidad mediante la ecuación 5.3 y la Tabla N° 5.24.

$$Riesgo = Probabilidad(P) \times Severidad(S) \quad (5.3)$$

TABLA N° 5.24: Estimación del nivel del riesgo de seguridad ocupacional
 Adaptado de documentos del proyecto

Estimación del nivel del riesgo		
Puntaje (Riesgo)	Grado de riesgo	
4	Trivial	T
5 a 8	Tolerable	TO
9 a 16	Moderado	MO
17 a 24	Importante	IM
25 a 36	Intolerable	IT

5.2.4.1 Edificio residencial con estructuras metálicas – Torre 1

En la matriz IPERC de la Torre 1, se selecciona el proceso de “Montaje e instalación de estructuras metálicas”, analizando 8 actividades relacionadas a este proceso y 10 fuentes de peligro. Se selecciona este proceso por su particularidad de ser propia de edificaciones con estructuras metálicas. El análisis de la matriz IPERC detallado se muestra en el Anexo 29.

TABLA N° 5.25: Resumen de matriz IPERC – Edificación con estructuras metálicas
Fuente: Elaboración propia

Identificación de peligros, evaluación y control de riesgos - IPERC / Edificación con estructuras metálicas		
Actividad - Tarea / Peligro	Nivel de riesgo	Nivel de riesgo final
PROCESO: MONTAJE E INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS		
Habilitación del área de trabajo / Exposición a terreno inestable, materiales sueltos, entre otros	TO	TO
Traslado de estructuras metálicas, posicionamiento del trailer y grúa / Exposición a vehículos en movimiento y cargas elevadas	IM	TO
Estrobo y desestrobo de carga / Exposición al funcionamiento de equipos y objetos elevados	IM	MO
Carga y descarga de las estructuras metálicas en el área de trabajo / Exposición al coronavirus	IT	MO
Carga y descarga de las estructuras metálicas en el área de trabajo / Exposición solar	MO	T
Retiro de estrosos / Exposición a objetos elevados	IM	MO
Arriostre de columnas / Exposición a objetos elevados	IM	MO
Izaje de las estructuras metálicas para la colocación de la carga / Exposición a objetos elevados	IM	MO
Empernado de las estructuras metálicas / Exposición a trabajos en altura	IT	MO
Empernado de las estructuras metálicas / Exposición a altos niveles de ruidos	MO	TO

Resultados y comentarios

- De forma separada, la más alta probabilidad de ocurrencia del riesgo tiene una puntuación de 10 sobre 12, y la severidad más alta tiene una puntuación

de 3 sobre 3.

- El riesgo más alto presenta una puntuación total de 30 sobre 36, al cual se le clasifica como un riesgo intolerable (IT), por lo que se debe plantear medidas de control para disminuir su probabilidad y/o severidad.
- El riesgo de mayor importancia está asociado al peligro de la pandemia COVID-19, en el momento de la ejecución de la obra (agosto del 2020).
- Para la probabilidad del riesgo más importante anteriormente mencionado, se considera a la pandemia en su punto más elevado de contagio (2020), se da una masividad de contagio, las empresas plantean lineamientos y medidas de prevención sin un éxito total. En la severidad se considera la mayor puntuación ya que el coronavirus podía conllevar a la muerte del portador de forma impredecible.
- Posterior al análisis del riesgo, se plantean los controles a los riesgos, siendo clasificados según el tipo de control:
 - Eliminación (EP)
 - Sustitución (SP)
 - Controles de ingeniería (CIP)
 - Controles administrativos (CAP)
 - Uso de EPP (EPP)
- Los controles aplicados en la matriz IPERC son controles de ingeniería, controles administrativos, y uso de EPP, disminuyendo el nivel de los riesgos a un nivel aceptable (Ver Anexo 29).
- Para cuantificar los resultados, basta con analizar el proceso de la elaboración de la matriz IPERC hasta el paso de cuantificación del riesgo (Probabilidad x Severidad), sin asignarle la clasificación final de nivel de riesgo. Estos resultados se muestran en la Tabla N° 5.26.
- La cuantificación es aplicada al riesgo final, obtenido posterior a la aplicación de las medidas de control planteadas, bajo el supuesto de una correcta implementación de estas medidas.
- Según los datos cuantificados, el resultado general de la matriz IPERC de la edificación con estructuras metálicas obtiene una suma de 93 puntos sobre 360.

TABLA N° 5.26: Cuantificación de la matriz IPERC – Edificación con estructuras metálicas
Fuente: Elaboración propia

Cuantificación de la matriz IPERC - Edificación con estructuras metálicas			
Actividad - Tarea / Peligro	P	S	Riesgo final
PROCESO: MONTAJE E INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS			
Habilitación del área de trabajo / Exposición a terreno inestable, materiales sueltos, entre otros	4	1	4
Traslado de estructuras metálicas, posicionamiento del trailer y grúa / Exposición a vehículos en movimiento y cargas elevadas	4	2	8
Estrobo y desestrobo de carga / Exposición al funcionamiento de equipos y objetos elevados	5	3	15
Carga y descarga de las estructuras metálicas en el área de trabajo	7	2	14
Carga y descarga de las estructuras metálicas en el área de trabajo / Exposición solar	4	1	4
Retiro de estobos / Exposición a objetos elevados	5	2	10
Arriostre de columnas / Exposición a objetos elevados	5	2	10
Izaje de las estructuras metálicas para la colocación de la carga / Exposición a objetos elevados	6	2	12
Empernado de las estructuras metálicas / Exposición a trabajos en altura	5	2	10
Empernado de las estructuras metálicas / Exposición a altos niveles de ruidos	6	1	6
	Total		93

5.2.4.2 Edificio residencial con concreto vaciado in situ

En la matriz IPERC de la edificación con concreto vaciado in situ se seleccionan varios procesos, buscando seleccionar los más importantes, representativos y propios del sistema convencional de construcción. En total son seleccionados 4 procesos, 8 actividades y 8 fuentes de peligro, adicional a esto se consideran 2 peligros generales ocasionados por diversas actividades. El análisis de la matriz IPERC detallado se muestra en el Anexo 30.

TABLA N° 5.27: Resumen de matriz IPERC – Edificación con concreto vaciado in situ
Fuente: Elaboración propia

Identificación de peligros, evaluación y control de riesgos - IPERC / Edificación con concreto vaciado in situ		
Actividad - Tarea / Peligro	Nivel de riesgo	Nivel de riesgo final
PROCESO: RECEPCIÓN DE MATERIALES EN OBRA		
Transporte de equipos y materiales hacia la zona de descarga / Exposición a vehículos en movimiento	IM	MO
Acarreo de materiales y equipos en la zona trabajo / Descargas manuales, esfuerzos físicos	MO	TO
PROCESO: ENCOFRADOS		
Preparación de formas para el encofrado de madera / Uso de herramientas de corte	IM	MO
Alineamiento de formas del encofrado de madera / Uso de herramientas manuales y trabajos en altura	IM	MO
PROCESO: VACIADO DE LOSA		
Colocación de concreto con mixer y bomba / Contacto con mezcla, manipulación de manguera de bomba	IM	MO
Vibrado de concreto fresco / Uso de vibradora, contacto con mezcla	IT	MO
PROCESO: COLOCACIÓN DE ARMADURA		
Habilitación: corte y doblado / Uso de herramientas de corte y doblado, desprendimiento de virutas de acero	MO	TO
Colocación: Armado y colocación / Transporte de varillas, amarre de alambres	IM	TO
PROCESO: DIVERSOS PROCESOS		
Diversas actividades / Relacionado a la exposición al coronavirus	IT	IM
Diversas actividades / Relacionado a trastornos psicológicos por la pandemia COVID-19	IM	MO

Resultados y comentarios

- De forma separada, la más alta probabilidad de ocurrencia del riesgo tiene una puntuación de 12 sobre 12, y la severidad más alta tiene una puntuación

de 3 sobre 3.

- El riesgo más alto presenta una puntuación de 33 sobre 36, al cual se le clasifica como un riesgo intolerable (IT), por lo que se debe plantear medidas de control para disminuir su probabilidad y/o severidad.
- El riesgo de mayor importancia, al igual que en el análisis de la edificación con estructuras metálicas, estaba asociado en el momento de estudio al peligro de la pandemia COVID-19.
- Para la probabilidad del riesgo más importante anteriormente mencionado, la evaluación es similar que en el caso de la edificación anterior, la principal diferencia con este análisis, es que para este caso se presenta mayor exposición debido a la mayor cantidad de personal involucrado en el proceso de ejecución en obra.
- Para controlar este riesgo es importante contar con un plan de vigilancia, prevención y control del coronavirus en el trabajo como medida principal, con el fin de disminuir su nivel, se debe verificar estas medidas e implementar otras en caso se requiera. En el transcurso del proceso y verificando la efectividad de las medidas, el riesgo puede ser reducido hasta un nivel de moderado.
- Cuantificando los resultados igual al caso anterior, se obtiene un puntaje para la matriz IPERC de la edificación con concreto vaciado in situ de 98 puntos sobre 360. Los resultados se muestran en la Tabla N° 5.28.

TABLA N° 5.28: Cuantificación de la matriz IPERC – Edificación con concreto vaciado in situ
 Fuente: Elaboración propia

Cuantificación de la matriz IPERC - Edificación con concreto vaciado in situ			
Actividad - Tarea / Peligro	P	S	Riesgo final
PROCESO: RECEPCIÓN DE MATERIALES EN OBRA			
Transporte de equipos y materiales hacia la zona de descarga / Exposición a vehículos en movimiento	6	2	12
Acarreo de materiales y equipos en la zona trabajo / Descargas manuales, esfuerzos físicos	5	1	5
PROCESO: ENCOFRADOS			
Preparación de formas para el encofrado de madera / Uso de herramientas de corte	5	2	10

Cuantificación de la matriz IPERC - Edificación con concreto vaciado in situ			
Actividad - Tarea / Peligro	P	S	Riesgo final
Alineamiento de formas del encofrado de madera / Uso de herramientas manuales y trabajos en altura	5	2	10
ROCESO: VACIADO DE LOSA			
Colocación de concreto con mixer y bomba / Contacto con mezcla, manipulación de manguera de bomba	5	2	10
Vibrado de concreto fresco / Uso de vibradora, contacto con mezcla	6	2	12
PROCESO: COLOCACIÓN DE ARMADURA			
Habilitación: corte y doblado / Uso de herramientas de corte y doblado, desprendimiento de virutas de acero	6	1	6
Colocación: Armado y colocación / Transporte de varillas, amarre de alambres	6	1	6
PROCESO: DIVERSOS PROCESOS			
Diversas actividades / Relacionado a la exposición al coronavirus	9	2	18
Diversas actividades / Relacionado a trastornos psicológicos por la pandemia COVID-19	9	1	9
Total			98

5.2.4.3 Recomendaciones y comentarios finales

- La matriz IPERC es una de las principales herramientas para gestionar la seguridad en obra, debe ser elaborada en conjunto por los involucrados en los procesos y transmitida finalmente al personal obrero, para así asegurar el cumplimiento de las medidas de control.
- Es importante para la gestión de la seguridad en obra aplicar los controles planteados en la matriz IPERC, sobre todo para aquellos riesgos de nivel moderado a más.
- Debido a la coyuntura del año 2020, el análisis de la seguridad se ve sumamente influenciado por la pandemia COVID-19.
- Descartando la coyuntura de la pandemia, los riesgos más importantes para la edificación con estructuras metálicas están relacionados a los trabajos de izaje de los elementos prefabricados metálicos y a los trabajos en altura en

general, pudiendo ocasionar caída de objetos, caída de personal, fracturas y hasta muerte. De forma similar, los riesgos más importantes para la edificación con concreto vaciado in situ están relacionados a los trabajos con herramientas como la cizalla eléctrica, vibradora eléctrica, sierra circular, etc., pudiendo ocasionar cortes, golpes, pérdida de partes del cuerpo y hasta muerte.

- En cada proyecto se puede tener particularidades, sea por su coyuntura durante su ejecución (circunstancias en las que se desarrolla el proyecto, como la pandemia COVID-19 en los ejemplos estudiados), condiciones climáticas, etc. Estas particularidades determinan los principales riesgos laborales, así como las medidas de control y costos asociados.
- Según la cuantificación planteada, los puntajes iniciales de riesgos laborales son 212 y 227 para la edificación con estructuras metálicas y con concreto vaciado in situ respectivamente. Favoreciendo ligeramente la seguridad a la edificación con estructuras metálicas
- Después de aplicar las medidas de control, los puntajes obtenidos son 93 y 98 para la edificación con estructuras metálicas y con concreto vaciado in situ respectivamente. De esto se puede afirmar que no se presenta una ventaja importante para alguno, puede variar en función de las condiciones únicas de cada proyecto, por lo que no se puede afirmar que siempre se cumpla esta condición.
- Es importante resaltar que los análisis IPERC mostrados son realizados a manera de modelo del total de actividades, ya que solo se realiza el análisis de algunos peligros, con el criterio de seleccionar los más representativos.

5.2.5 Análisis de sostenibilidad – Huella de carbono

Para el análisis de sostenibilidad se utiliza la herramienta huella de carbono, no obstante, se puede realizar el análisis de sostenibilidad para los proyectos de construcción, siguiendo las guías de sostenibilidad de certificadoras internacionales como LEED, o aplicando alguna otra metodología sustentada.

La decisión de utilizar la huella de carbono radica en que la principal diferencia en ambos tipos de edificación son los materiales, por lo que el mayor impacto en la sostenibilidad que se podrá verificar, es relacionado a los materiales en su proceso de elaboración y montaje.

El cálculo de la huella de carbono tiene distintas metodologías y formas de aplicación, la más acorde a la presente investigación es el GHG Protocol, por ser

más disgregada y cumplir con la norma ISO 14064, las principales referencias son tomadas de la investigación de Mamani (2018).

Los cálculos de Huella de carbono se realizan bajo las siguientes consideraciones:

- El cálculo se realiza analizando los ciclos de vida (Ver Figura N° 2.7) correspondientes a “Extracción y fabricación de materiales” (para los casos estudiados la extracción es reemplazada por el “Suministro” de los materiales) y “Construcción o ejecución”. No se consideran el “Transporte de materiales”, “Operación y mantenimiento” ni la “Demolición o desmontaje”.
- Los aspectos considerados son la fabricación de material, la maquinaria (consumo de combustible según su tiempo de uso) y la mano de obra.
- Los datos de CO₂ generados en los procesos son obtenidos de 4 fuentes: Mamani (2018), ERA (2022), la herramienta virtual HueCO₂ (TECNIBERIA, 2014) y Regalado (2017).
- Para la armadura prearmada - ACEDIM en la edificación con estructuras metálicas, se considera la misma emisión de kgCO₂/kg que para el acero de refuerzo tradicional, esto sustentado en investigaciones como la de Aceves, Contreras, López, y Mercado (2019), donde no se considera emisión adicional al acero trabajado. Ya que se añaden las emisiones adicionales a los procesos generales de la fábrica donde se realiza.
- La emisión de CO₂ del acero corrugado, se toma de la información brindada por TECNIBERIA (2014), con un equivalente a un porcentaje de 82% de material reciclado (Corporación Aceros Arequipa S.A., 2014). Para el resto de elementos de acero se considera la emisión de CO₂ equivalente a un porcentaje de 59% de material reciclado.
- El clavo, tornillo autoperforante y similares se asumen como acero. El hormigón se asume como agregado.
- Los componentes de acero como las losas colaborantes, son multiplicados por su peso por m² para así obtener el CO₂ equivalente por unidad de longitud o unidad de medida.
- El cálculo final se realiza identificando los materiales y equipos involucrados en los proyectos, metrando la cantidad de recursos, asignándole un CO₂ equivalente a cada uno, y finalmente multiplicando ambos datos. Los metrados por elemento se muestran en los Anexos 22 y 26.

5.2.5.1 Edificio residencial con estructuras metálicas – Torre 1

Los resultados del análisis del CO₂ equivalente se muestran en el Anexo 31. El resumen de este análisis se muestra en la Tabla N° 5.29.

TABLA N° 5.29: Resumen del análisis de Huella de carbono - Edificación con estructuras metálicas
Fuente: Elaboración propia

Análisis de Huella de carbono - Edificación con estructuras metálicas			
Descripción	Unidad	Emisión (KgCO ₂ /und)	Total (KgCO ₂)
MANO DE OBRA			
HORAS HOMBRE	hh	1.03	9,565.61
MATERIAL			
ACERO ESTRUCTURAL	t	1,561.50	192,298.73
ACERO PREARMADO - GRADO 60	t	1,010.15	12,464.44
ACERO DIMENSIONADO - GRADO 60	t	1,010.15	11,380.05
ACERO CORRUGADO - GRADO 60	t	1,010.15	10,475.79
CONCRETO PREMEZCLADO	m ³	11.75	6,788.88
PERNOS DE ANCLAJE- ACERO A193	kg	1.90	3,595.20
PLACA COLABORANTE - AD600	m	14.04	39,962.27
PLANCHA DE DRYWALL	kg	1.84	18,589.38
OTROS	-	-	6,122.49
Subtotal			301,677.22
MAQUINARIA			
GRÚA DE 40 t	hm	53.40	10,255.60
ELEVADOR ARTICULADO	hm	22.70	17,437.80
MÁQUINA DE SOLDAR - 295 A	hm	35.08	17,569.13
OTROS	-	-	8,760.29
Subtotal			54,022.82
TOTAL			365,265.65

Resultados y comentarios

- La suma total de CO₂ equivalente es de 365,265.65 kg, siendo un subtotal de 301,677.22 kg (82.59%) para los materiales, 54,022.82 kg (14.79%) para las maquinarias y 9,565.61 kg (2.62%) para la mano de obra.
- Los materiales que generan más CO₂ son las estructuras metálicas (192,298.73 kg – 52.65%), el acero de refuerzo (34,320.28 kg – 9.40%) y las placas colaborantes (39,962.27 kg – 10.94%).

- Las maquinarias que generan más CO₂ son la máquina de soldar (17,569.13 kg – 4.81 %), los elevadores articulados (17,437.80 kg – 4.77 %) y la grúa de 40 t (10,255.60 kg - 2.81 %)
- De los resultados, se confirma que los materiales son la principal fuente que genera CO₂ en la ejecución de la edificación.
- Los materiales prefabricados (acero de refuerzo, placas colaborantes y estructuras metálicas) son los que generan la mayor cantidad de CO₂ sumando un 72.95% del total.
- La cantidad de CO₂ por m² para el área de la edificación con estructuras metálicas (3,175.8 m²) es de 115.02 kgCO₂/m², este dato aplica solo para las actividades relacionadas con la estructura de la edificación (cimentación, columnas, vigas, arriostres y losas) y trabajos complementarios.

5.2.5.2 Edificio residencial con concreto vaciado in situ

Los resultados del análisis del CO₂ equivalente se muestran en el Anexo 32. El resumen de este análisis se muestra en la Tabla N° 5.30.

TABLA N° 5.30: Resumen del análisis de Huella de carbono - Edificación con concreto vaciado in situ. Fuente: Elaboración propia

Análisis de Huella de carbono - Edificación con concreto vaciado in situ			
Descripción	Unidad	Emisión (KgCO ₂ /und)	Total (KgCO ₂)
MANO DE OBRA			
HORAS HOMBRE	hh	1.03	13,175.35
MATERIAL			
ACERO CORRUGADO - GRADO 60	t	1,010.15	50,894.37
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	kg	0.66	16,421.50
CONCRETO PREMEZCLADO	m ³	11.75	4,563.53
LADRILLO	kg	0.15	9,155.55
OTROS	-	-	3,644.94
Subtotal			84,679.89
MAQUINARIA			
CARGADOR C/ LLANTA 125 HP, 2.5 Y 3 m ³	hm	126.10	1,322.79
OTROS	-	-	1,001.05
Subtotal			2,323.84
TOTAL			100,179.08

Resultados y comentarios

- La suma total de CO₂ equivalente es de 100,179.08 kg, siendo un subtotal de 84,679.89 kg (84.53 %) para los materiales, 2,323.84 kg (2.32 %) para las maquinarias y 13,175.35 kg (13.15 %) para la mano de obra.
- Se verifica la implicancia que tiene la mano de obra en la emisión de CO₂ de la edificación con concreto vaciado in situ, mayor a 10%.
- Los materiales que generan más CO₂ son el acero corrugado (50,894.37 kg – 50.80 %), cemento (16,421.50 kg - 16.39 %), ladrillo (9,155.55 kg - 9.14 %), y el concreto premezclado (4,563.53 kg – 4.56 %).
- La maquinaria que genera más CO₂ es el cargador (1,322.79 kg – 1.32 %). Se puede verificar que la implicancia de las maquinarias es casi nula.
- La cantidad de CO₂ por m², para el área de la edificación con concreto vaciado in situ (1,045.88 m²) es de 95.78 kgCO₂/m².

5.2.5.3 Recomendaciones y comentarios finales

- Se obtuvo un grado mayor de emisión de CO₂ por área para la edificación con estructuras metálicas, superando por 19.24 kgCO₂/m² a la edificación con concreto vaciado in situ, tal y como se muestra en la Tabla N° 5.31.
- El resultado anterior indica una ventaja de un 16.73% de menor emisión de CO₂ para la edificación con concreto vaciado in situ. Resultados similares son reflejados en investigaciones como la de Chadwick, Nedal, Bruce, y James (2014), donde indica que, para un metro cuadrado de losa sostenida por vigas de acero se emite 40 kg de CO₂, y que para una losa en un sistema convencional de concreto se emite 27 kg CO₂, un 32.50 % menos de emisión.
- Tal y como se muestra en la Tabla N° 5.31, para la edificación con estructuras metálicas los materiales y maquinarias influyen en gran medida en la emisión de CO₂, mientras que la emisión de CO₂ correspondiente a la mano de obra es mínima; para la edificación con concreto vaciado in situ, la mano de obra es responsable de más del 10% de la emisión de CO₂, los materiales influyen en gran medida, y la maquinaria presenta un aporte mínimo.
- Optimizando el proceso de fabricación de materiales, sea utilizando gran cantidad de material reciclado para su elaboración o procesos menos contaminantes, se puede lograr una gran disminución en la emisión de CO₂, ya que los materiales aportan más del 80% de la emisión de CO₂ en ambos tipos de edificaciones.

TABLA N° 5.31: Comparación de los análisis de Huella de Carbono
 Fuente: Elaboración propia

Comparación de la emisión de CO ₂			
Componente	Medida	Estructuras metálicas	Concreto vaciado in situ
Área (m ²)		3,175.80	1,045.88
Mano de obra	Valor (kg)	9,565.61	13,175.35
	% incidencia	2.62%	13.15%
	kgCO ₂ /m ²	3.01	12.60
Materiales	Valor (kg)	301,677.22	84,679.89
	% incidencia	82.59%	84.53%
	kgCO ₂ /m ²	94.99	80.97
Maquinarias	Valor (kg)	54,022.82	2,323.84
	% incidencia	14.79%	2.32%
	kgCO ₂ /m ²	17.01	2.22
Total	Valor (kg)	365,265.65	100,179.08
	kgCO₂/m²	115.02	95.78

- Un ejemplo de lo mencionado anteriormente es la emisión que presenta el acero corrugado para distintos valores de material reciclado en su elaboración, siendo de 722 kgCO₂/t, 1,400 kgCO₂/t y 1,860 kgCO₂/t, para los valores de 99%, 59% y 39% de material reciclado en su elaboración respectivamente (TECNIBERIA, 2014). Una disminución de 1,138 kgCO₂/t (61.18% respecto al mayor valor), comparando el mayor y menor valor.
- Los datos obtenidos para los kgCO₂ presentan grados de incertidumbre acorde a la fuente de información y a la forma en cómo han sido obtenidos, al año de obtención del dato, y al lugar de donde fue obtenido; presentando según estas características una descripción de muy bueno, bueno o regular (Mamani, 2018). Los datos obtenidos de fuentes extranjeras o teóricos pueden ser mejorados, para así obtener un resultado con un mayor grado de confiabilidad.

5.2.6 Mano de obra

Del análisis realizado para la mano de obra, obteniendo los APUs, metrados de las partidas y curva horas-hombre; se tienen los valores de 9,287 hh y 12,792 hh en las edificaciones con estructuras metálicas y concreto vaciado in situ respectivamente, dividido por el área techada de cada una, se obtienen los valores de 2.92 hh/m² y 12.23 hh/m² respectivamente.

Estos valores obtenidos muestran la mano de obra necesaria para ejecutar los trabajos in situ, mas no considera la MO involucrada en el taller o fábrica para elaborar los materiales prefabricados usados en la edificación con estructuras metálicas. Se puede mencionar que, respecto al análisis de la mano de obra, esta edificación presenta cierta ventaja ya que parte de los procesos se realizan fuera de obra, y esta mano de obra necesaria no se suma en el cálculo anterior.

En un intento de igualar las condiciones con procesos equivalentes para ambos proyectos, se analiza la mano de obra de la edificación con concreto vaciado in situ, quitando partes del proceso de algunas partidas que podrían realizarse en un taller o equivalen a esto; con la finalidad de poder comparar la mano de obra en condiciones similares a la edificación con estructuras metálicas. Aplicando estos cambios se modifican los siguientes procesos:

- 1) Las partidas de la armadura de refuerzo quedan reducidas a solo su colocación, quitándole la habilitación y doblado de acero; se considera que el acero llega prearmado a obra.
- 2) El proceso de elaboración de columnas no considera las partidas de la armadura de refuerzo ni el encofrado. Solo se considera la partida de colocación del concreto, esto para equiparar condiciones con la edificación con estructuras metálicas en la que las columnas, vigas y escalera llegan listas para ser colocadas en obra.
- 3) De forma similar a las columnas, las partidas en los procesos de ejecución de vigas y escaleras quedan reducidas a solo su partida de colocación de concreto.
- 4) En el proceso de ejecución de losas se modifica la partida de encofrado, ya que en la losa colaborante analizada en la opción de la edificación con estructuras metálicas solo es necesario el apuntalamiento.

En el Anexo 33 se muestran los nuevos APUs de las partidas modificadas para efectos de análisis de la mano de obra con similitud de procesos. Con los nuevos APUs y los metrados, se obtiene el nuevo valor del total de horas hombre necesarias para la ejecución de la edificación con concreto vaciado in situ, resultando 7,485.43 horas. Dividido por el área techada se tiene 7.16 hh/m².

TABLA N° 5.32: Resumen comparativo de mano de obra
 Fuente: Elaboración propia

Resumen comparativo de mano de obra requerida			
Tipo de edificación	Horas Hombre Total (HH)	Área techada (m²)	Horas Hombre por m²
Estructuras metálicas	9,287.00	3,175.80	2.92
Concreto vaciado in situ	12,792.00	1,045.88	12.23
Concreto vaciado in situ (Procesos similares*)	7,485.43		7.16
*Se consideran procesos optimizados con apoyo de elementos prefabricados, simulando una igualdad de condiciones de ejecución de procesos con la edificación de estructuras metálicas			

5.3 RESUMEN DE VARIABLES

De las variables cuantitativas y cualitativas analizadas, siendo estas últimas cuantificadas, se obtienen los datos específicos para cada proyecto según el tipo de edificación, los cuales se muestran en la Tabla N° 5.33. Estos datos son usados posteriormente para la comparación mediante el sistema CBA y así decidir la mejor opción a ejecutar.

El resumen de algunos aspectos se toma por unidad de medida de área techada, como el presupuesto, cronograma, análisis de sostenibilidad por huella de carbono y mano de obra; debido a que las edificaciones analizadas tienen distintas áreas techadas, y resulta incorrecto analizar con base en los resultados totales para estos aspectos.

TABLA N° 5.33: Resumen de comparación de variables cualitativas y cuantitativas
Fuente: Elaboración propia

Resumen de comparación de variables			
Aspecto analizado	Edificación con EM*	Edificación con CI**	Ventaja
Análisis cualitativo	1.18	1	La edificación con EM presenta una ventaja de 18% respecto a las variables generales cualitativas.
Presupuesto	S/ 562.16/m ²	S/ 653.97/m ²	La edificación con EM presenta una ventaja de S/ 91.84/m ² , siendo un 14.04% menor.
Cronograma de ejecución	43.50 m ² /día	9.09 m ² /día	La edificación con EM presenta una ventaja de 34.41 m ² adicionales por día, siendo 4.78 veces más rápida su ejecución.
Gestión de riesgos - Criterio 1	17 puntos	18 puntos	La edificación con EM presenta una ventaja de 1 puntos sobre 30, siendo un 3% más segura respecto a los riesgos
Gestión de riesgos - Criterio 2	S/ 60,990.00 (34.16% de la utilidad)	S/ 33,620.00 (49.15% de la utilidad)	La edificación con EM presenta una ventaja de 15% (de la utilidad) de ahorro, en caso los riesgos analizados se materialicen
Seguridad ocupacional - IPERC	93 puntos	98 puntos	La edificación con EM presenta una ligera ventaja de 5 puntos sobre 360, siendo un 1.39% más segura respecto a la seguridad en obra
Huella de carbono	115.02 kgCO ₂ /m ²	95.78 kgCO ₂ /m ²	La edificación con CI presenta una ventaja de 19.24 kgCO ₂ /m ² , siendo 16.73% menos contaminante
Mano de obra involucrada	2.92 hh/m ²	12.23 hh/m ² (7.16 hh/m ² ***)	La edificación con EM presenta una ventaja de 9.31 hh/m ² y 4.24 menos hh/m ² , requiriendo 4.19 y 2.45 veces menos horas hombre respectivamente.
<p>*EM = Estructuras metálicas **CI = Concreto vaciado in situ *** Mano de obra de la edificación con concreto simulando procesos industrializados</p>			

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS COMPARATIVO MEDIANTE EL SISTEMA CBA

En este último capítulo se realiza la comparación de los dos sistemas de construcción mediante el método tabular de Elección por ventajas (CBA), siguiendo los términos y pasos definidos en el ítem 2.2.8. Anteriormente, en la Tabla N° 5.33, se identificaron las ventajas entre las características evaluadas, algo que puede añadirse a los análisis convencionales, donde se muestran los datos para cada característica sin considerar en la presentación de estos datos el resaltar la ventaja entre una y otra.

6.1 COMPARACIÓN CON EL MÉTODO TABULAR CBA

Basándose en el principio 3: principio de anclaje, las características de la Tabla N° 5.31 deben filtrarse, para así considerar solo las características con ventajas relevantes, anulando aquellas características o factores que no presenten ventajas significativas, ya que el tomar las decisiones con base en estas diferencias no influirá en la decisión final o en el peor de los casos puede llegar a ser perjudicial. Los tomadores de decisión deben ser avisados de esto, en caso consideren importante los factores anulados, alertándolos de redefinir los criterios para su decisión con base en los factores que presenten una ventaja significativa entre alternativas. Los factores anulados para el análisis y su justificación se muestran en la Tabla N° 6.1.

TABLA N° 6.1: Factores anulados por el principio de anclaje
Fuente: Elaboración propia

Factores anulados	Sustento
Seguridad ocupacional - IPERC	Entre alternativas se presenta una ventaja de 1.39%, la cual es insignificante

Se obtiene la Tabla N° 6.2, donde se identifican los elementos por alternativas, factores, criterios y atributos, dejando un espacio en esta para asignarle la importancia a cada ventaja según cada evaluador. Es importante mencionar que el factor de costos (presupuesto) se considerada al final, manteniendolo al margen de los otros factores al inicio de la evaluación.

Se consideran factores y criterios generales que un equipo de proyecto tiene en cuenta al aplicar el método tabular CBA para decidir que proyecto ejecutar, estos factores y criterios pueden variar entre distintos equipos de proyecto. De lo expuesto anteriormente, se puede mencionar que los criterios de “deseo” y “obligatorios” son en cierta manera subjetivos, según como se abarque el análisis.

TABLA N° 6.2: Parte objetiva del análisis CBA - Total de factores
Fuente: Elaboración propia

FACTORES	ALTERNATIVAS	
	Edificación con estructuras metálicas	Edificación con concreto vaciado in situ
F-1. Aspectos cualitativos		
Criterio de deseo: Mayor puntaje es mejor		
Atributos	1.18	1
Ventajas	18% mejor	
F-2. Tiempo de ejecución		
Criterio de deseo: Mayor avance por día es mejor		
Atributos	43.50 m ² /día	9.09 m ² /día
Ventajas	34.41 m ² /día más, 4.78 veces más rápido	
F-3. Riesgos del proyecto (Criterio 1)		
Criterio de deseo: Menor calificación de la matriz de riesgos es mejor		
Atributos	17 puntos	18 puntos
Ventajas	1 puntos de ventaja, 3% más segura	
F-3. Riesgos del proyecto (Criterio 2)		
Criterio de deseo: Menor costo (% de la utilidad) de riesgos materializados es mejor		
Atributos	34.16%	49.15%
Ventajas	Ahorro de 15%, respecto a la utilidad	
F-4. Análisis de sostenibilidad		
Criterio de deseo: Menor emisión de CO ₂ es mejor		
Atributos	115.02 kgCO ₂ /m ²	95.78 kgCO ₂ /m ²
Ventajas		19.24 kgCO ₂ /m ² menos, 16.73% menos
F-5. Mano de obra		
Criterio de deseo: Menor cantidad de horas hombre es mejor		
Atributos	2.92 hh/m ²	12.23 hh/m ²
Ventajas	9.31 hh/m ² menos, 4.19 veces menos horas hombre	
IMPORTANCIA TOTAL		

La Tabla N° 6.2 puede ser actualizada o modificada en ciertos factores y criterios para los distintos casos que se evalúen.

Para abarcar el análisis subjetivo del método CBA se consideran tres casos, identificando a los dos principales actores en un proyecto: un consorcio formado por dos constructores, teniendo ambos el mismo peso (importancia) para la calificación. Los evaluadores consideran una misma área techada para ambas alternativas, por lo que la comparación es por m² de la edificación. La ventaja más importante para el evaluador tendrá un máximo de 100. En un caso real de su aplicación, la importancia de las ventajas las asigna el evaluador de acuerdo a su enfoque, y podría ser distinto según la experiencia de cada uno y las expectativas que tienen respecto a cada factor de evaluación. Para la presente investigación, el autor asume el papel de los evaluadores, asignando la importancia a cada ventaja, considerando los objetivos y perfil de cada evaluador detallados para cada caso.

6.1.1 Caso 1

Constructor 1: Es una constructora con 5 años en el sector inmobiliario, cuya misión y visión están relacionadas a ofrecer proyectos de construcción con un enfoque sostenible. Como toda empresa, considera aspectos importantes el tiempo de ejecución y los costos. No consideran en su decisión características como la mano de obra que ejecuta un proyecto y los riesgos que estos presentan.

Constructor 2: Es una constructora con experiencia en la ejecución de proyectos con estructuras metálicas y con concreto vaciado in situ. Buscan optimizar la mano de obra para así disminuir los costos asociados a su gestión, evitar errores inherentes que se presentan en proyectos con mayor contratación de personal obrero, y disminuir la posibilidad de contagio en el contexto de la pandemia. En sus últimos proyectos, el riesgo ha sido muy importante, llegando a ascender a un 5% del total del costo directo. Los atributos como tiempo de ejecución y costos se consideran importantes para analizar la ganancia esperada y planificar el flujo de los recursos.

6.1.1.1 Factores del constructor 1

La Tabla N° 6.3 muestra 2 factores considerados por el constructor 1, quién es el único que agrega criterios de obligatoriedad:

- El factor **FC1-1. Tiempo de ejecución**, considera solo criterio de deseo, buscando el mayor avance por día para así comenzar a obtener los ingresos operativos en menor tiempo.
- El factor **FC1-2. Análisis de sostenibilidad**, considera criterio

de obligatoriedad, basado en un estudio previo de construcciones similares, se llega a la conclusión de que las opciones a considerar cumplan con un tope de emisión de CO₂ igual a 120 kgCO₂/m² (para la especialidad de estructuras). El criterio de deseo es buscar la menor cantidad de emisión.

6.1.1.2 Factores del constructor 2

La Tabla N° 6.3 muestra los 4 factores considerados por el contratista:

- El factor **FC2-1. Análisis cualitativo**, considera solo criterio de deseo, buscando la mayor puntuación. Se considera este criterio como un conjunto de las características de diseño, arquitectura, entre otros.
- El factor **FC2-2. Tiempo de ejecución**, considera solo criterio de deseo, buscando el mayor avance por día para así obtener antes la utilidad y poder asignar los recursos para otros proyectos.
- El factor **FC2-3. Riesgos del proyecto (Criterio 2)**, considera solo criterio de deseo, siendo muy importante obtener una menor suma de riesgos materializados.
- El factor **FC2-4. Mano de obra**, considera solo criterio de deseo, buscando ejecutar los proyectos con la menor cantidad de horas hombre, para obtener un menor costo de contratación de personal en obra, disminuir los recursos en su gestión, y para evitar altos riesgos de contagio del coronavirus. Para su análisis se toma en cuenta el dato original de la edificación con concreto (sin simular procesos industrializados), ya que el proyecto original requiere realizar más procesos en obra y a los constructores les importa las horas hombre que se requieren in situ.

6.1.1.3 Resultados

Tal y como se muestra en la Tabla N° 6.3, la alternativa preferida es la construcción con estructuras metálicas con una importancia igual a 165, versus una importancia de 100 para la alternativa con concreto vaciado in situ.

Finalmente se debe evaluar la importancia obtenida en conjunto con los costos para cada proyecto. Del análisis del presupuesto los costos favorecen a la edificación con estructuras metálicas (ventaja de S/ 91.84/m² - 14.04 % menos), por lo que se reafirma la preferencia por esta alternativa.

La decisión final es construir con estructuras metálicas.

TABLA N° 6.3: Análisis tabular CBA - Caso 1
Fuente: Elaboración propia

FACTORES	ALTERNATIVAS			
	Edificación de estructuras metálicas		Edificación con concreto vaciado in situ	
FC1-1. Tiempo de ejecución				
Criterio de deseo: Mayor avance por día es mejor				
Atributos	43.50 m ² /día		9.09 m ² /día	
Ventajas	34.41 m ² /día más, 4.78 veces más rápido	50		
FC1-2. Análisis de sostenibilidad				
Criterio de obligatoriedad: Emisión de CO ₂ menor a 120 kgCO ₂ /m ²				
Criterio de deseo: Menor emisión de CO ₂ es mejor				
Atributos	115.02 kgCO ₂ /m ²		95.78 kgCO ₂ /m ²	
Ventajas			19.24 kgCO ₂ /m ² menos, 16.73% menos	100
FC2-1. Aspectos cualitativos				
Criterio de deseo: Mayor puntaje es mejor				
Atributos	1.18		1	
Ventajas	18% mejor	10		
FC2-2. Tiempo de ejecución				
Criterio de deseo: Mayor avance por día es mejor				
Atributos	43.50 m ² /día		9.09 m ² /día	
Ventajas	34.41 m ² /día más, 4.78 veces más rápido	50		
FC2-3. Riesgos del proyecto (Criterio 2)				
Criterio de deseo: Menor costo (% de la utilidad) de riesgos materializados es mejor				
Atributos	34.16%		49.15%	
Ventajas	Ahorro de 15%, respecto a la utilidad	25		
FC2-4. Mano de obra				
Criterio de deseo: Menor cantidad de horas hombre es mejor				
Atributos	2.92 hh/m ²		12.23 hh/m ²	
Ventajas	9.31 hh/m ² menos, 4.19 veces menos horas hombre	30		
IMPORTANCIA TOTAL	165		100	

6.1.2 Caso 2

Constructor 1: El constructor cuenta con una visión estratégica en el corto plazo, por lo que busca ejecutar el proyecto de construcción en el menor tiempo posible, con la finalidad de ofrecer a los potenciales clientes cuartos de alquiler, aprovechando la ubicación estratégica del proyecto. Otro aspecto de su importancia es el tener la menor cantidad de personal en obra, dado que reconoce que el tener más personal conlleva a un mayor riesgo de posibles problemas que ocasionen retrasos en el proyecto, como una baja productividad, y en el contexto de la pandemia del coronavirus se reconoce un mayor riesgo de contagio. Los riesgos del proyecto son una característica importante para el inversionista, quien reconoce la importancia de identificar estos riesgos y su influencia en el correcto desarrollo del proyecto.

Contratista 2: Es un contratista común de Perú, quien cuenta con poca experiencia en la ejecución con estructuras metálicas. Anteriormente su personal ha sufrido accidentes laborales por lo que busca prioritariamente la reducción de estos riesgos en sus siguientes proyectos, analizando la gestión de la seguridad en obra y la mano de obra involucrada en su ejecución. El contratista no reconoce la importancia de la gestión de riesgos, por lo que no lo considera un aspecto sobre el cual decidir.

Para este caso ningún participante considera el análisis de sostenibilidad dentro de los factores influyentes para su decisión. Por otra parte, se indica al contratista que los riesgos laborales para ambos proyectos son similares, por lo que incluye en su decisión el buscar una reducción en el tiempo de ejecución y mejores características cualitativas.

6.1.2.1 Factores del constructor 1

La Tabla N° 6.4 muestra 3 factores considerados por el constructor 1:

- El factor **FC1-1. Tiempo de ejecución**, considera solo criterio de deseo, buscando el mayor avance por día para cumplir con los objetivos comerciales del proyecto.
- El factor **FC1-2 Riesgos del proyecto (Criterio 1)**, considera solo criterio de deseo, buscando la menor puntuación, el proyecto más seguro.
- El factor **FC1-3. Mano de obra**, considera solo criterio de deseo, buscando ejecutar los proyectos con la menor cantidad de mano de obra, para obtener un menor costo de contratación de personal en obra, disminuir los recursos en su gestión, y para evitar altos riesgos de contagio del coronavirus.

6.1.2.2 Factores del constructor 2

La Tabla N° 6.4 muestra 3 factores considerados por el constructor 2:

- El factor **FC2-1. Aspectos cualitativos**, considera solo criterio de deseo, buscando la mayor puntuación. Se considera este criterio como un conjunto de las características de diseño, arquitectura, entre otros.
- El factor **FC2-2. Tiempo de ejecución**, considera solo criterio de deseo, buscando el menor tiempo de ejecución posible, alineándose con los objetivos del inversionista.
- El factor **FC2-3. Mano de obra**, considera solo criterio de deseo, buscando ejecutar los proyectos con la menor cantidad de mano de obra, para obtener un menor costo de contratación de personal en obra, disminuir los recursos en su gestión, y para evitar altos riesgos de contagio del coronavirus.

6.1.2.3 Resultados

La alternativa preferida es la construcción con estructuras metálicas con una importancia igual a 255. Para este caso se puede observar que ningún factor presenta ventaja para la construcción convencional con concreto vaciado in situ, por lo que la decisión podría resultar obvia, sin embargo, al documentar el método tabular CBA, los futuros integrantes del proyecto reconocerán los factores, criterios e importancia que se le asignó a cada ventaja, en caso sea necesario decidir una reformulación o un cambio importante en el proyecto.

Del análisis del presupuesto, y de forma similar al caso 1, los costos favorecen a la edificación con estructuras metálicas (ventaja de S/ 91.84/m² - 14.04 % menos), por lo que se reafirma la preferencia por esta alternativa.

La decisión final es construir con estructuras metálicas.

TABLA N° 6.4: Análisis tabular CBA - Caso 2
Fuente: Elaboración propia

FACTORES	ALTERNATIVAS			
	Edificación de estructuras metálicas		Edificación con concreto vaciado in situ	
FC1-1. Tiempo de ejecución				
Criterio de deseo: Mayor avance por día es mejor				
Atributos	43.50 m ² /día		9.09 m ² /día	
Ventajas	34.41 m ² /día más, 4.78 veces más rápido	100		
FC1-2. Riesgos del proyecto (Criterio 1)				
Criterio de deseo: Menor calificación de la matriz de riesgos es mejor				
Atributos	17 puntos		18 puntos	
Ventajas	1 puntos de ventaja, 3% más segura	25		
FC1-3. Mano de obra				
Criterio de deseo: Menor cantidad de horas hombre es mejor				
Atributos	2.92 hh/m ²		12.23 hh/m ²	
Ventajas	9.31 hh/m ² menos, 4.19 veces menos horas hombre	40		
FC2-1. Aspectos cualitativos				
Criterio de deseo: Mayor puntaje es mejor				
Atributos	1.18		1	
Ventajas	18% mejor	10		
FC2-2. Tiempo de ejecución				
Criterio de deseo: Mayor avance por día es mejor				
Atributos	43.50 m ² /día		9.09 m ² /día	
Ventajas	34.41 m ² /día más, 4.78 veces más rápido	40		
FC2-3. Mano de obra				
Criterio de deseo: Menor cantidad de horas hombre es mejor				
Atributos	2.92 hh/m ²		12.23 hh/m ²	
Ventajas	9.31 hh/m ² menos, 4.19 veces menos horas hombre	40		
IMPORTANCIA TOTAL	255			

6.1.3 Caso 3

Constructor 1: Tiene amplia experiencia realizando proyectos de edificios residenciales, y ve a las estructuras metálicas como una opción importante para tener en cuenta. Entre las características que considera están los costos, aspectos cualitativos, tiempo de ejecución y análisis de sostenibilidad.

Constructor 2: Ha trabajado con el constructor 1 en anteriores proyectos. Se adapta a los cambios buscando mejoras en el proceso de diseño y ejecución de los edificios residenciales. Las características que considera importantes son los costos, tiempo de ejecución, aspectos cualitativos, seguridad en la construcción y mano de obra (en la búsqueda de menor insumo de mano de obra, el tener menor número de trabajadores en obra conlleva a menores casos de retrasos debido a factores humanos en la ejecución de la misma; y menor posibilidad de contacto y de contagios durante la pandemia del coronavirus).

Se comunica al contratista que el factor de seguridad en la construcción no presenta una ventaja significativa, por lo que lo descarta para la elección.

6.1.3.1 Factores del constructor 1

La Tabla N° 6.5 muestra 4 factores considerados por el constructor 1. Los factores son **FI-1. Aspectos cualitativos**, **FI-2. Tiempo de ejecución** y **FI-3. Análisis de sostenibilidad**. Para los factores seleccionados se aplican criterios de deseo similares al caso 2, solo para el análisis de sostenibilidad se aplica el criterio de deseo igual al caso 1.

6.1.3.2 Factores del constructor 2

La Tabla N° 6.5 muestra 4 factores considerados por el constructor 2. Los factores son **FC-1. Aspectos cualitativos**, **FC-2. Tiempo de ejecución** y **FC-3. Mano de obra**. Para todos los factores seleccionados se aplican criterios de deseo similares al caso 2.

6.1.3.3 Resultados

La alternativa preferida es la construcción con estructuras metálicas con una importancia igual a 220, versus una importancia de 15 para la alternativa con concreto vaciado in situ.

Al igual que en los 2 casos anteriores los costos favorecen a la edificación con estructuras metálicas (ventaja de S/ 91.84/m² - 14.04% menos), por lo que se reafirma la preferencia por esta alternativa.

La decisión final es construir con estructuras metálicas.

TABLA N° 6.5: Análisis tabular CBA - Caso 3
Fuente: Elaboración propia

FACTORES	ALTERNATIVAS			
	Edificación de estructuras metálicas		Edificación con concreto vaciado in situ	
FC1-1. Aspectos cualitativos				
Criterio de deseo: Mayor puntaje es mejor				
Atributos	1.18		1	
Ventajas	18 % mejor	15		
FC1-2. Tiempo de ejecución				
Criterio de deseo: Mayor avance por día es mejor				
Atributos	43.50 m ² /día		9.09 m ² /día	
Ventajas	34.41 m ² /día más, 4.78 veces más rápido	80		
FC1-3. Análisis de sostenibilidad				
Criterio de deseo: Menor emisión de CO ₂ es mejor				
Atributos	115.02 kgCO ₂ /m ²		95.78 kgCO ₂ /m ²	
Ventajas			19.24 kgCO ₂ /m ² menos, 16.73 % menos	15
FC2-1. Aspectos cualitativos				
Criterio de deseo: Mayor puntaje es mejor				
Atributos	1.18		1	
Ventajas	18 % mejor	25		
FC2-2. Tiempo de ejecución				
Criterio de deseo: Mayor avance por día es mejor				
Atributos	43.50 m ² /día		9.09 m ² /día	
Ventajas	34.41 m ² /día más, 4.78 veces más rápido	60		
FC2-3. Mano de obra				
Criterio de deseo: Menor cantidad de horas hombre es mejor				
Atributos	2.92 hh/m ²		12.23 hh/m ²	
Ventajas	9.31 hh/m ² menos, 4.19 veces menos horas hombre	40		
IMPORTANCIA TOTAL		220		15

6.2 RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS FINALES

- El sistema de toma de decisiones CBA tiene 5 fases: (1) Fase de puesta en escena, (2) Fase de innovación, (3) Fase de toma de decisiones, (4) Fase de reconsideración, y (5) Fase de implementación.
- El análisis planteado solo abarca las tres primeras fases, siendo la fase 4 el reformular el análisis, añadiendo más factores o considerando otros criterios, esta fase se aplica en caso alguna de las partes interesadas esté inconforme con la decisión final. La fase 5 consiste en aplicar la decisión, evaluar los resultados de esta, realizar las modificaciones necesarias y recopilar los datos de todo el proceso.
- En futuras decisiones, se debe aplicar el conocimiento adquirido en las tablas CBA, mejorando sustancialmente su implementación, las decisiones y acciones que se toman en torno a los proyectos de edificaciones residenciales.
- En los tres casos evaluados, la decisión final es construir con estructuras metálicas. Esta decisión se sustenta en que esta opción presenta más ventajas (solo el factor de análisis de sostenibilidad favorece a la construcción con concreto vaciado in situ), y que para los evaluadores la ventaja del análisis de sostenibilidad no es lo suficientemente importante para decidir por la construcción convencional con concreto vaciado in situ.
- La evaluación CBA muestra una influencia casi imperceptible al analizar la situación debido a la pandemia del coronavirus (2020) favoreciendo incluso, aunque levemente, a la construcción con estructuras metálicas en el factor de riesgos del proyecto (Ver análisis en ítem 5.2.3).
- De la premisa anterior, se reafirma como una mejor opción a la edificación con estructuras metálicas aún en tiempos pospandemia, en condiciones normales. Ya que como se mencionó anteriormente esta condición de pandemia no ha influenciado significativamente a la elección final.
- En casos como el mostrado donde se presentan solo dos alternativas y una de estas presenta la mayoría de ventajas, se puede afirmar que esta alternativa es la mejor opción para el proyecto, solo en casos excepcionales esto no ocurrirá (cuando una ventaja sea mucho más importante que las otras).

- Como se observa en los análisis, en cada caso cada miembro del proyecto asigna importancias diferentes a las ventajas, algunas de estas pueden entrar en conflicto para un mismo caso. En decisiones complejas se recomienda involucrar a más miembros del proyecto para así tener distintas perspectivas que enriquezcan el proceso de toma de decisiones.
- El sistema tabular CBA no solo permite tomar una mejor decisión, también permite tener un buen sustento y documentar el proceso para todos los miembros del proyecto, facilitando así su comprensión para futuros cambios sustanciales en el proyecto o para procesos de toma de decisiones futuras.

CONCLUSIONES

- 1) La edificación con estructuras metálicas se presenta como una mejor opción para su ejecución que la edificación con concreto vaciado in situ, debido a que tiene 4.78 veces mayor rapidez en su construcción, y a su forma de ejecución: sin emplear encofrados para la superestructura, los elementos reducen su proceso a solo su montaje y no se requiere tiempos tecnológicos de espera para que adquiera su resistencia final, requiere de menos mano de obra involucrada, lo que reduce errores humanos que afectan a la calidad; además de tener un menor peso por m², cimentaciones de menores dimensiones, presenta menores riesgos de proyecto, y para la dimensión de los proyectos evaluados tiene menores costos, S/ 91.84/m² menos en la ejecución de la estructura.
- 2) En los casos planteados para el análisis de elección por ventajas, la mejor opción de construcción resulta ser la edificación con estructuras metálicas, esto debido a que de forma general se presenta como una opción más atractiva (teniendo ventajas en 4 factores versus 1 para la edificación con concreto vaciado in situ), sin embargo, la decisión final para otros casos puede variar, esto sucedería cuando los tomadores de decisión consideren más importante a la única ventaja que presenta la edificación con concreto vaciado in situ o añadan otros factores que la favorezcan presentando ventajas significativas.
- 3) Los costos directos evaluados para ambos proyectos favorecen a la edificación con estructuras metálicas, los valores obtenidos son de S/ 562.13 /m² y S/ 653.97 /m², con un ahorro de S/ 91.84 /m² (14.04%) respecto a los costos de la edificación con concreto vaciado in situ.
- 4) La diferencia de los costos se sustenta en que, el área techada de la edificación con estructuras metálicas (3,175.80 m²) es ligeramente mayor que el rango del “área de equilibrio de costos”, áreas en la que la construcción con estructuras metálicas tiene costos similares al de la construcción convencional con concreto vaciado in situ para 6 niveles (2,500-3,000 m²).
- 5) El diseño de las cimentaciones se ve favorecido al tener un menor peso de la estructura, lo que genera cimentaciones de menores dimensiones, disminuyendo sus costos. Para las edificaciones evaluadas, la cimentación de la construcción con estructuras metálicas presentó un costo de S/ 406.60/m², mientras que la de la edificación con concreto vaciado in situ un costo de S/ 435.68/m², se tiene un ahorro de S/ 29.07/m²

- (6.6%) aún con la condición de tener 6 niveles frente a 5 niveles de la otra edificación.
- 6) Respecto al tiempo de ejecución, la edificación con estructuras metálicas es 4.78 veces más rápida que en la construcción convencional (43.50 m²/día versus 9.09 m²/día). En general, la industrialización de la construcción mediante elementos prefabricados ofrece el principal beneficio de aumentar la productividad, un aspecto que ha sido ajeno al desarrollo de la construcción en el siglo pasado, pero que actualmente está encaminado.
 - 7) Analizando la productividad en los principales elementos de la estructura se obtienen los siguientes resultados: cimentación – avance de 23.01 m²/día, estructura metálica – avance de 5.13 t/día y losas colaborantes – avance de 43.50 m²/día.
 - 8) La productividad de la partida acero de refuerzo en cimentaciones aumenta de un rango de 250-350 kg/día del proceso común, a un rango de 1,500-1,800 kg/día para la armadura dimensionada (ACEDIM) y un rango de 2,500-3,500 kg/día para la armadura prearmada. Además, la partida con armadura dimensionada (ACEDIM) es S/ 1.34/kg más barata que con la armadura tradicional (S/ 3.14/kg versus S/ 4.48/kg), y la partida con armadura prearmada es S/ 0.52/kg más barata (S/ 3.96/kg versus S/ 4.48/kg)
 - 9) La productividad en la elaboración de la losa aumenta de un promedio de 17.36 m²/día para la losa aligerada, a un promedio de 94.85 m²/día para la losa colaborante. Siendo su ejecución 5.5 veces más rápida. Respecto a los costos, la losa colaborante tiene un ahorro de S/ 22.84/m² (S/ 87.39/m² versus S/ 101.23/m²).
 - 10) Los principales factores que afectaron a la productividad en la edificación con estructuras metálicas fueron la mala gestión de los materiales prefabricados (transporte y llegada a obra) y la falta de experiencia de la mano de obra al trabajar con elementos prefabricados, lo cual se corrigió para el resto de torres del conjunto residencial mencionado, obteniendo mejoras sustanciales en la productividad.
 - 11) Las ventajas cualitativas para la edificación con estructuras metálicas son analizadas mediante una encuesta a los profesionales del sector, el resultado se muestra en la Tabla N° 5.2, entre las que destacan:
 - Los esfuerzos para asegurar la calidad disminuyen, ya que la calidad se vuelve más uniforme al trabajar con equipos y maquinarias especializadas, y con un menor número de procesos en obra.

- El diseño estructural de la construcción con estructuras metálicas se ve favorecido debido a la certeza y precisión de su comportamiento hasta la falla y al menor peso de los elementos estructurales.
 - Al realizar parte de los elementos de la construcción en una fábrica, se puede iniciar los trabajos in situ con anticipación, requiriendo menos personal.
 - Los proveedores o contratistas que trabajan con elementos prefabricados como las estructuras metálicas, implementan dentro de su ingeniería de valor la metodología BIM.
- 12) Las limitaciones cualitativas para la edificación con estructuras metálicas son analizadas mediante una encuesta a los profesionales del sector, el resultado se muestra en la Tabla N° 5.2, entre las que destacan:
- Requiere de un mantenimiento e inspección rutinaria para asegurar su durabilidad en el tiempo de vida estimado de la edificación.
 - Las edificaciones con estructuras metálicas requiere de una mayor inversión inicial, por lo que su flujo de caja puede verse perjudicado.
- 13) La construcción con estructuras metálicas requiere 4 veces menos cantidad de horas hombre (2.92 hh/m^2 versus 12.23 hh/m^2), además presenta tres etapas para el ingreso de personal: 1) Mano de obra general para cimentaciones, 2) Mano de obra especializada para las estructuras metálicas, y 3) Mano de obra especializada y general para las losas colaborantes.
- 14) Cuantificando los costos de los riesgos de proyecto esperados, para la edificación con estructuras metálicas estos suman 34.16 % (S/ 60,990.00) de su utilidad, mientras que los costos esperados en la construcción convencional suman 49.15 % (S/ 33,620.00) de su utilidad. En ambos análisis resulta como mejor la opción la construcción con estructuras metálicas.
- 15) La seguridad en obra analizada mediante la matriz IPERC muestra solo una ligera ventaja para la edificación con estructuras metálicas, esto a pesar de presentar menos procesos en obra y menor requerimiento de mano de obra, y debido a que el uso de equipos y maquinaria ocasionan situaciones de riesgo.
- 16) La cantidad de emisión de CO_2 para la edificación con concreto vaciado in situ es $19.24 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$ menor (95.78 versus $115.02 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$), equivalente a un 16.73% menos contaminante, considerando materiales, el uso de maquinarias y equipos, y la mano de obra. La construcción con estructuras metálicas emite más cantidad de CO_2/m^2 que la construcción con concreto vaciado in situ en su ejecución.

RECOMENDACIONES

- 1) Al tener un proyecto de grandes dimensiones, la opción de construcción con estructuras metálicas resulta más atractiva que la construcción convencional con concreto vaciado in situ.
- 2) Se debe contextualizar el análisis de proyectos de construcción mediante el método tabular CBA, dado que los proyectos se ejecutan y operan en entornos o contextos distintos que influyen en ellos, los resultados del análisis dependerán de la variabilidad de estas características, por lo que es importante identificarlas desde el inicio del proceso.
- 3) Para un análisis a grandes rasgos de los costos, se puede considerar la Tabla N° 5.11 de áreas de equilibrio de costos, calificando así una edificación con estructuras metálicas como igual o menos costosa que su equivalente con concreto vaciado in situ, si el área de la edificación es igual o supera al área de equilibrio de costos, según la cantidad de niveles de la edificación y teniendo características similares a los proyectos evaluados en cuanto a su producción y transporte de materiales, características del terreno, nivel de especialización de la mano de obra, cercanía a la ciudad, entre otras.
- 4) Los costos presentados de las partidas con elementos prefabricados se deben actualizar para futuros proyectos, variando los costos unitarios de los recursos y manteniendo la relación de su cantidad y la productividad en las partidas, considerando características similares a los proyectos evaluados.
- 5) Al decidir por la construcción con estructuras metálicas, se debe tener presente el tipo de inversión que se requiere. El porcentaje de adelanto para su fabricación puede generar aspectos financieros no previstos para el constructor, pudiendo conllevar a la paralización del proyecto.
- 6) Al usar losas colaborantes se debe analizar también su complementación con las instalaciones sanitarias y su acabado arquitectónico, ya que puede no ser de agrado para el usuario final, tener las instalaciones a la vista en caso de edificios residenciales, ocasionando costos adicionales en partidas de falsos cielos rasos para que oculten estas instalaciones, además de los costos de requerir una mayor altura entre pisos para mantener la altura libre interna.
- 7) Al decidirse por una construcción con estructuras metálicas, se recomienda complementar la edificación con elementos arquitectónicos prefabricados o procesos industrializados, logrando así maximizar los beneficios que presenta la construcción industrializada.

- 8) Se recomienda dar énfasis a una buena elección del equipo humano en la ejecución de edificaciones con estructuras metálicas, ya que no hay mucha oferta de calidad en el mercado.
- 9) Al industrializar la construcción no se debe buscar solamente reducir la cantidad de obreros empleados, sino que, se debe buscar el mejorar su calidad de trabajo, capacitándolos y sumándole un valor agregado a su labor, con la ayuda de equipos y maquinarias especializadas.
- 10) Se recomienda gestionar eficientemente las 3 etapas para el ingreso y salida del personal en la construcción con estructuras metálicas, para no tener problemas con la continuidad del trabajo, y condiciones de pago y de contrato.
- 11) Se debe promover el estudio de las cantidades de emisión de CO₂ de los elementos prefabricados en el Perú, para así conocer con mayor detalle y con un mayor grado de confiabilidad las cantidades de emisión en el Perú, lo que permitirá un análisis mejorado de la Huella de carbono.
- 12) Si bien es cierto que la presente investigación solo abarca la especialidad de estructuras, estos datos pueden complementarse con los datos de las especialidades de arquitectura, instalaciones, etc., ya que estas especialidades no tienen diferencias significativas para la construcción con estructuras metálicas frente a la construcción con concreto vaciado in situ, sin embargo, se debe tener presente aquellas características distintas mencionadas anteriormente, como en el caso del uso de las losas colaborantes.
- 13) Se recomienda realizar un análisis general para todos los procesos, enfocándose solo en los riesgos laborales, para así validar la casi nula ventaja en seguridad que presenta la edificación con estructuras metálicas, la cual es obtenida en la presente investigación para los procesos más representativos.
- 14) Se recomienda hacer investigaciones similares, comparando los tipos de edificaciones residenciales mediante elementos prefabricados como los sistemas modulares, sistemas esqueléticos como la que emplea la estructura prefabricada metálica, estructura prefabricada de concreto armado y la de concreto vaciado in situ, llevando esta comparación a la totalidad del proyecto (abarcando el resto de especialidades), con la finalidad de realizar una mejor toma de decisiones en su evaluación, considerando las diversas características propias de cada tipo de edificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceros Procesados S.A. (2021). Manual Técnico: Sistema Constructivo ACERO-DECK placa colaborante. *SENSICO*. https://www.academia.edu/15764183/MANUAL_ACERO_DECK_SENSICO
- Aceves, H., Contreras, C., López, O., y Mercado, S. M. (2019, junio). *Emisiones de GEI en KG-CO2/M2 generados por una vivienda tipo INFONAVIT*. [Presentación de artículo]. Interdisciplinary Congress of Renewable Energies, Industrial Maintenance, Mechatronics and Information Technology. Ciudad de México. <https://doi.org/10.35429/EJRN.2019.8.5.15.28>
- Apoyala, M. (2013, marzo). *Flamante sede de nuestra Biblioteca Central*. Fondo Editorial de la Universidad Nacional de Ingeniería. <http://www.fondoeditorial.uni.edu.pe/Uninforma4.pdf>
- Arévalo, E. (2018, abril). *Identificación de peligros y evaluación de los riesgos*. [Presentación de diapositivas]. Capacitación del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Lima. <http://www3.vivienda.gob.pe/csst/documentos/IPER-MVCS.pdf>
- Barbosa, F., Woetzel, J., y Mischke, J. (2017). *Reinventing Construction: A Route of Higher Productivity* (Informe Técnico). McKinsey Global Institute.
- Bendezú, L. (2018). *Mejora de la productividad en la construcción de edificios multifamiliares empleando el sistema de losas prefabricadas–Lince–2018* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/25514>
- Boleto Machu Picchu (2021, marzo). *¿Cómo los incas moldearon las piedras en Machu Picchu?*. Boleto Machu Picchu. <https://www.boletomachupicchu.com/moldeo-piedras-machu-picchu/>
- Cervantes, A. (2003). La influencia de la prefabricación en el diseño de vivienda de interés social. *Administración para el diseño*, 12(2), 220 – 235. https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/2003/12_2003.pdf
- Chadwick, O., Nedal, N., Bruce, L., y James, M. (2013, diciembre). Carbon, Fossil Fuel, and Biodiversity Mitigation With Wood and Forests. *Journal of sustainable forestry*, 33, 248 – 275. <https://doi.org/10.1080/10549811.2013.839386>
- Chang, M. (2014). *Propuesta y evaluación de la aplicación del sistema de construcción industrializada modular* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5970>

- Chemillier, P. (1980). Industrialización de la construcción: los procesos tecnológicos y su futuro. Editions Du Moniteur. https://books.google.com.pe/books?id=uPlumus8yLkC&pg=PP1&source=kp_read_button&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Corporación Aceros Arequipa S.A. (2009, mayo). *Acero Dimensionado*. [Presentación de diapositivas]. Capacitación del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Ica. <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2012/ica/7.ACERODIMENSIONADO.pdf>
- Corporación Aceros Arequipa S.A. (2014). El sello verde peruano otorgado a las barras de construcción Aceros Arequipa. *Boletín Construcción Integral*, 17, 9 – 12. <https://acerosarequipa.com/pe/en/constructoras/boletin-construccion-integral/edicion-17/editorial.html>
- Corporación Aceros Arequipa S.A. (2019a). *Hoja técnica Fierro Corrugado – A615*. Web de Aceros Arequipa. https://acerosarequipa.com/sites/default/files/fichas/2020-11/AF_HOJA%20TECNICA_FIERRO%20CORRUGADO%20A615.pdf?fv=oMXWy4lc
- Corporación Aceros Arequipa S.A. (2019b). *Hoja técnica Fierro Corrugado – A706*. Web de Aceros Arequipa. https://acerosarequipa.com/sites/default/files/fichas/2020-11/AF_HOJA%20TECNICA_FIERRO%20CORRUGADO%20A706.pdf?fv=oMXWy4lc
- Corporación Aceros Arequipa S.A. (2021). *Brochure: ACEDIM - Prearmado*. Web de Aceros Arequipa. www.acerosarequipa.com
- Corzo, D. R., y Saldaña, Y. E. (2017). *Comparación de diseños estructurales de edificaciones metálicas con edificaciones de concreto armado para determinar el diseño más rentable en la construcción de viviendas multifamiliares* [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio Insitucional USMP. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/3366>
- Costos (Ed.). (2020a). Las nuevas habilidades y retos de los futuros profesionales de la construcción. *Productos y soluciones de la construcción*, 11, 8–11. <https://costosperu.com/PortalSuscriptores/PublicacionesDigitales>
- Costos (Ed.). (2020b). Suplemento técnico. *Revista Costos*, 307, 47–105. <https://costosperu.com/PortalSuscriptores/PublicacionesDigitales>
- Crisafulli, F. J. (2018). *Diseño sismorresistente de construcciones de acero* (5.^a ed.). Mendoza: Asociación latinoamericana de acero - ALACERO. https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/diseño_sismorresistente_de_construcciones_de_acero-5ta_ed.pdf

- Cruz, C. M. (2018). *Análisis comparativo entre sistemas de concreto armado y estructuras de acero en el diseño de un edificio* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional UPLA. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/779>
- Diez, D. (2019, abril). *¿Qué es la construcción 4.0? El sector en la industria 4.0*. ITAINNOVA. <https://www.itainnova.es/blog/industria-4-0/que-es-la-construccion-4-0-el-sector-en-la-industria-4-0/>
- ERA. (2022). *ERA Equipment CO₂ calculator*. Equipment CO₂ Calculator. <https://equipmentcalculator.org/en/co2/new>
- Gotelli, L. (2019, mayo). *Metodología de Gestión de Riesgos* [Presentación de diapositivas]. Curso taller de ingeniería de construcción - Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Inzunza, S. E. (2009). *Industrialización en la construcción de viviendas* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/250513>
- Llanos, J. C. (2021). *Sistemas constructivos industrializados en edificaciones* [Presentación de diapositivas]. *Workshop de Ingeniatec*, Lima.
- López, A., y Fernández, D. (2015). La construcción con prefabricados de concreto: Una historia por escribir. *Noticreto*, 133, 42–48. https://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/historia_prefabricados_noticreto.pdf
- Mamani, F. A. (2018). *Huella de carbono (CO₂) en la construcción de edificios de la ciudad de Lima* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Insitucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/17075>
- Martínez, V. M. (2014). *Procedimiento constructivo con estructuras metálicas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Insitucional UNAM. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000714281>
- McCormac, J., y Csernak, S. (2012). *Diseño de estructuras de acero* (5.ª ed.). Alfaomega Grupo Editor. <https://www.alpha-editorial.com/Papel/9789586829342/Dise%C3%B1o+De+Estructuras+De+Acero+5%C2%AA+Ed>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Resolución Directoral N° 2226-2008-MTC/20 Normas y procedimientos para el otorgamiento de autorizaciones especiales para vehículos que transportan mercancía especial y/o para vehículos especiales*. Diario El Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/280207-008-2008-mtc-20>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente*. Diario El Peruano. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/E.030DISECOSISMORRESISTENTE2019.pdf>

- Novas, J. A. (2010). *Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. <https://oa.upm.es/4514/>
- Parrish, K., y Tommelein, I. (2009, enero). *Making design decisions using choosing by advantages*. [Paper]. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction - IGLC28, Taipei. <http://www.iglc.net/Papers/Details/663/pdf>
- Páucar, H. (2011). *Análisis comparativo de edificios con elementos de concreto prefabricados pretensados vs. con elementos vaciados in situ* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería], Repositorio Insitucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/18264>
- Pons, O. (2010). Evolución de las tecnologías de prefabricación aplicadas a la arquitectura escolar. *Informes de la construcción*, 520(62), 15–26. <https://doi.org/10.3989/ic.09.040>
- Quiroz, J. A. (2012, abril). *Biblioteca Central UNI, JAQ*. http://www.jaq.com.pe/proyecto_detalle.php?id_pro=mg==
- Regalado, M. S. (2017). *Introducción a la construcción sostenible* [Presentación de diapositivas]. Taller de grupo estudiantil GIT, Lima.
- Regalado, M. S. (2019). *Evaluación del nivel de sostenibilidad de edificaciones inmobiliarias nuevas y existentes, con propuesta y aplicación de la certificación green uni* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería). Repositorio Insitucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/19004>
- Salas, J. D. (2021). La industrialización de la construcción y el diseño arquitectónico en la actualidad peruana. *Arquitextos*, 26, 114–119. <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Arquitextos/article/view/4099/5069>
- Sanabria, B. S. (2017). *Análisis comparativo entre procesos de diseño y construcción de los sistemas tradicional y prefabricado de losas de entrepiso para edificaciones de hasta 4 niveles* (Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá). Repositorio Institucional RIUCaC. <http://hdl.handle.net/10983/15493>
- Sisternes, Á. (2020, agosto). *Construcción 4.0: Construye lo que viene*. Reto Kömmerling. <https://retokommerling.com/construccion-4-construye-lo-que-viene/>
- Sladogna, M. (2017). *Productividad: Definiciones y perspectivas para la negociación colectiva*. Biblioteca Central UNAJ. <https://biblio.unaj.edu.ar/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=8750>

- Soto, H. (2018). ¿Cuándo conviene construir con acero?. *Revista Mexicana de la construcción*, 633, 30–55. <https://estrella.com.do/cuando-construir-con-acero/>
- Suhr, J. (1999). The choosing by advantages decisionmaking system. Greenwood Publishing Group. <https://www.amazon.com/Choosing-Advantages-Decision-making-System/dp/1567202179>
- Suhr, J. (2012). *Basic Principles of Sound Decision-Making*. Canadian Construction Association. <https://www.cca-acc.com/wp-content/uploads/2021/08/Basic-Principles-of-Sound-Decisionmaking.pdf>
- Tausch, O. (2014). *Giseh 55* [Fotografía]. Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Giseh_55.jpg
- TECNIBERIA. (2014). Herramienta hueCO₂. hueCO₂-Tecniberia. <https://hueco2.tecniberia.es/>
- Tong, Á. A. (2014). *Factibilidad del uso de estructuras metálicas en el diseño de viviendas multifamiliares* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Plama], Repositorio Institucional URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/812>
- Tume, P. A. (2019). *Análisis comparativo estructural y económico al diseñar un edificio multifamiliar de seis pisos de concreto armado y acero, ubicados en la ciudad de Piura* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura], Repositorio UNP. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1905>
- Valdivia, J. A. (2016). *Perfiles de acero estructural [Imagen]*. Blog Javaldiviaj. <https://javaldiviaj.blogspot.com/2016/09/procura-003-adquisicion-de-aceros.html>
- Walewski, J., y Gibson, G. (2003). International project risk assessment: Methods, procedures, and critical factors. *Center for Construction Industry Studies y University of Texas at Austin Report*, 31, 23. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.579.3266&rep=rep1&type=pdf>
- Xiaosheng, T., y Hamzeh, F. (2020). *Precast Concrete Building Construction Process Comparison*. [Paper]. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC28, Berkeley. doi.org/10.24928/2020/0027

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA	217
ANEXO 2: PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN - EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS	219
ANEXO 3: UBICACIÓN DE TORRES EN ESQUEMA GENERAL - EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS .	221
ANEXO 4: DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE LA TORRE 1	223
ANEXO 5: PLANTA DE CIMENTACIÓN GENERAL DE TORRES - EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS .	225
ANEXO 6: PLANTA DE CIMENTACIÓN DE LA TORRE 1	227
ANEXO 7: DETALLES GENERALES PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS DE LA TORRE 1	229
ANEXO 8: PLANTA DE TECHOS Y ESTRUCTURA METÁLICA DE LA TORRE 1	231
ANEXO 9: DISTRIBUCIÓN EN OBRA PARA LA PRIMERA ETAPA - EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS	233
ANEXO 10: ETAPAS DEL PROYECTO - EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS	235
ANEXO 11: CRONOGRAMA GENERAL - EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS	237
ANEXO 12: CRONOGRAMA DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA TORRE	239
ANEXO 13: TREN DE ACTIVIDADES DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA TORRE	241
ANEXO 14: PLAN DE PUNTOS DE INSPECCIÓN EN OBRA DE LA TORRE 1 - PARTIDA DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	246
ANEXO 15: CRONOGRAMA DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU	248
ANEXO 16: RESUMEN DE ENCUESTA – ANÁLISIS DE ASPECTOS CUALITATIVOS	250
ANEXO 17: MODULADO Y METRADO DE PLACAS COLABORANTES DE LA TORRE 1	253
ANEXO 18: METRADO DE ARMADURA METÁLICA EN CIMENTACIÓN DE LA TORRE 1	255

ANEXOS

ANEXO 19: METRADO DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA TORRE 1	260
ANEXO 20: PRESUPUESTO DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA TORRE 1	265
ANEXO 21: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA TORRE 1	267
ANEXO 22: PRECIOS Y CANTIDADES DE RECURSOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA TORRE 1	280
ANEXO 23: METRADO DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU	283
ANEXO 24: PRESUPUESTO DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU	292
ANEXO 25: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU	294
ANEXO 26: PRECIOS Y CANTIDADES DE RECURSOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU	307
ANEXO 27: MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS DE LA TORRE 1	309
ANEXO 28: MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU	312
ANEXO 29: MATRIZ IPERC DE LA TORRE 1	315
ANEXO 30: MATRIZ IPERC DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU	318
ANEXO 31: ANÁLISIS DE HUELLA DE CARBONO DE LA TORRE 1	321
ANEXO 32: ANÁLISIS DE HUELLA DE CARBONO DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU	323
ANEXO 33: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU – ADAPTADOS A PARTIDAS INDUSTRIALIZADAS	325

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ GENERAL DE CONSISTENCIA

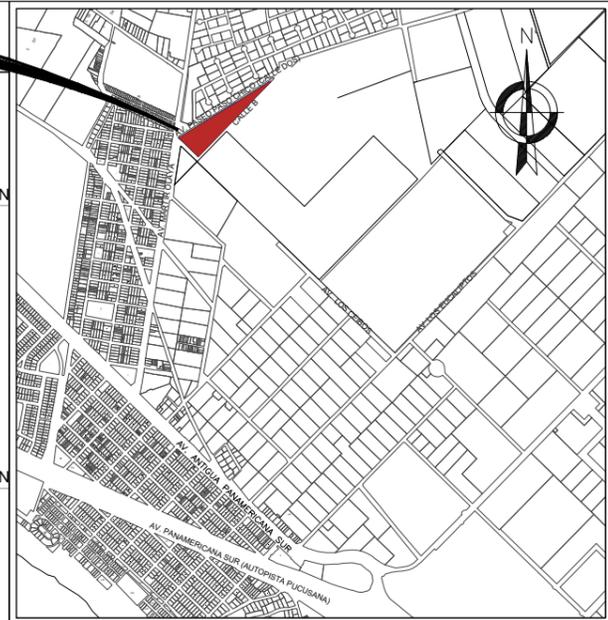
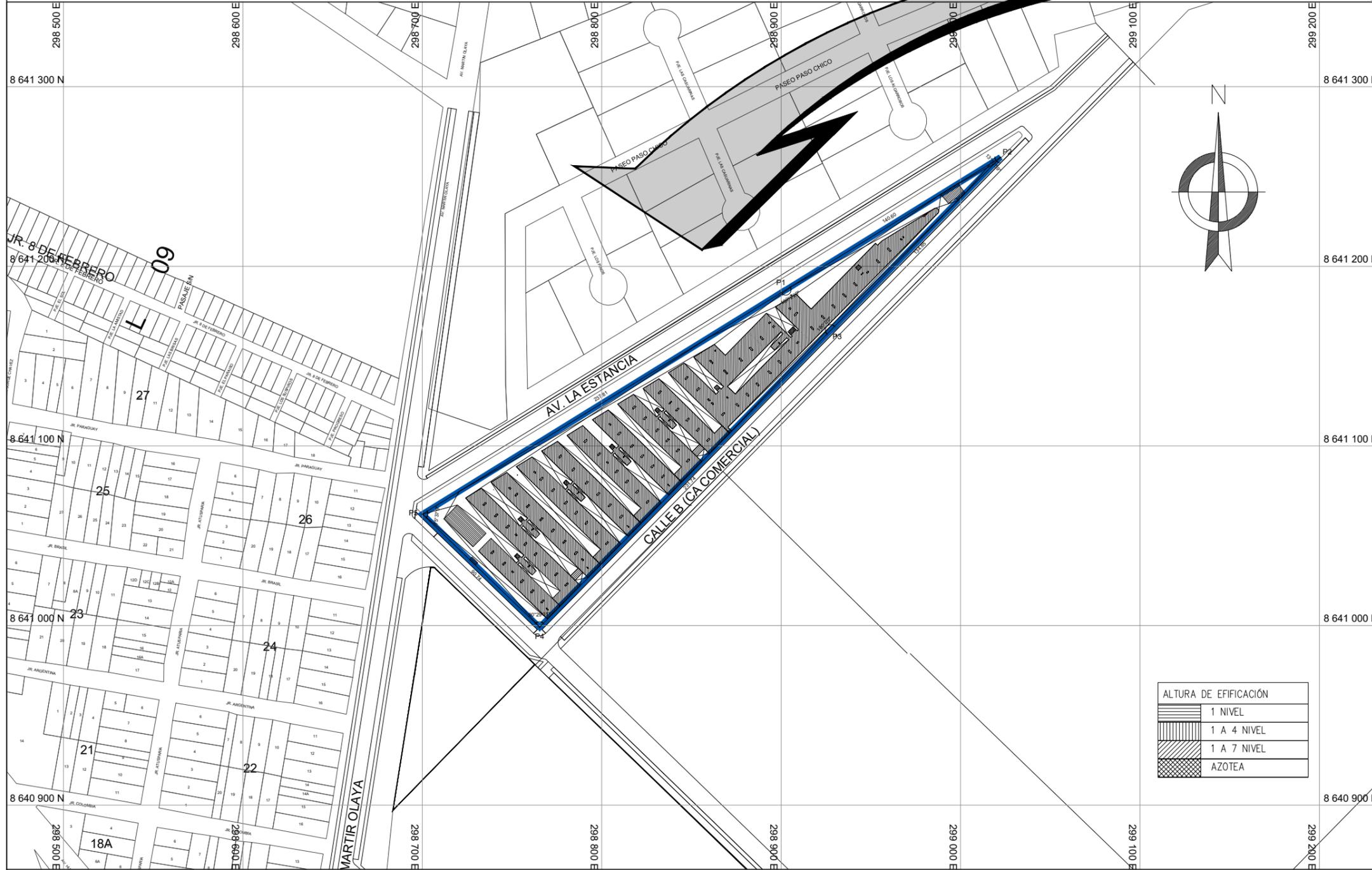
Título: "Análisis comparativo elección por ventajas en la construcción de edificaciones residenciales: ejecución con estructuras metálicas vs sistema convencional in situ" - Lurín - Lima 2020

Tesisista:		Santiago Torbisco Periche			
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis general	VARIABLES independientes	<p>- La investigación es de enfoque cuantitativa, ya que las variables dependientes analizadas son cuantificadas</p> <p>- La investigación es de diseño experimental y teórico, experimental para la edificación de estructuras metálicas, dado que los datos son recopilados de su ejecución; y teórico de la edificación con concreto armado, debido a que sus datos obtenidos son procesados en gabinete con base a diversas fuentes bibliográficas y metodologías aplicables.</p> <p>- La investigación es de nivel descriptivo y explicativo</p> <p>- La investigación es de tipo transversal.</p>	<p>1^{ra} Etapa Selección de los proyectos a evaluar, con similares condiciones de diseño y magnitud</p> <p>2^{da} Etapa Análisis del diseño y elaboración del planeamiento de ambos proyectos, considerando solo la ejecución de la partida de Estructuras: Cimentación, columnas, vigas y losas.</p> <p>3^{ra} Etapa Análisis de las diversas variables dependientes para cada proyecto en la ejecución de la partida de Estructuras: Presupuesto de Obra, Cronograma, Curva Horas-Hombre, Rendimiento de las partidas, Matriz de riesgos, Matriz IPERC, Huella de Carbono.</p> <p>4^{ta} Etapa Comparación de los resultados aplicando la metodología tabular de Elección por Ventajas (CBA), considerando las variables analizadas en la 3^{ra} etapa.</p> <p>5^{ta} Etapa Conclusiones y recomendaciones obtenidas de la investigación</p>
¿La construcción de edificaciones residenciales con estructuras metálicas es una mejor opción que la ejecución convencional in situ de concreto armado?	Realizar un análisis comparativo entre procesos de planificación y ejecución de estructuras prefabricadas metálicas y el sistema convencional con concreto vaciado in situ para edificaciones residenciales usando el sistema de Elección por ventajas (CBA)	La construcción de edificaciones residenciales con estructuras metálicas es una mejor opción para el caso específico de los proyectos evaluados, conforme al análisis de Elección por Ventajas (CBA)	<p>a) Proyecto de edificación residencial con estructuras metálicas, ubicado en Lurín - Lima - Perú.</p> <p>b) Proyecto de edificación residencial convencional con concreto vaciado in situ, ubicado en Huancayo - Junín - Perú.</p>		
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	VARIABLES dependientes		
¿La construcción de edificaciones residenciales con estructuras metálicas favorece en satisfacer la alta demanda de viviendas en las principales urbes del Perú y en aquellas con potencial de desarrollo como Lurín, así mismo, de este modo se puede construir viviendas de manera rápida ante un posible desabastecimiento debido a un inminente sismo de gran magnitud en la ciudad de Lima-Perú?	Obtener ratios de producción de la ejecución real de un proyecto para las partidas relacionadas a los siguientes elementos: armaduras prefabricadas, estructuras metálicas prefabricadas y losas colaborantes; y obtener un ratio general de producción de la estructura para una edificación residencial con elementos prefabricados metálicos.	La construcción de la estructura en un edificio residencial mediante elementos prefabricados metálicos conlleva un aumento de la productividad en obra, en 5 veces, comparándola con un sistema tradicional de elementos de concreto vaciado in situ. Permitiendo una construcción más rápida para satisfacer altas demandas en menor tiempo.	<p>a) Costos directos de ejecución del proyecto</p> <p>b) Tiempo de ejecución del proyecto</p> <p>c) Rendimiento de las principales partidas</p> <p>d) Aspectos cualitativos</p> <p>e) Riesgos de proyecto</p> <p>f) Riesgos laborales (Matriz IPERC)</p> <p>g) Sostenibilidad (Huella de Carbono)</p> <p>h) Mano de obra</p>		
¿Qué ventajas o limitaciones presenta la construcción con estructuras metálicas frente a la construcción convencional in situ, en su aplicación para edificios residenciales en Perú, cuya información de aplicaciones reales de este tipo de construcciones es casi nula?	Detallar ventajas y limitaciones obtenidas en el proyecto de la edificación residencial prefabricada metálica (Caso real) frente a una construcción convencional con concreto armado.	Las ventajas de la edificación residencial prefabricada metálica frente a una convencional consisten en los siguientes aspectos: facilidades en el diseño, tiempos reducidos, mejoras en la calidad, sostenibilidad en materiales, menores riesgos de proyecto y laborales. Las limitaciones están relacionadas a los siguientes aspectos: mayores costos, falta de información del sistema, mantenimiento de la edificación y dependencia de países extranjeros para la materia prima.			
¿Qué opción de construcción es la más atractiva en la construcción de edificios residenciales para los constructores del Perú, sabiendo que la poca implementación de construcciones con estructuras metálicas para viviendas se debe a un alto grado de incertidumbre y desconocimiento de su implementación y de casos exitosos?	Mostrar un análisis comparativo por ventajas utilizando el sistema de Elección por Ventajas (CBA) para la toma de decisiones, con base en las características más relevantes, aquello que genere más valor y que sea más importante para el evaluador.	El análisis comparativo mediante el sistema de Elección por Ventajas (CBA) realizado bajo distintos criterios de importancia de sus ventajas, muestran resultados distintos sobre la decisión final de qué sistema emplear, esto dependerá de los objetivos del constructor; también dependerá de las características y contextos de los proyectos.			

ANEXO 02: PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN - EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS

ESQUEMA DE UBICACIÓN

ESC: 1/2500



LOCALIZACIÓN

ESC.: 1/25000

REGIÓN : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LURÍN
 SECTOR : IX

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN

VÉRTICE	LADO	DIST.	ÁNGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	140.60	180°2'20"	298905.558	8641183.924
P2	P2 - P3	134.85	13°50'59"	299025.207	8641257.761
P3	P3 - P4	231.74	179°59'60"	298930.739	8641161.532
P4	P4 - P5	90.74	90°29'31"	298768.392	8640996.160
P5	P5 - P1	237.81	75°37'9"	298703.093	8641059.172

PROPIETARIO:

PROYECTO:

HOSPEDAJE 02 ESTRELLAS

PROFESIONAL:

PLANO:

UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

LÁMINA:

UB-01

DIBUJO:

OSM

FECHA:

AGOSTO 2020

CUADRO NORMATIVO

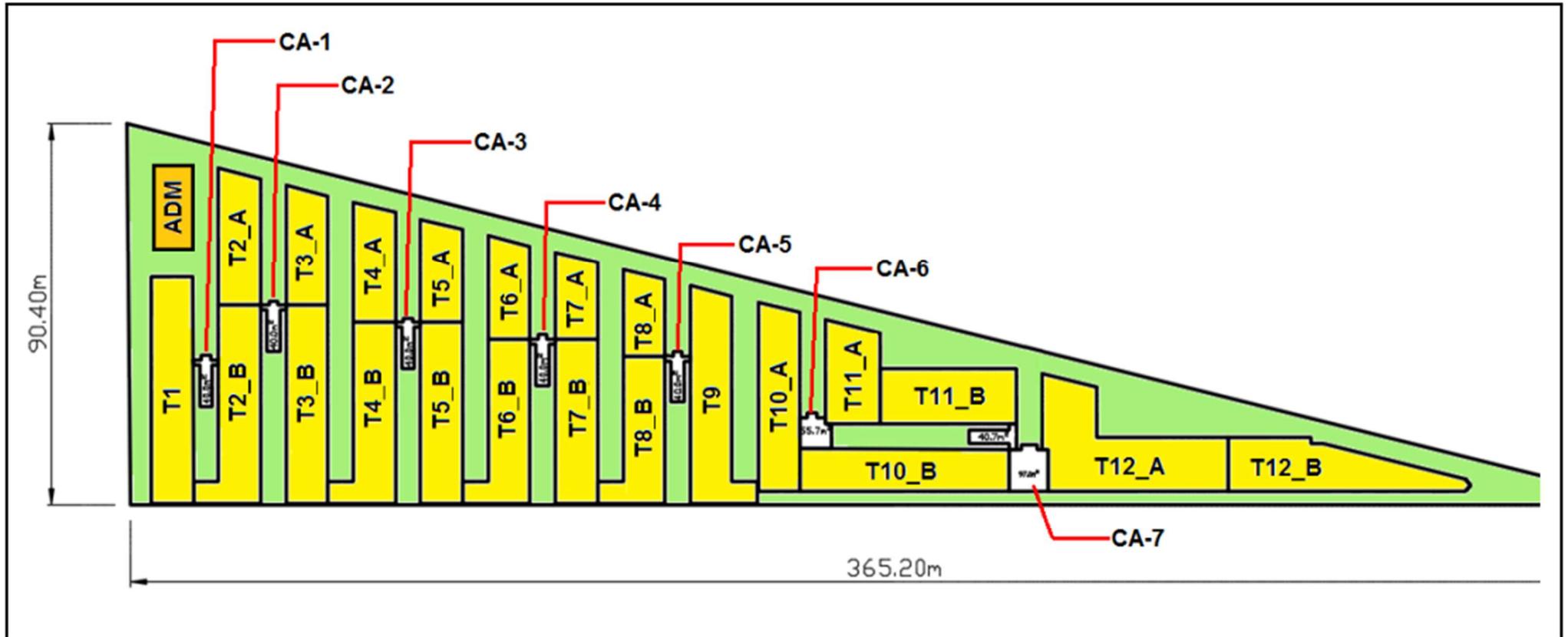
PARÁMETROS	R.N.E.	PROYECTO
USO COMPATIBLE	COMERCIO ZONAL	HOSPEDAJE - 02 ESTRELLAS
LOTE MÍNIMO	No se indica	16,620.89 metros cuadrados
FRENTE MÍNIMO	Según proyecto	90.74 m (Vía Interna Parque Industrial)
ALTURA DE EDIFICACIÓN	15 Pisos max.	7 pisos
ÁREA LIBRE	25%	42.77%
COEFICIENTE DE EDIFICACIÓN	Según proyecto	3.95
POR CA. B:	ALINEAMIENTO	8.40 metros al eje de la vía
	RETIRO MUNICIPAL	5 metros

CUADRO DE ÁREAS

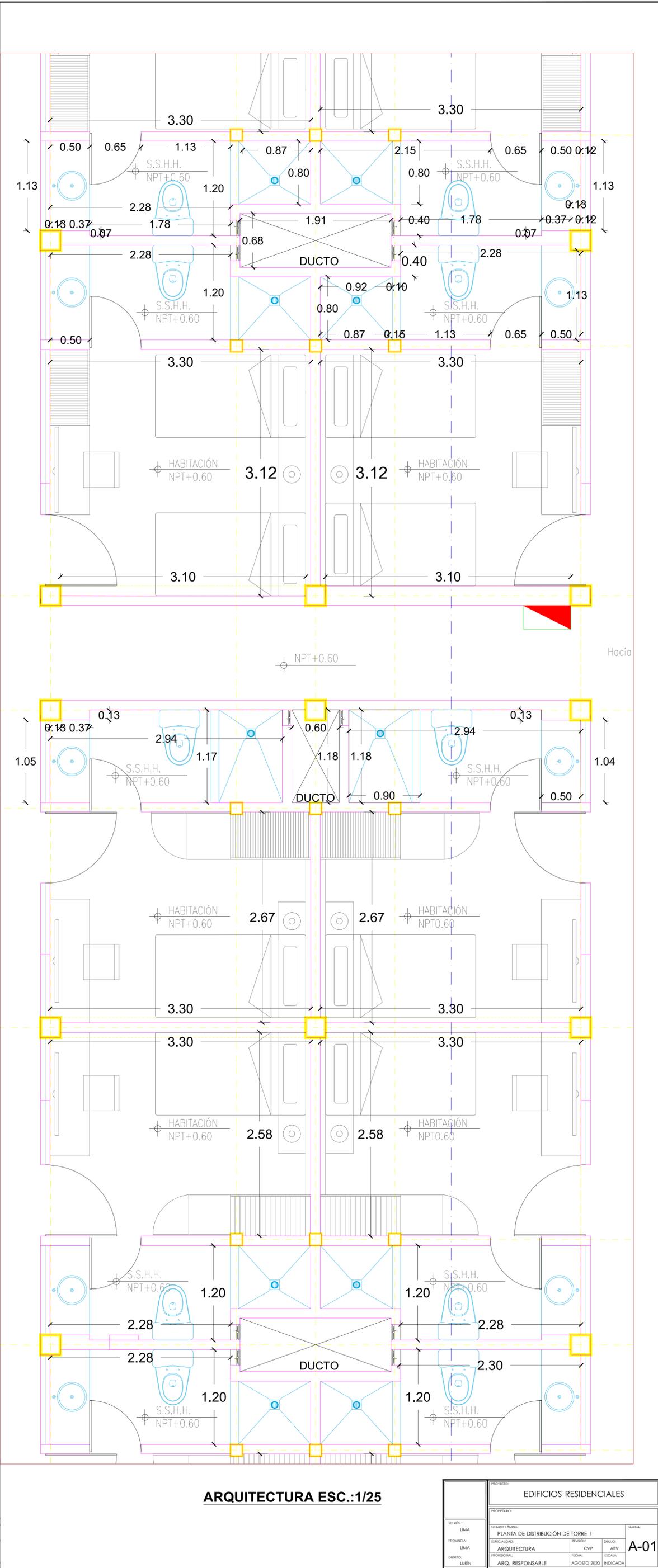
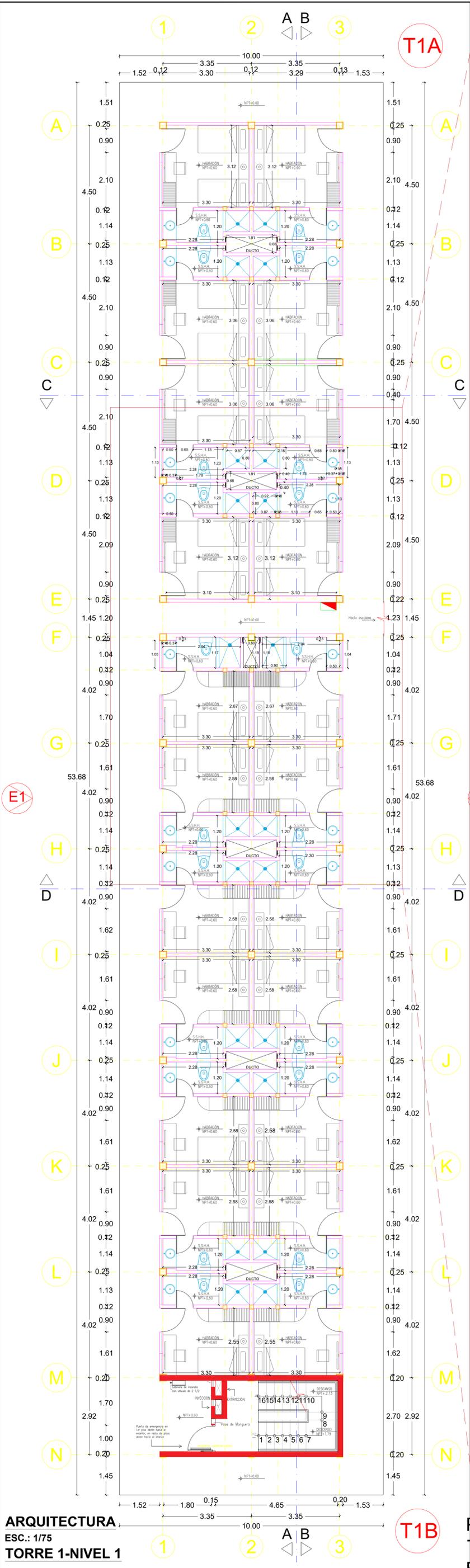
ÁREAS	
ÁREA DE TERRENO	: 16,620.89 m ²
ÁREA DE TERRENO	: 1.66209 ha
PERÍMETRO	: 835.75 m
ÁREA LIBRE	: 7,108.94 m ²
ÁREA CONSTRUIDA	: 65,679.02 m ²
SÓTANO 01	543.17 m ²
PRIMER NIVEL	9,511.95 m ²
SEGUNDO NIVEL	9,382.25 m ²
TERCER NIVEL	9,382.25 m ²
CUARTO NIVEL	9,382.25 m ²
QUINTO NIVEL	9,144.41 m ²
SEXTO NIVEL	9,144.41 m ²
SÉPTIMO NIVEL	9,144.41 m ²
AZOTEA	43.92 m ²

ANEXO 03: UBICACIÓN DE TORRES EN ESQUEMA GENERAL - EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS

ANEXO 2: Ubicación de torres en esquema general



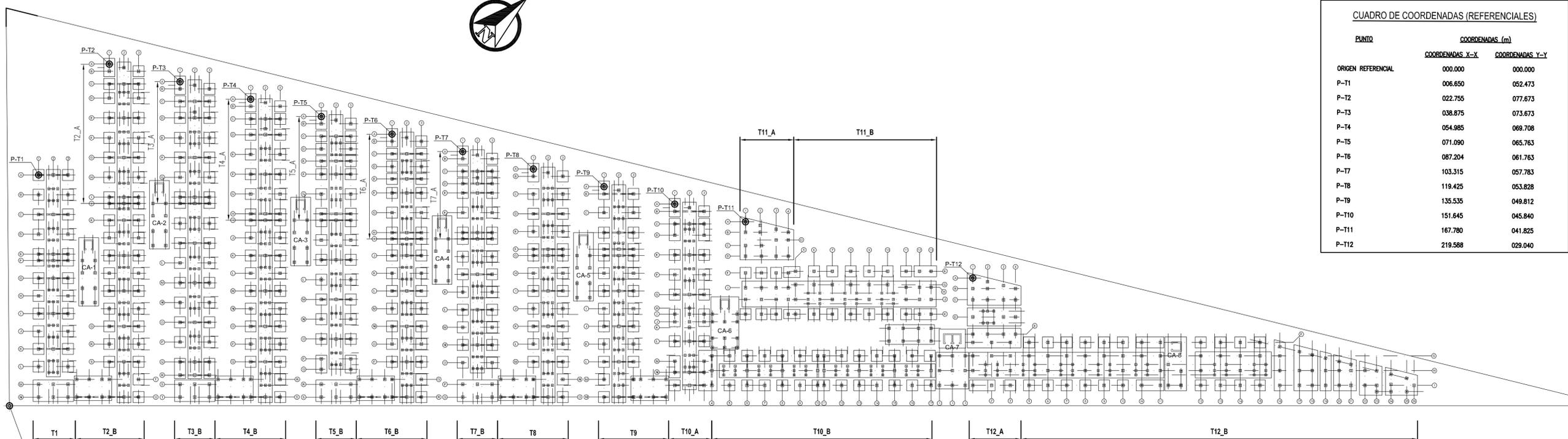
ANEXO 04: DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE LA TORRE 1



PROYECTO:		EDIFICIOS RESIDENCIALES	
PROPIETARIO:			
REGION:	LIMA	PROYECTO:	PLANTA DE DISTRIBUCION DE TORRE 1
PROVINCIA:	LIMA	REVISION:	CVP
ESPECIALIDAD:	ARQUITECTURA	DEBIDO:	ABV
DENOMINACION:	LUBIN	FECHA:	AGOSTO 2020
ARQ. RESPONSABLE:		INDICADA:	

A-01

ANEXO 05: PLANTA DE CIMENTACIÓN GENERAL DE TORRES - EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS



PUNTO	COORDENADAS (m)	
	COORDENADAS X-X	COORDENADAS Y-Y
ORIGEN REFERENCIAL	000.000	000.000
P-T1	006.650	052.473
P-T2	022.755	077.673
P-T3	038.875	073.673
P-T4	054.985	069.708
P-T5	071.090	065.763
P-T6	087.204	061.763
P-T7	103.315	057.783
P-T8	119.425	053.828
P-T9	135.535	049.812
P-T10	151.645	045.840
P-T11	167.780	041.825
P-T12	219.588	029.040

PROYECTO:
EDIFICIOS RESIDENCIALES

PROPIETARIO:

RUC:

PROPIETARIO:

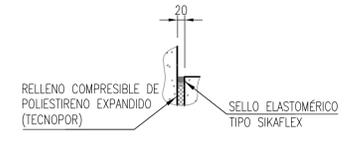
UBICACIÓN:
PASO CHICO CON LOS CEIBOS

DISTRITO:
LURÍN

PROVINCIA:
LIMA

PTO. DE ORIGEN REFERENCIAL (0.00 ; 0.00)
- VER CUADRO DE COORDENADAS -

Y
X



DETAILLE 1
ESCALA 1:10

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO SÍSMICO

- NORMA DE REFERENCIA:**
 - NORMA TÉCNICA PERUANA: E-030 (2016) DISEÑO SISMORRESISTENTE
- PARAMETRO DE ZONA:**
 - ZONA 4 / Z=0.45 (LURÍN - LIMA)
- FACTOR DE USO:**
 - USO COMÚN / U=1.00
- FACTOR DE SUELO:**
 - SUELO MEDIO S2 / S=1.05

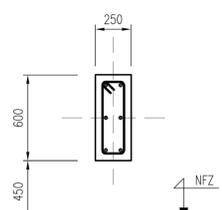
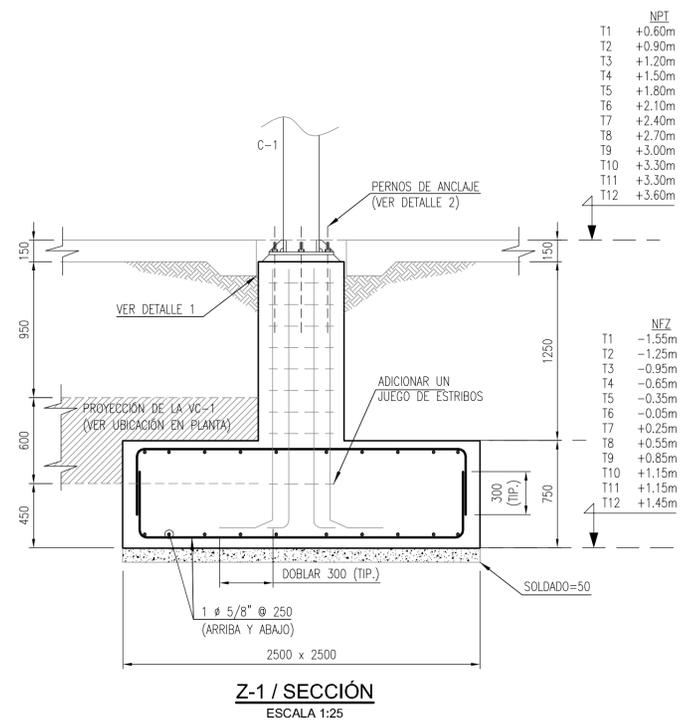


RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

EDIFICIO	TIPO DE ESTRUCTURA		FACTORES DE REDUCCIÓN		PERIODO PREDOMINANTE		CORTANTE POR SISMO		DESPLAZAMIENTO MÁXIMO		ALTURA DE EDIFICIO		DISTORSIÓN (DERIVA) POR SISMO	
	EN X-X	EN Y-Y	Rx	Ry	Tx (s)	Ty (s)	Vx (ton)	Vy (ton)	Δx (cm)	Δy (cm)	Hx (m)	Hy (m)	Δx	Δy
T1	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.69	0.42	209.83	245.45	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T2_A	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.69	0.42	121.23	141.81	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T2_B	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.68	0.45	194.67	227.71	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T3_A	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.69	0.42	106.08	124.08	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T3_B	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.68	0.45	184.57	215.90	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T4_A	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.69	0.42	106.08	124.08	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T4_B	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.68	0.45	179.13	209.53	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T5_A	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.69	0.42	90.54	105.90	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T5_B	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.68	0.45	168.64	197.26	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T6_A	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.69	0.42	90.93	106.36	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T6_B	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.68	0.45	163.98	191.81	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T7_A	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.69	0.42	75.38	88.18	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T7_B	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.68	0.45	152.71	178.62	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T8_A	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.69	0.42	75.38	88.17	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T8_B	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.69	0.42	148.07	173.17	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T-9	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.69	0.42	230.43	268.52	11.60	07.60	16.56	16.56	7.0/1000	4.6/1000
T10_A	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.68	0.45	174.55	195.09	11.00	07.90	16.56	16.56	6.6/1000	4.8/1000
T10_B	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.42	0.69	230.44	197.01	07.60	11.60	16.56	16.56	4.6/1000	7.0/1000
T11_A	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.68	0.45	120.11	134.24	11.00	07.90	16.56	16.56	6.6/1000	4.8/1000
T11_B	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.42	0.69	194.08	165.92	07.60	11.60	16.56	16.56	4.6/1000	7.0/1000
T12_A	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.68	0.45	297.46	332.46	11.00	07.90	16.56	16.56	6.6/1000	4.8/1000
T12_B	OBCF	OBCF	6.00	6.00	0.42	0.69	245.45	209.83	07.60	11.60	16.56	16.56	4.6/1000	7.0/1000
CA-1 @ CA-5	OBCF	DUAL	6.00	7.00	0.61	0.38	15.54	18.18	10.10	06.90	16.56	16.56	6.1/1000	4.2/1000
CA-6	OBCF	DUAL	6.00	7.00	0.58	0.36	21.64	25.32	09.90	06.60	16.56	16.56	6.0/1000	4.0/1000
CA-7	OBCF	DUAL	6.00	7.00	0.61	0.40	37.69	44.10	10.30	07.20	16.56	16.56	6.3/1000	4.3/1000
CA-8	INCLUIDO EN EDIFICIO T12_B		INCLUIDO EN EDIFICIO T12_B		INCLUIDO EN EDIFICIO T12_B		INCLUIDO EN EDIFICIO T12_B		INCLUIDO EN EDIFICIO T12_B		INCLUIDO EN EDIFICIO T12_B		INCLUIDO EN EDIFICIO T12_B	

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- CAPACIDAD DEL SUELO:**
 - PRESIÓN ADMISIBLE (MÍN.) 1.09 kg/cm² (EN N.F.Z. = -2.00m)
 - REFERENCIA: EMS - FEBRERO 2019 (PLANET CONSULTORES) *LA CAPACIDAD DEBERÁ SER VERIFICADA EN CAMPO.
- CONCRETO**
 - CONCRETO ARMADO:
 - ZAPATAS Y CIMENTACIÓN (PROTEGER CIMENTOS CON USO DE MANGA PLÁSTICA O GEOMEMBRANAS) f'c = 210 kg/cm²
 - SUBCIMENTOS f'c = 210 kg/cm²
 - PLACAS Y COLUMNAS f'c = 210 kg/cm²
 - LOSAS f'c = 245 kg/cm²
 - CONCRETO SIMPLE:
 - SOLADOS f'c = 100 kg/cm²
 - RELLENOS f'c = 100 kg/cm²
 - FALSO CIMENTO (DONDE APLIQUE) f'c = 100 kg/cm² + 40% P.G.
- ACERO DE REFUERZO:**
 - BARRA REDONDA CORRUGADA (ASTM 615 GR.60) fy = 4200 kg/cm²
- CEMENTO:**
 - PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO SIMPLE Y ARMADO CEMENTO PORTLAND TIPO I
- RECUBRIMIENTOS**
 - CONTACTO CON EL SUELO 75mm
 - ZAPATAS; MUROS Y COLUMNAS 40mm
 - LOSAS 25mm
- PERNOS DE ANCLAJE ACERO ASTM A-193 Gr. B-7.**

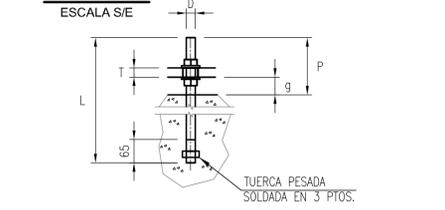


VC-1 / SECCIÓN
ESCALA 1:25
(250 x 600)
6 # 3/4"
ESTRIBOS: 3 # 3/8"
1 # 50mm; RESTO # 150mm,
DESDE CADA EXTREMO

DIMENSIONES DE PERNOS DE ANCLAJE

PERNO	D	T	g	L	P	CALIDAD
PA-1	1"	19	50	900	130	A193 - B7
PA-2	3/4"	19	50	900	130	A193 - B7

NOTA: LA COLOCACIÓN DE LOS PERNOS DE ANCLAJE DEBERÁ SER VERIFICADA CON TOPOGRAFÍA



LONGITUDES DE EMPALMES TRASLAPADOS

Ø	Le (cm)
1/4"	30
3/8"	35
1/2"	45
5/8"	60
3/4"	70
1"	115

DEBE DE CUMPLIRSE LO SIGUIENTE:

- ENSAMBLAR LOS PAQUETES ANTES DEL MONTAJE
- AMARRAR LAS BARRAS QUE FORMAN EL PAQUETE CON ALAMBRE #16 CADA 20 cm.
- EFFECTUAR LOS EMPALMES POR MEDIO DE UNA BARRA DE TRASLAPE EN CADA UNIÓN SEGUN DETALLE.
- TERMINAR LAS BARRAS DE UN PAQUETE EN PUNTOS DISTINTOS ALEJADOS MÍNIMO 40 VECES EL DIÁMETRO DE LA BARRA DE REFUERZO, DE TAL MANERA QUE NUNCA EXISTAN DOS EMPALMES CERCANOS.

NOTAS:

- ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
- ESCALA INDICADA VÁLIDA PARA IMPRESIÓN DE PLANOS EN FORMATO A1.
- LAS ELEVACIONES Y DIMENSIONES SERÁN VERIFICADAS EN CAMPO.
- LA ARQUITECTURA HA SIDO PROPORCIONADA POR EL PROPIETARIO.
- EL ESTUDIO DE SUELOS HA SIDO PROPORCIONADO POR EL PROPIETARIO.
- TODAS LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO QUE TENGAN CONTACTO DIRECTO CON EL SUELO DEBERÁN SER AISLADAS DEL MISMO POR COLOCACIÓN PREVIA DE UN MANTO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (MANGA PLÁSTICA) A FIN DE PROTEGER LAS ESTRUCTURAS DEL ATAQUE QUÍMICO DEL SUELO.

PLANTA DE CIMENTACIÓN GENERAL Y ESPECIFICACIONES

REVISADO POR:

FIRMA / SELLO:

RESPONSABLE DEL PROYECTO:
CÉSAR FAJARDO GALLIANI
CIP 140987

FIRMA / SELLO:

ESPECIALIDAD:	DIBUJO:
ESTRUCTURAS	WSH

FECHA: 30/08/2020 ESCALA: 1/250 REVISIÓN: 0

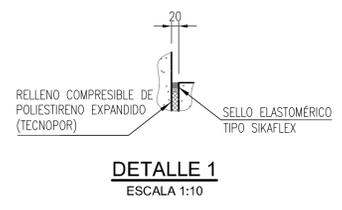
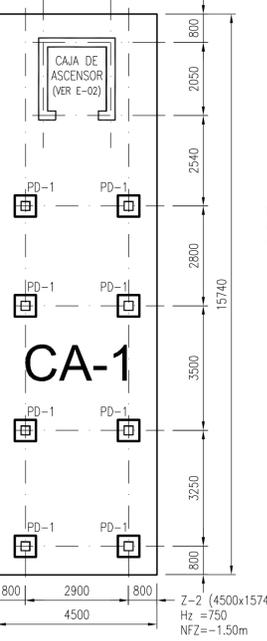
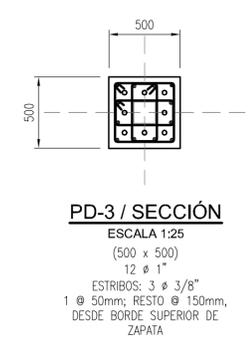
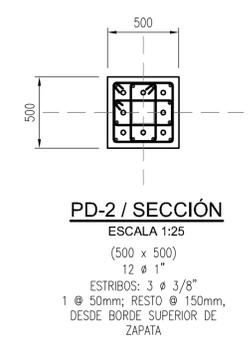
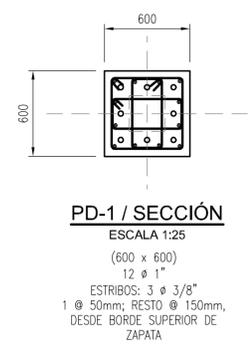
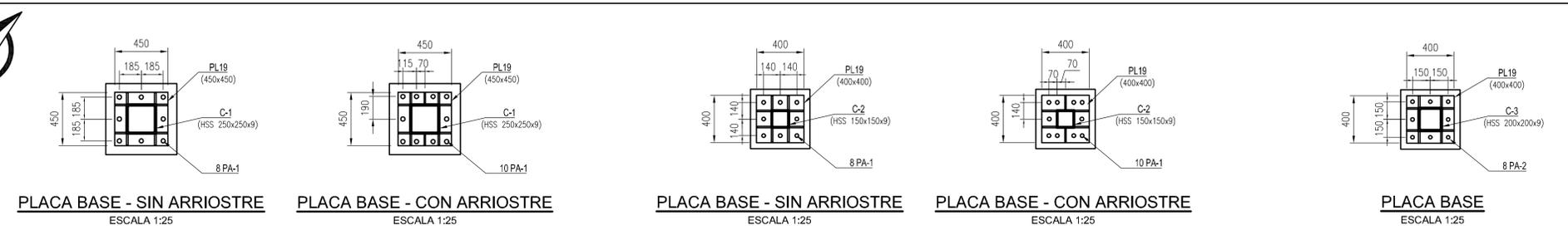
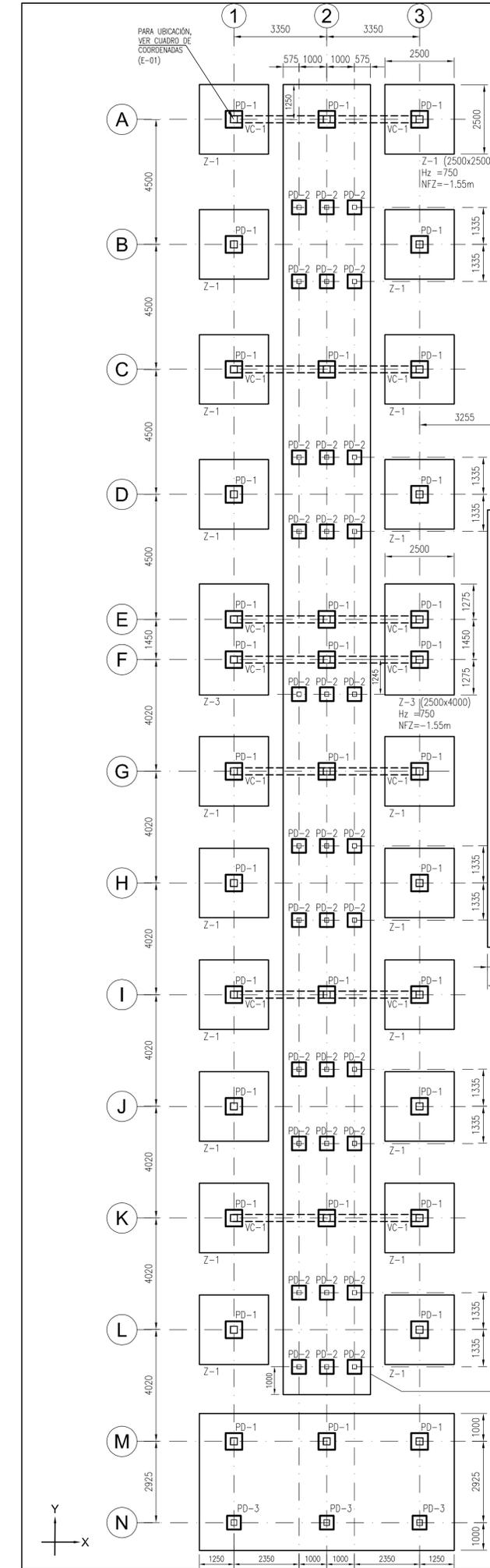
ARCHIVO CAD: OTC_06-20 PL-E01-Rev0

NOTAS:
1.-
2.-

NÚMERO DE PLANO:

E-01

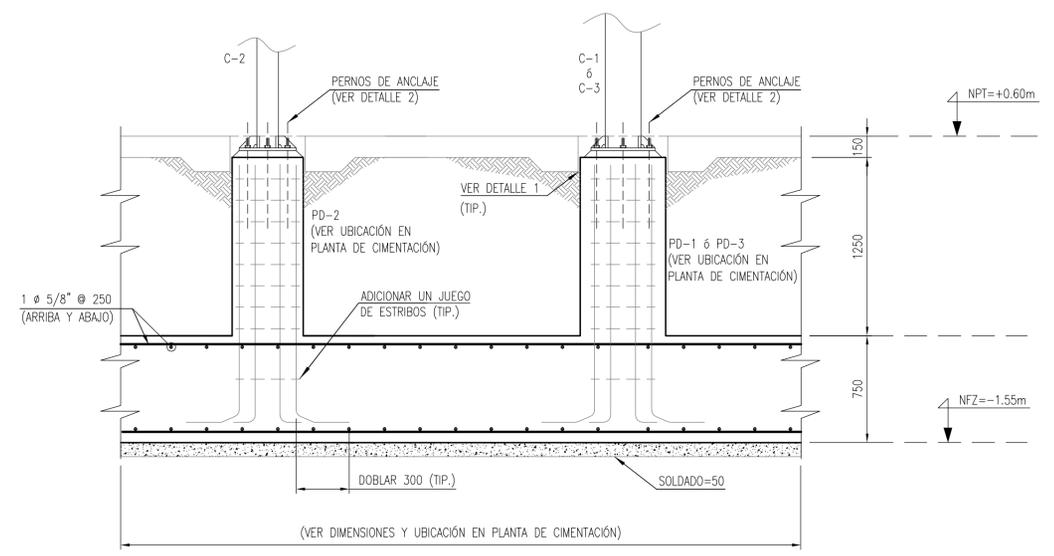
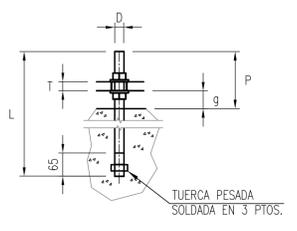
ANEXO 06: PLANTA DE CIMENTACIÓN DE LA TORRE 1



DIMENSIONES DE PERNOS DE ANCLAJE

PERNO	D	T	g	L	P	CALIDAD
PA-1	1"	19	50	900	130	A193 - B7
PA-2	3/4"	19	50	900	130	A193 - B7

NOTA: LA COLOCACIÓN DE LOS PERNOS DE ANCLAJE DEBERÁ SER VERIFICADA CON TOPOGRAFÍA



T1

* LOS EJES ESTRUCTURALES DEBERÁN SER CORROBORADOS SEGÚN LA ESPECIALIDAD DE ARQUITECTURA (VER PLANOS FINALES).
 * LA RESISTENCIA TEÓRICA DE LOS SUELOS DEBERÁ SER VERIFICADA EN CAMPO.

CIMENTACIÓN GENERAL- PLANTA T1
 ESCALA 1:100

- NOTAS:**
- ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
 - ESCALA INDICADA VÁLIDA PARA IMPRESIÓN DE PLANOS EN FORMATO A1.
 - LAS ELEVACIONES Y DIMENSIONES SERÁN VERIFICADAS EN CAMPO.
 - LA ARQUITECTURA HA SIDO PROPORCIONADA POR EL PROPIETARIO.
 - EL ESTUDIO DE SUELOS HA SIDO PROPORCIONADO POR EL PROPIETARIO.
 - TODAS LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO QUE TENGAN CONTACTO DIRECTO CON EL SUELO DEBERÁN SER AISLADAS DEL MISMO POR COLOCACIÓN PREVIA DE UN MANTO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (MANGA PLÁSTICA) A FIN DE PROTEGER LAS ESTRUCTURAS DEL ATAQUE QUÍMICO DEL SUELO.
 - LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LAS ZAPATAS Z-1 Y Z-2 SE ENCUENTRAN EN LOS PLANOS E-01 Y E-02.
 - LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LA CAJA DE ASCENSOR SE ENCUENTRAN EN EL PLANO E-02.

PROYECTO:
EDIFICIOS RESIDENCIALES

PROPIETARIO:

RUC:

PROPIETARIO:

UBICACIÓN:
PASO CHICO CON LOS CEIBOS

DISTRITO:
LURÍN

PROVINCIA:
LIMA

OBSERVACIONES:

NOMBRE DE LA LÁMINA:
**PLANTA DE CIMENTACIÓN
 EDIFICIO T1 Y DETALLES**

REVISADO POR:

FIRMA / SELLO:

RESPONSABLE DEL PROYECTO:
**CÉSAR FAJARDO GALLIANI
 CIP 140987**

FIRMA / SELLO:

ESPECIALIDAD: **ESTRUCTURAS** DIBUJO: **WSH**

FECHA: **30/08/2020** ESCALA: **1/100 ; 1/25** REVISIÓN: **0**

ARCHIVO CAD:
OTC_06-20 PL-E03-Rev0

NOTAS:
 1.-
 2.-

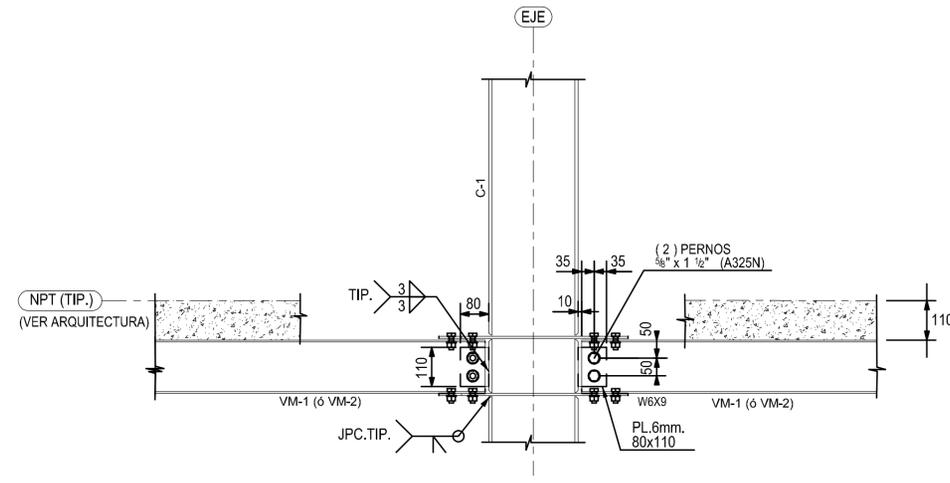
NÚMERO DE PLANO:
E-03

03 DE 39

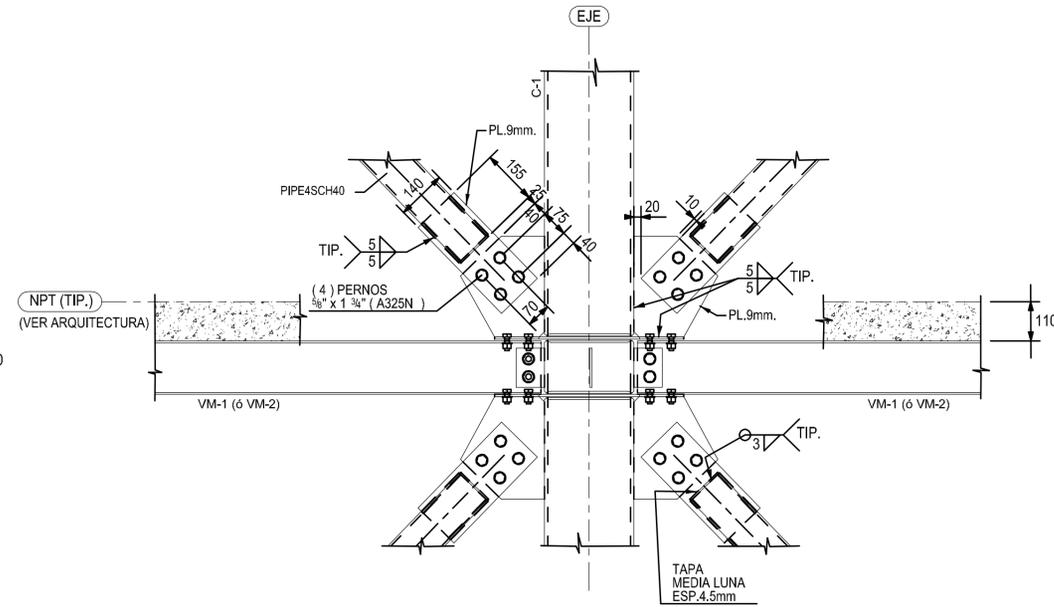
ANEXO 07: DETALLES GENERALES PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS DE LA TORRE 1



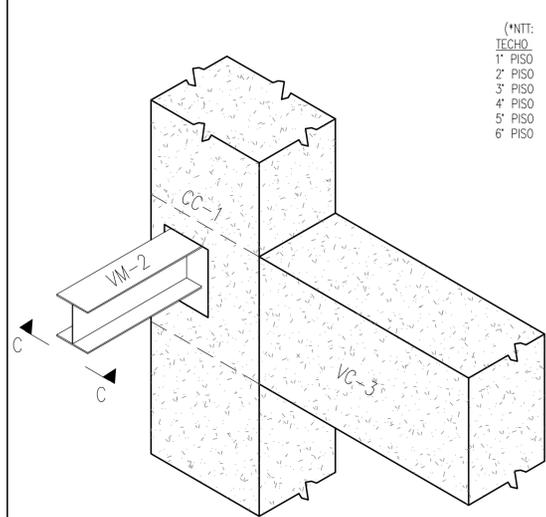
ARROSTRAMIENTO TÍPICO / PLANTA
ESCALA: 1/10



SECCIÓN A-A
ESCALA: 1/10



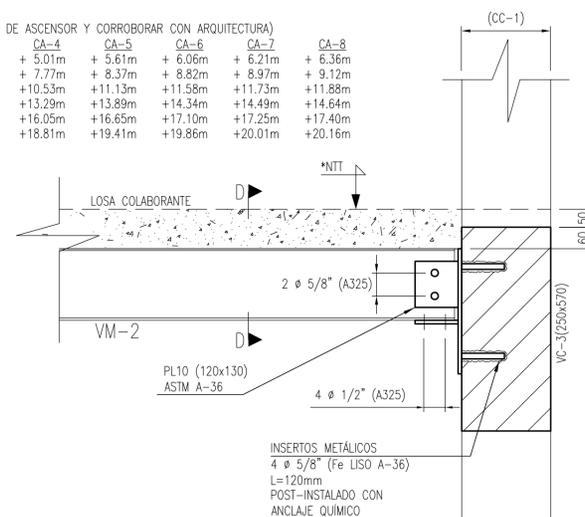
SECCIÓN B-B
ESCALA: 1/10



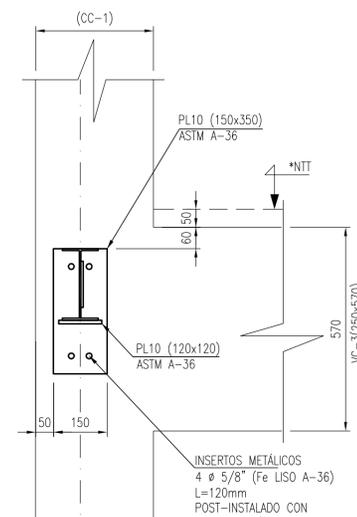
ANCLAJE DE VIGAS METÁLICAS A CAJA DE ASCENSOR
ESCALA: S/E

(*NTT: VER VISTA EN PLANTA DE CADA CAJA DE ASCENSOR Y CORROBORAR CON ARQUITECTURA)

TECHO	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4	CA-5	CA-6	CA-7	CA-8
1° PISO	+ 3.51m	+ 3.81m	+ 4.41m	+ 5.01m	+ 5.61m	+ 6.06m	+ 6.21m	+ 6.36m
2° PISO	+ 6.27m	+ 6.57m	+ 7.17m	+ 7.77m	+ 8.37m	+ 8.82m	+ 8.97m	+ 9.12m
3° PISO	+ 9.03m	+ 9.33m	+ 9.93m	+ 10.53m	+ 11.13m	+ 11.58m	+ 11.73m	+ 11.88m
4° PISO	+ 11.79m	+ 12.09m	+ 12.69m	+ 13.29m	+ 13.89m	+ 14.34m	+ 14.49m	+ 14.64m
5° PISO	+ 14.55m	+ 14.85m	+ 15.45m	+ 16.05m	+ 16.65m	+ 17.10m	+ 17.25m	+ 17.40m
6° PISO	+ 17.31m	+ 17.61m	+ 18.21m	+ 18.81m	+ 19.41m	+ 19.86m	+ 20.01m	+ 20.16m



SECCIÓN C-C
ESCALA: 1/10



SECCIÓN D-D
ESCALA: 1/10

ESPECIFICACIONES PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS

ACERO: *PLANCHAS, PERFILES W, CANALES Y ÁNGULOS CALIDAD ASTM A-36 Fy=36 Ksi (PARA VIGAS Y CONEXIONES)
*TUBOS ASTM A500 GrA (PARA COLUMNAS)

SOLDADURA: ELECTRODOS E-060XX
JUNTAS PRECALIFICADAS AWS

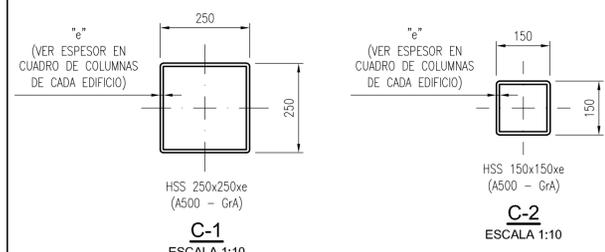
PINTURA: ARENADO COMERCIAL
UNA CAPA DE PINTURA EPÓXICA (JET 70MP O SIMILAR) DE 3 MILS
UNA CAPA FINAL DE ACABADO EPÓXICO (FASAMTIC 850 O SIMILAR) DE 5 MILS

PERNOS: ASTM A325 Y ASTM A307

INSERTOS: VARILLAS A36 ROSCADAS EN EXTREMOS
VARILLAS ASTM A193 B7 ROSCADAS EN EXTREMOS

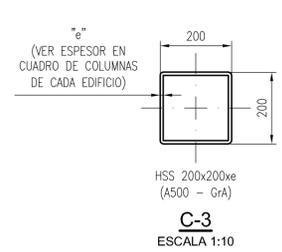
NOTAS:

- ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
- ESCALA INDICADA VÁLIDA PARA IMPRESIÓN DE PLANOS EN FORMATO A1.
- LAS ELEVACIONES Y DIMENSIONES SERÁN VERIFICADAS EN CAMPO.
- LA ARQUITECTURA HA SIDO PROPORCIONADA POR EL PROPIETARIO.
- TODOS LOS NIVELES Y POSICIÓN DE EJES DEBEN SER CORROBORADOS CON LA ÚLTIMA VERSIÓN DE LA ARQUITECTURA.
- LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LA CAJA DE ASCENSOR SE ENCUENTRAN EN EL PLANO E-02.
- EN GENERAL LAS CONEXIONES SERÁN SOLDADAS EN TALLER Y EMPERNADAS EN OBRA, SALVO QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EXPRESAMENTE EN LOS PLANOS DEL PROYECTO.

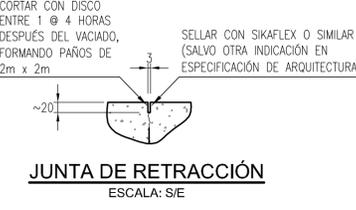
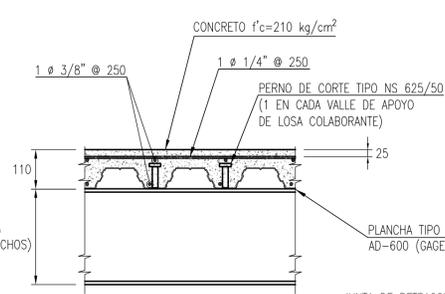


C-1
ESCALA 1:10

C-2
ESCALA 1:10



C-3
ESCALA 1:10



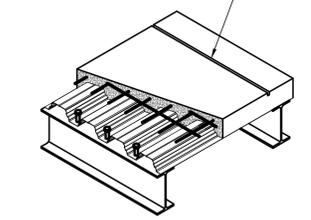
JUNTA DE RETRACCIÓN
ESCALA: S/E

CUADRO DE COLUMNAS

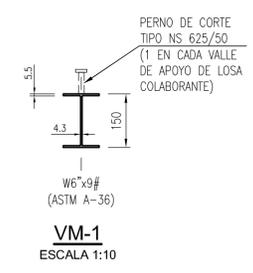
	C-1	C-2	C-3
1° PISO	HSS250x250x9.0mm	HSS150x150x9.0mm	HSS200x200x9.0mm
2° PISO	HSS250x250x9.0mm	HSS150x150x9.0mm	HSS200x200x9.0mm
3° PISO	HSS250x250x9.0mm	HSS150x150x9.0mm	HSS200x200x9.0mm
4° PISO	HSS250x250x4.5mm	HSS150x150x6.0mm	HSS200x200x6.0mm
5° PISO	HSS250x250x4.5mm	HSS150x150x4.5mm	HSS200x200x4.5mm
6° PISO	HSS250x250x4.5mm	HSS150x150x4.5mm	HSS200x200x4.5mm

CUADRO DE ARRIOSTRES

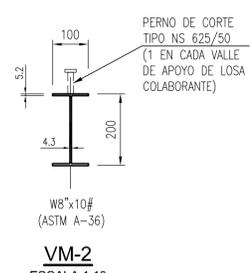
	AR-1	AR-2
1° PISO	SCH40 / D=4"	SCH40 / D=3"
2° PISO	SCH40 / D=4"	SCH40 / D=3"
3° PISO	SCH40 / D=4"	SCH40 / D=3"
4° PISO	SCH40 / D=3"	SCH40 / D=3"
5° PISO	SCH40 / D=3"	SCH40 / D=3"
6° PISO	SCH40 / D=3"	SCH40 / D=3"



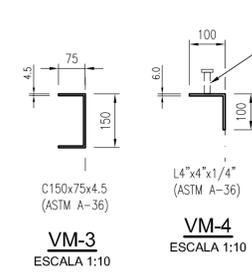
LOSA COLABORANTE (TÍPICA)
ESCALA: S/E



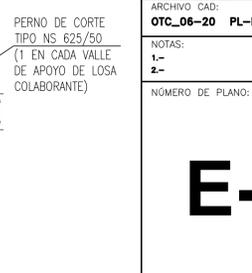
VM-1
ESCALA 1:10



VM-2
ESCALA 1:10



VM-3
ESCALA 1:10



VM-4
ESCALA 1:10

PROYECTO:
EDIFICIOS RESIDENCIALES

PROPIETARIO:

RUC:

PROPIETARIO:

UBICACIÓN:
PASO CHICO CON LOS CEIBOS

DISTRITO:
LURÍN

PROVINCIA:
LIMA

OBSERVACIONES:

NOMBRE DE LA LÁMINA:
DETALLES GENERALES PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS Y ANCLAJE EN CAJA DE ASCENSOR

REVISADO POR:

FIRMA / SELLO:

REVISADO POR:

FIRMA / SELLO:

REVISADO POR:

FIRMA / SELLO:

RESPONSABLE DEL PROYECTO:
CÉSAR FAJARDO GALLIANI
CIP 140987

FIRMA / SELLO:

ESPECIALIDAD: **ESTRUCTURAS** DIBUJO: **WSH**

FECHA: **30/08/2020** ESCALA: **INDICADA** REVISIÓN: **0**

ARCHIVO CAD: **OTC_08-20 PL-E15-Rev0**

NOTAS:

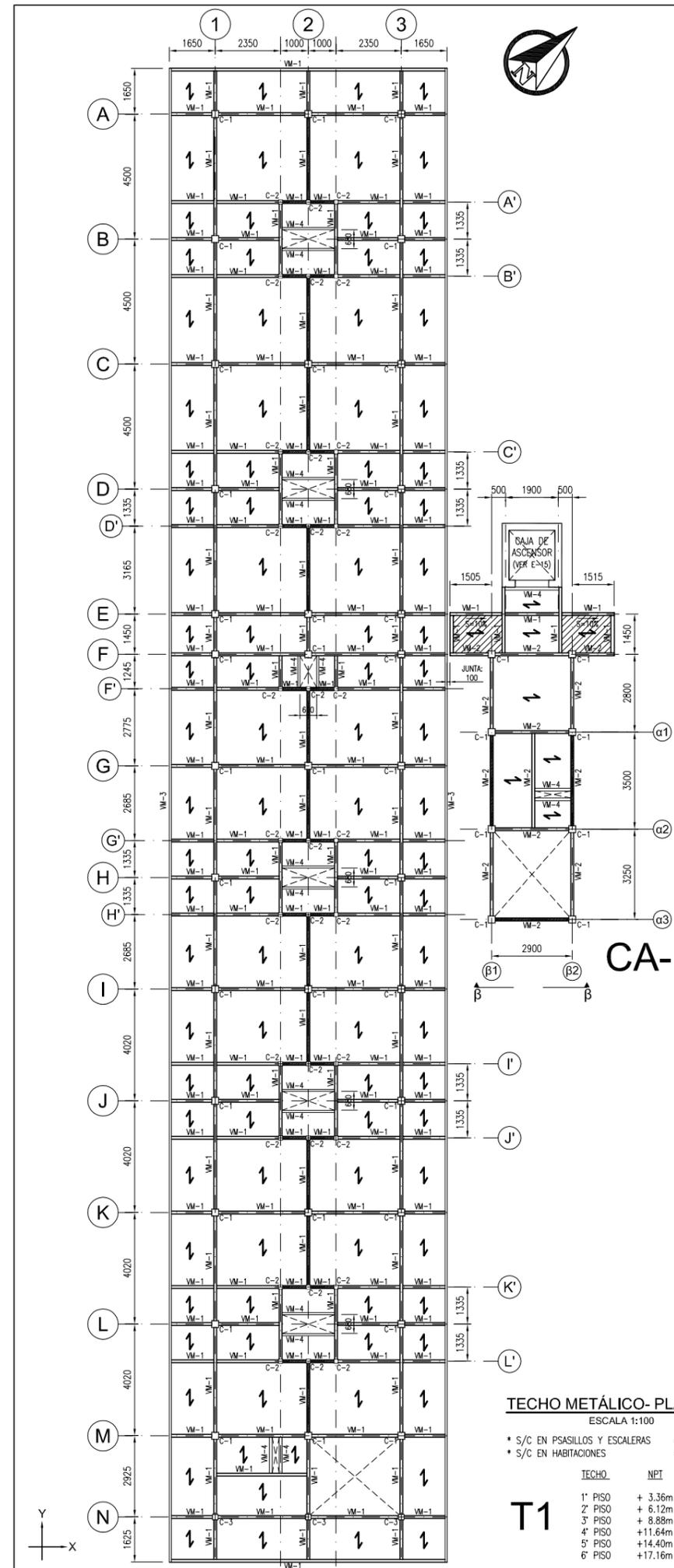
1.-

2.-

NÚMERO DE PLANO:
E-15

15 DE 39

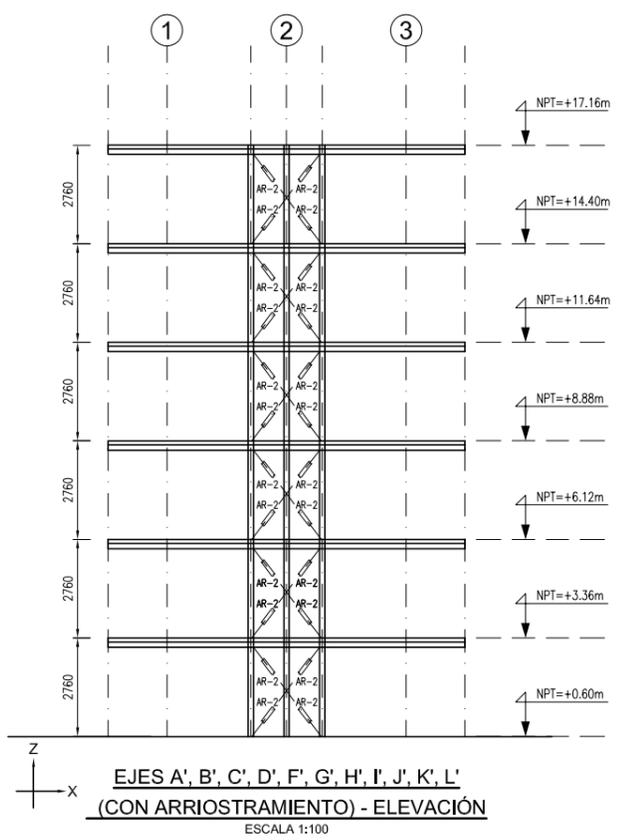
ANEXO 08: PLANTA DE TECHOS Y ESTRUCTURA METÁLICA DE LA TORRE 1



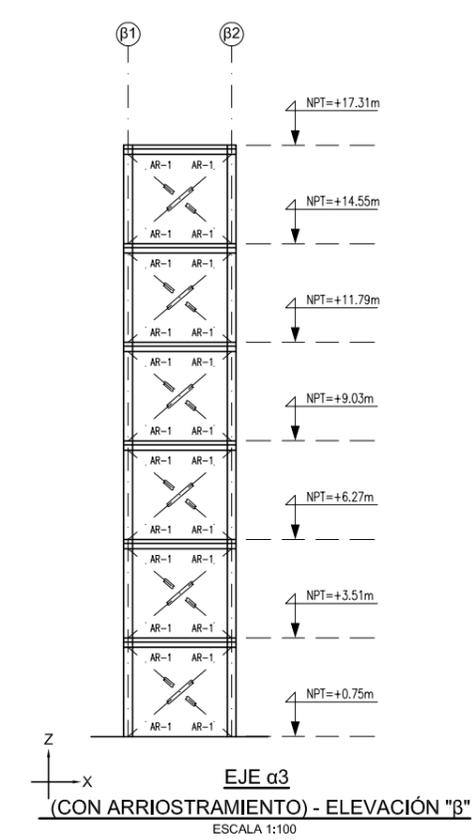
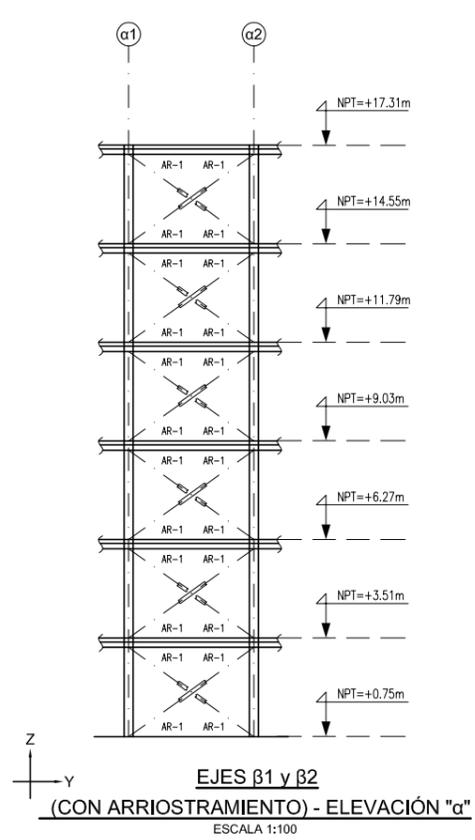
TECHO METÁLICO- PLANTA T1
ESCALA 1:100

* S/C EN PASILLOS Y ESCALERAS = 400 kg/m²
* S/C EN HABITACIONES = 200 kg/m²

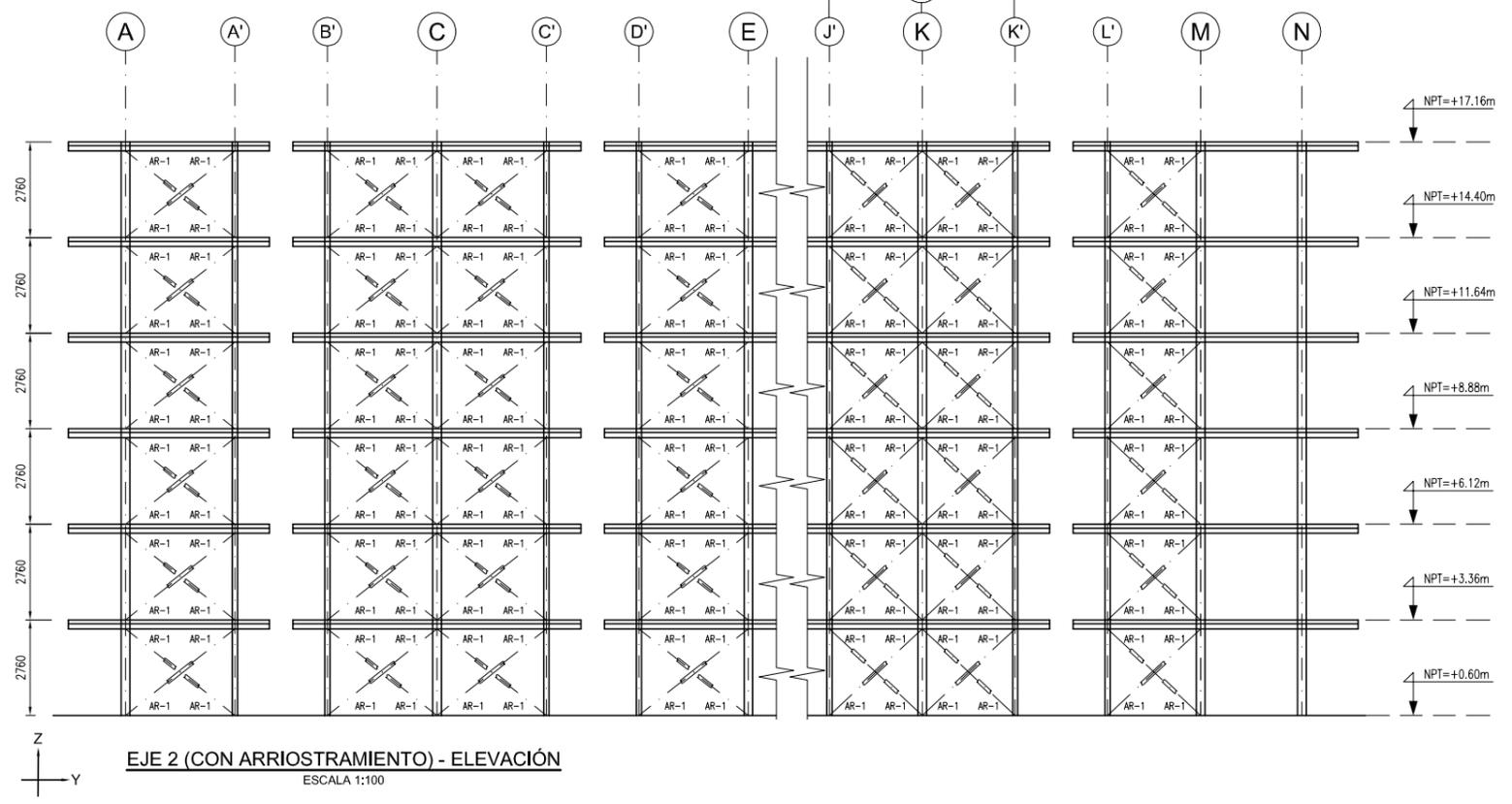
TECHO	NPT
1° PISO	+ 3.36m
2° PISO	+ 6.12m
3° PISO	+ 8.88m
4° PISO	+11.64m
5° PISO	+14.40m
6° PISO	+17.16m



NOTA:
LA CAJA DE ESCALERA SÓLO CONSISTE EN LA ESTRUCTURA PRINCIPAL, PREPARADA PARA SOPORTAR LAS CARGAS DE SERVICIO. LA DEFINICIÓN DEL MATERIAL Y LA GEOMETRÍA DE ACABADO DE LA ESCALERA SERÁ MOSTRADA EN LA ARQUITECTURA.



- NOTAS:**
- ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
 - ESCALA INDICADA VÁLIDA PARA IMPRESIÓN DE PLANOS EN FORMATO A1.
 - LAS ELEVACIONES Y DIMENSIONES SERÁN VERIFICADAS EN CAMPO.
 - LA ARQUITECTURA HA SIDO PROPORCIONADA POR EL CLIENTE.
 - LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LA CAJA DE ASCENSOR SE ENCUENTRAN EN EL PLANO E-02.
 - LOS DETALLES DE SECCIONES DE COLUMNAS, VIGAS, ARRIOSTRES Y LOSA COLABORANTE, SE ENCUENTRAN EN EL PLANO E-15.
 - ESTE PLANO SE COMPLEMENTA CON EL PLANO DE CIMENTACIONES E-03.



PROYECTO:
EDIFICIOS RESIDENCIALES

CLIENTE:

RUC:

PROPIETARIO:

UBICACIÓN:
PASO CHICO CON LOS CEIBOS

DISTRITO:
LURÍN

PROVINCIA:
LIMA

OBSERVACIONES:

NOMBRE DE LA LÁMINA:
PLANTA DE TECHOS, ELEVACIONES Y DETALLES EDIFICIO T1

REVISADO POR:

FIRMA / SELLO:

REVISADO POR:

FIRMA / SELLO:

REVISADO POR:

FIRMA / SELLO:

RESPONSABLE DEL PROYECTO:
CÉSAR FAJARDO GALLIANI
CIP 140987

FIRMA / SELLO:

ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS	DIBUJO: WSH
FECHA: 30/08/2020	ESCALA: 1/100
REVISIÓN: 0	

ARCHIVO CAD:
OTC_06-20 PL-E16-Rev0

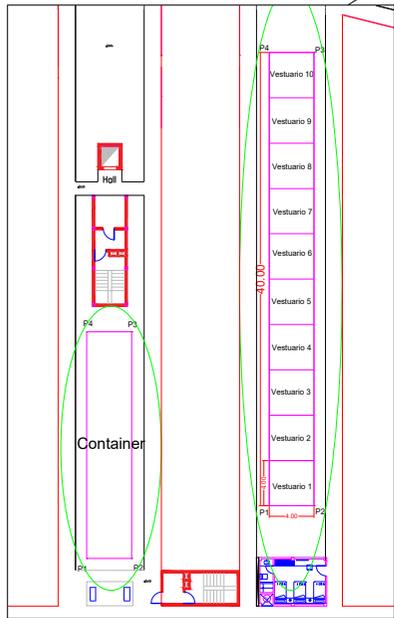
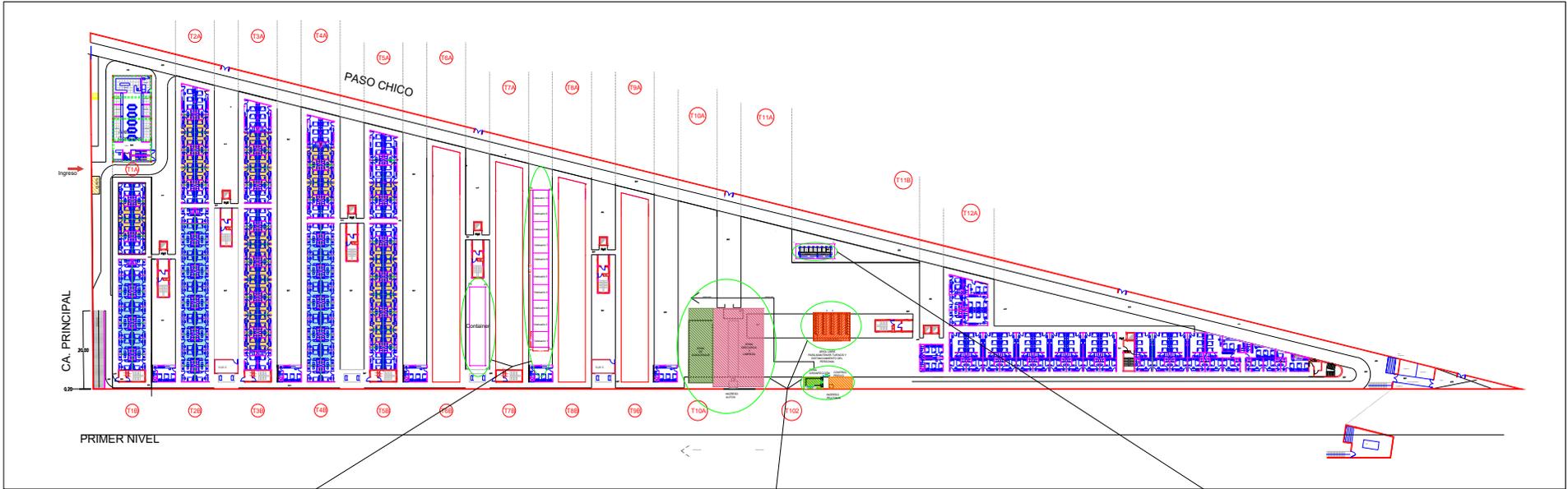
NOTAS:
1.-
2.-

NÚMERO DE PLANO:
E-16

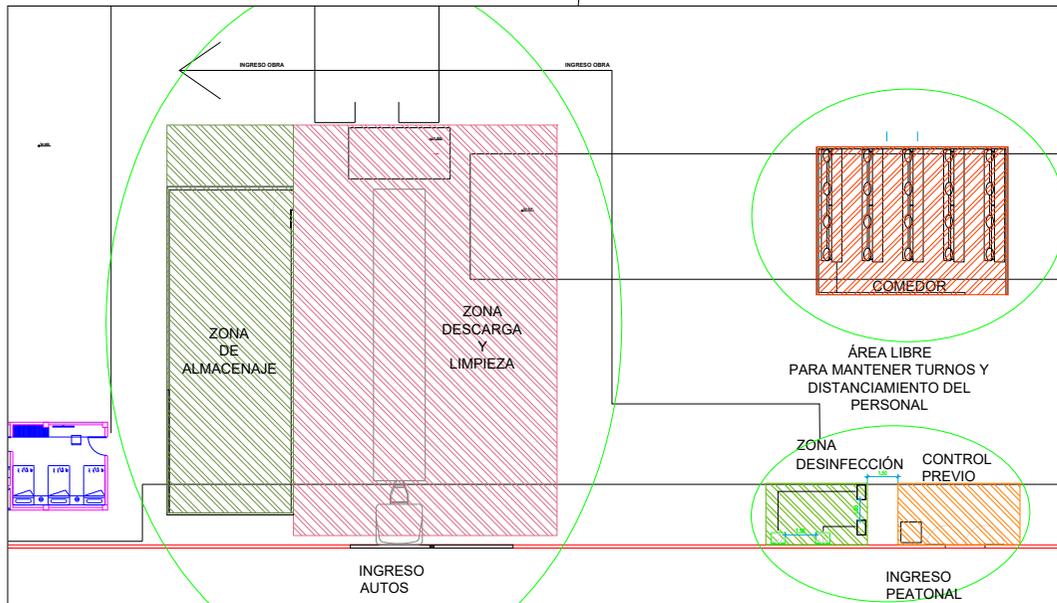
16 DE 39

ANEXO 09: DISTRIBUCIÓN EN OBRA PARA LA PRIMERA ETAPA - EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS

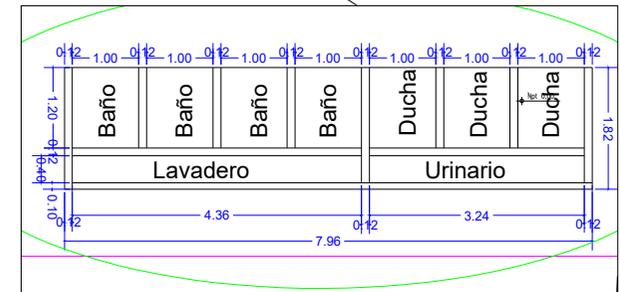
ESQUEMA GENERAL



VESTUARIO Y OFICINA



ZONA DE INGRESO



BAÑO

ANEXO 10: ETAPAS DEL PROYECTO - EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS

PROYECTO RESIDENCIAL DE EDIFICACIONES DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

Etapas del proyecto de edificaciones con estructuras metálicas			
Etapa	Descripción de objetivos	Plazo	Comentarios
I	Construcción total de torre 1 -Estructuras metálicas hasta torre 9 (cimentación, columnas y vigas) - Obras generales (Para el funcionamiento de la torre 1)	36 semanas calendario (31.5 % avance total)	-Las obras generales incluyen el tanque cisterna, subestaciones eléctricas, sistema de desagüe y alcantarillado; necesarios para que funcione la torre 1. -La construcción total es con amoblado incluido, con cuartos funcionando al 100 %.
II	Construcción total hasta torre 5 y de edificio de áreas comunes - Estructuras metálicas hasta torre 11 - Obras generales (para el funcionamiento hasta la torre 5 y del edificio de áreas comunes)	39 semanas calendario (36 % avance total - 67.5 % avance acumulado)	-Para esta etapa también se incluyen en obras generales, las vías internas, cerco, áreas verdes, ingresos, etc.; necesarios para que funcione el conjunto residencial hasta la torre 5. -El edificio de áreas comunes funcionará para operar con las 5 torres.
III	Construcción total hasta torre 9 - Estructuras metálicas hasta torre 12	18 semanas calendario (16.5 % avance total - 84 % avance acumulado)	-Para esta y las anteriores etapas, la construcción hasta estructuras metálicas no incluye la losa de la edificación, ya que para realizarla se debe instalar las conexiones eléctricas y sanitarias embebidas en esta, dejando estas especialidades para una posterior etapa.
IV	Construcción total restante del proyecto	15 semanas calendario (16 % avance total - 100 % avance acumulado)	-Conjunto residencial operando al 100 %.

ANEXO 11: CRONOGRAMA GENERAL - EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	2020												Semestre 2, 2020												Semestre 1, 2021												Semestre 2, 2021												Semestre 1, 2022												Semestre 2, 2022												Sem																								
						A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E																																																															
0	0	Edificaciones residenciales con estructuras metálicas	631 días	lun 17/08/20	jue 15/09/22	17/08/20																																																												15/09/22																																				
1	1	Inicio	0 días	lun 17/08/20	lun 17/08/20	◆ 17/08/20																																																																																																
2	2	Obras Generales	437 días	mar 02/02/21	mié 13/07/22													02/02/21												13/07/22																																																																								
3	3	Torre 1	209 días	lun 17/08/20	jue 22/04/21	17/08/20												22/04/21																																																																																				
4	4	Torre 2	230 días	vie 09/10/20	sáb 10/07/21	09/10/20												10/07/21																																																																																				
5	5	Torre 3	307 días	mié 09/09/20	lun 13/09/21	09/09/20												13/09/21																																																																																				
6	6	Torre 4	300 días	jue 19/11/20	mar 16/11/21	19/11/20												16/11/21																																																																																				
7	7	Torre 5	307 días	lun 18/01/21	lun 24/01/22													18/01/21												24/01/22																																																																								
8	8	Torre 6	359 días	lun 07/12/20	lun 14/02/22	07/12/20												14/02/22																																																																																				
9	9	Torre 7	335 días	vie 12/02/21	mié 23/03/22													12/02/21												23/03/22																																																																								
10	10	Torre 8	344 días	jue 11/03/21	lun 02/05/22													11/03/21												02/05/22																																																																								
11	11	Torre 9	377 días	vie 26/02/21	vie 27/05/22													26/02/21												27/05/22																																																																								
12	12	Torre 10	380 días	mié 24/03/21	sáb 25/06/22													24/03/21												25/06/22																																																																								
13	13	Torre 11	377 días	mié 28/04/21	mar 26/07/22													28/04/21												26/07/22																																																																								
14	14	Torre 12	393 días	vie 28/05/21	jue 15/09/22													28/05/21												15/09/22																																																																								
15	15	Ascensor 1	115 días	lun 04/01/21	jue 20/05/21	04/01/21												20/05/21																																																																																				
16	16	Ascensor 2	114 días	mar 02/03/21	vie 16/07/21													02/03/21												16/07/21																																																																								
17	17	Ascensor 3	130 días	mié 21/04/21	vie 24/09/21													21/04/21												24/09/21																																																																								
18	18	Ascensor 4	172 días	mié 21/04/21	lun 15/11/21													21/04/21												15/11/21																																																																								
19	19	Ascensor 5	191 días	jue 10/06/21	vie 28/01/22													10/06/21												28/01/22																																																																								
20	20	Ascensor 6	233 días	jue 10/06/21	vie 18/03/22													10/06/21												18/03/22																																																																								
21	21	Ascensor 7-8	251 días	sáb 31/07/21	sáb 28/05/22													31/07/21												28/05/22																																																																								
22	22	Ascensor 9	304 días	sáb 31/07/21	mar 02/08/22													31/07/21												02/08/22																																																																								
23	23	Areas Comunes	300 días	jue 01/04/21	mié 30/03/22													01/04/21												30/03/22																																																																								
24	24	FIN	0 días	mié 31/08/22	mié 31/08/22																																																																																					◆ 31/08/22												

Proyecto: Edificaciones residenc	Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo	
	División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite	
	Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Progreso	
	Resumen		Tarea manual		solo fin		Progreso manual	
	Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas			

ANEXO 12: CRONOGRAMA DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA TORRE 1

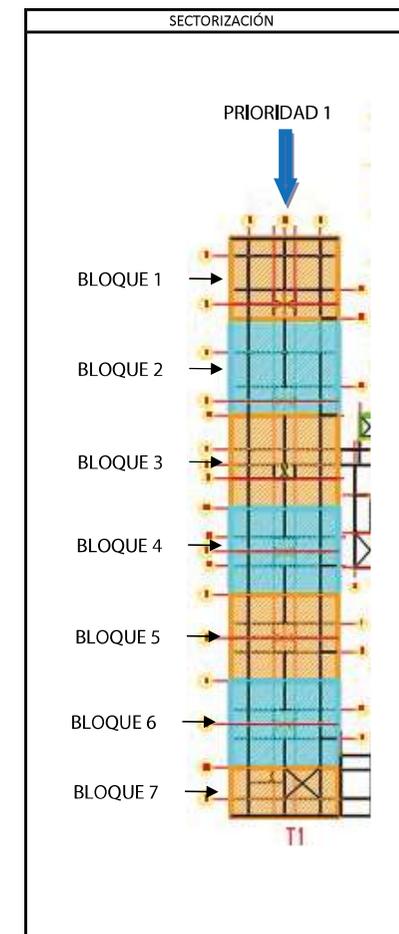
ANEXO 13: TREN DE ACTIVIDADES DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA TORRE 1

PROGRAMACIÓN POR TREN DE ACTIVIDADES

OBRA: EDIFICIO RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS PREFABRICADAS METÁLICAS - TORRE 1
 PROGRAMACIÓN: ESTRUCTURA
 FECHA: AGOSTO - 2020
 ELABORADO POR: SANTIAGO TORBISCO

LEYENDA	
Sik	i: i-ésimo sector o bloque i=1,2,3,4,5,6,7 Kk: k-ésimo nivel o piso k=1,2,3,4,5,6

ACTIVIDAD	SEMANA 1 (17-08 al 22-08)						SEMANA 2 (24-08 al 29-08)						SEMANA 3 (31-08 al 05-09)									
	LU	MA	MI	JU	VI	SA	LU	MA	MI	JU	VI	SA	LU	MA	MI	JU	VI	SA				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
EXCAVACIÓN DE MATERIAL SUELTO	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7															
RELLENO COMPACTADO												S1	S2	S2	S3	S3	S4	S4	S5	S5	S6	
ELIMINACIÓN DE MATERIAL					S1-S4	S5-S7																
SOLADO e=5 cm			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7													
CONCRETO - FALSO PISO																						
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - FALSO PISO																						
CONCRETO - ZAPATAS							S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7									
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - ZAPATA						S1	S2	S3	S3	S4	S4	S5	S5	S6	S6	S7						
ACERO PREARMADO / ACEDIM - ZAPATA				S1	S2	S3	S4	S4	S5	S5	S6	S7										
CONCRETO - VIGA DE CIMENTACIÓN						S1	S2	S3	S3	S4	S4	S5	S5	S6	S7							
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - VIGA DE CIMENTACIÓN						S1	S2	S3	S3	S4	S4	S5	S5	S6	S7							
ACERO ACEDIM - VIGA DE CIMENTACIÓN				S1	S2	S3	S4	S4	S5	S5	S6	S7										
CONCRETO - COLUMNA									S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7							
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - COLUMNA									S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7							
ACERO PREARMADO - COLUMNA				S1	S2	S3	S4	S4	S5	S5	S6	S7										
PERNOS DE ANLAJE - COLUMNA									S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7							
CONCRETO - LOSAS COLABORANTES																						
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - LOSAS COLABORANTES																						
ACERO DE REFUERZO - LOSA COLABORANTES																						
INSTALACIÓN DE PLACAS COLABORANTES																						
MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS																S1	S1	S1				
RESANE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS																						

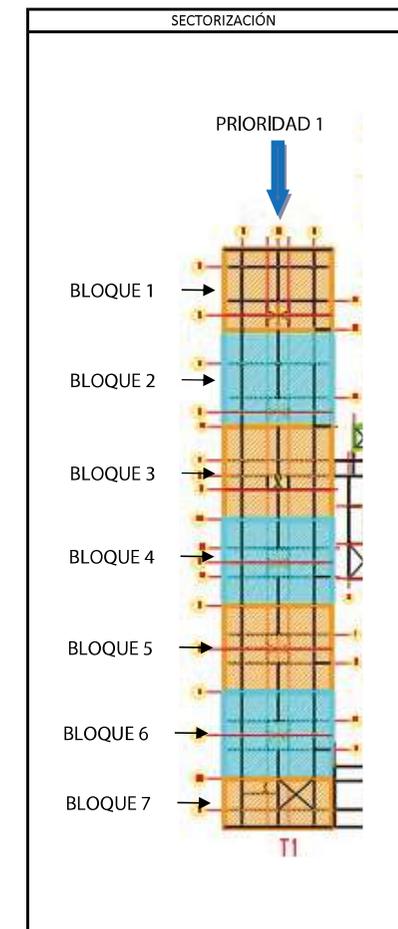


PROGRAMACIÓN POR TREN DE ACTIVIDADES

OBRA: EDIFICIO RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS PREFABRICADAS METÁLICAS - TORRE 1
 PROGRAMACIÓN: ESTRUCTURA
 FECHA: AGOSTO - 2020
 ELABORADO POR: SANTIAGO TORBISCO

LEYENDA	
Sik	i: i-ésimo sector o bloque i=1,2,3,4,5,6,7 Kk: k-ésimo nivel o piso k=1,2,3,4,5,6

ACTIVIDAD	SEMANA 4 (07-09 al 12-09)						SEMANA 5 (14-09 al 19-09)						SEMANA 6 (21-09 al 26-09)									
	LU	MA	MI	JU	VI	SA	LU	MA	MI	JU	VI	SA	LU	MA	MI	JU	VI	SA				
EXCAVACIÓN DE MATERIAL SUELTO																						
RELLENO COMPACTADO	S6	S7																				
ELIMINACIÓN DE MATERIAL																						
SOLADO e=5 cm																						
CONCRETO - FALSO PISO									S1-S4	S5-S7												
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - FALSO PISO								S1-S7														
CONCRETO - ZAPATAS																						
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - ZAPATA																						
ACERO PREARMADO / ACEDIM - ZAPATA																						
CONCRETO - VIGA DE CIMENTACIÓN																						
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - VIGA DE CIMENTACIÓN																						
ACERO ACEDIM - VIGA DE CIMENTACIÓN																						
CONCRETO - COLUMNA																						
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - COLUMNA																						
ACERO PREARMADO - COLUMNA																						
PERNOS DE ANCLAJE - COLUMNA																						
CONCRETO - LOSAS COLABORANTES																						
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - LOSAS COLABORANTES																						
ACERO DE REFUERZO - LOSA COLABORANTES																						
INSTALACIÓN DE PLACAS COLABORANTES																						
MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	S1	S2	S2	S2	S2	S3	S3	S3	S3	S4	S4	S4	S4	S5	S5	S5	S5	S6	S6	S6	S6	
RESANE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS																						

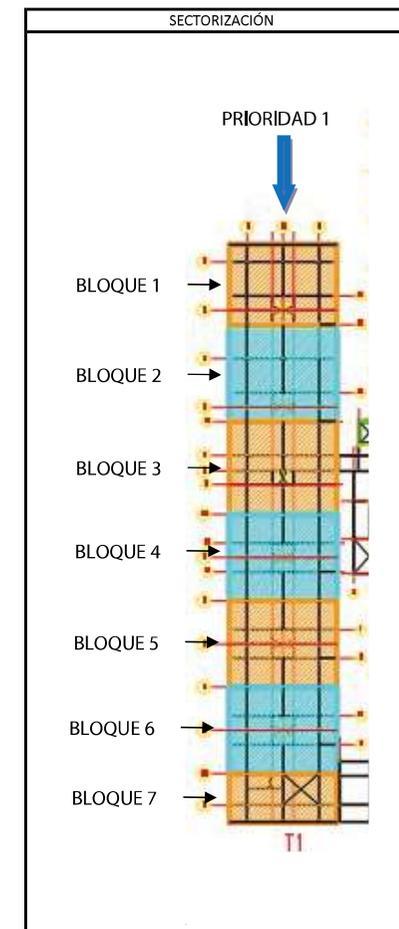


PROGRAMACIÓN POR TREN DE ACTIVIDADES

OBRA: EDIFICIO RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS PREFABRICADAS METÁLICAS - TORRE 1
 PROGRAMACIÓN: ESTRUCTURA
 FECHA: AGOSTO - 2020
 ELABORADO POR: SANTIAGO TORBISCO

LEYENDA	
Sik	i: i-ésimo sector o bloque i=1,2,3,4,5,6,7 Kk: k-ésimo nivel o piso k=1,2,3,4,5,6

ACTIVIDAD	SEMANA 10 (19-10 al 24-10)						SEMANA 11 (26-10 al 31-10)						SEMANA 12 (02-11 al 07-11)					
	LU	MA	MI	JU	VI	SA	LU	MA	MI	JU	VI	SA	LU	MA	MI	JU	VI	SA
EXCAVACIÓN DE MATERIAL SUELTO																		
RELLENO COMPACTADO																		
ELIMINACIÓN DE MATERIAL																		
SOLADO e=5 cm																		
CONCRETO - FALSO PISO																		
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - FALSO PISO																		
CONCRETO - ZAPATAS																		
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - ZAPATA																		
ACERO PREARMADO / ACEDIM - ZAPATA																		
CONCRETO - VIGA DE CIMENTACIÓN																		
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - VIGA DE CIMENTACIÓN																		
ACERO ACEDIM - VIGA DE CIMENTACIÓN																		
CONCRETO - COLUMNA																		
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - COLUMNA																		
ACERO PREARMADO - COLUMNA																		
PERNOS DE ANCLAJE - COLUMNA																		
CONCRETO - LOSAS COLABORANTES	S13-S33	S43-S73			S14-S34	S44-S74			S15-S35	S45-S75			S16-S36	S46-S76				
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - LOSAS COLABORANTES	S14-S74						S15-S75	S16-S76										
ACERO DE REFUERZO - LOSA COLABORANTES			S15-S75	S16-S76														
INSTALACIÓN DE PLACAS COLABORANTES																		
MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS																		
RESANE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS																		



ANEXO 14: PLAN DE PUNTOS DE INSPECCIÓN EN OBRA DE LA TORRE 1 - PARTIDA DE ESTRUCTURAS METÁLICAS



FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA PARA MÓDULOS EN LURIN

SC-PPI-M-310

HOJA:	1-1
EDICIÓN:	0
EMISIÓN:	05.08.2020

PLAN DE PUNTOS DE INSPECCIÓN DE MONTAJE EN OBRA

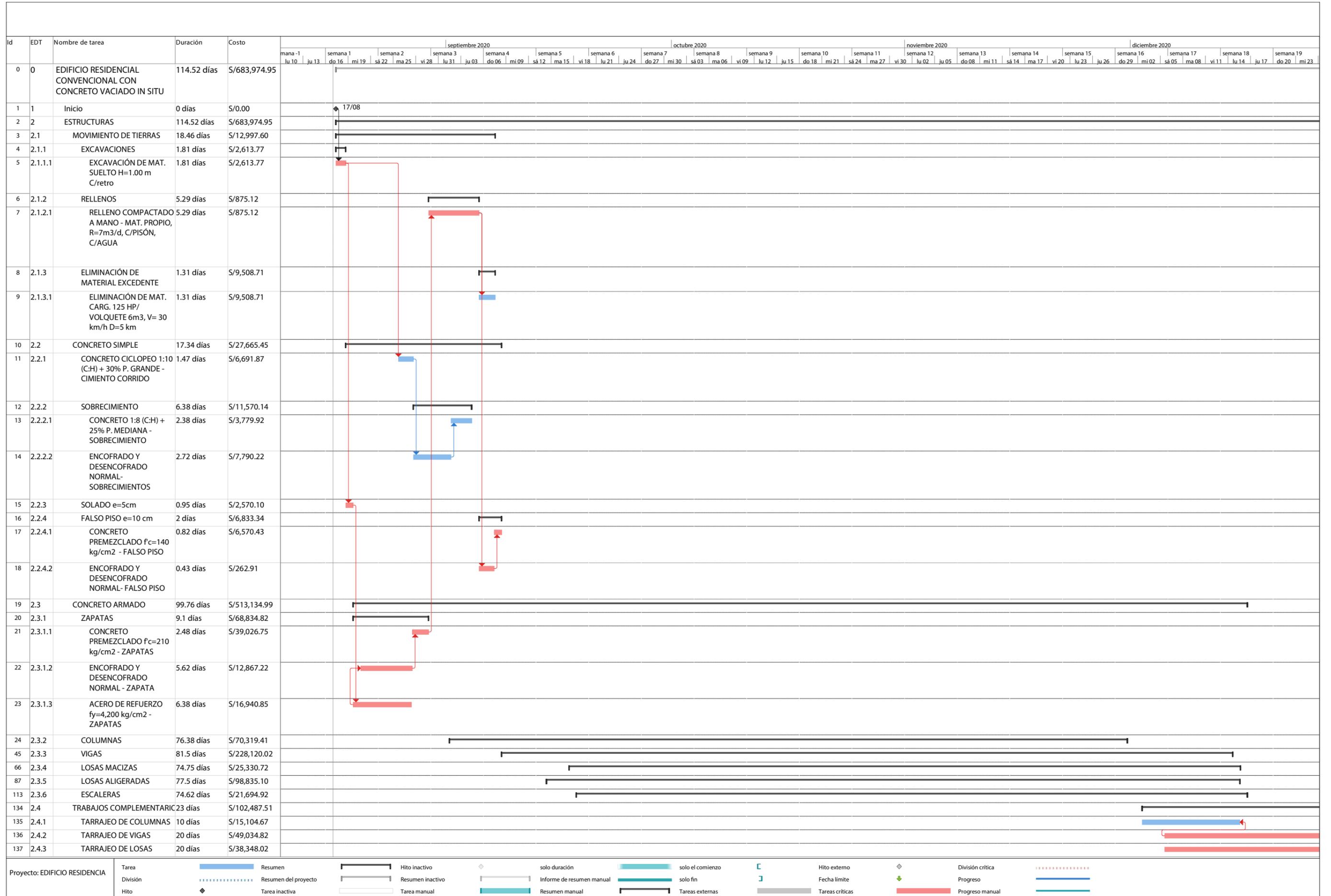
ÍTEM	ETAPA A SER INSPECCIONADA	CARACTERÍSTICAS A INSPECCIONAR	MÉTODO	DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA	CRITERIO DE ACEPTACIÓN	REGISTRO APLICABLE	FRECUENCIA	CONTROL			
								SC			CLIENTE
								SUB.C	QA	QC	
01	Movilización traslado de herramientas, obras provisionales	Cantidad, Certificado de Calidad, Especificaciones Técnicas, Información Técnica.	Visual, Documental, Instrumental.	Listado de Materiales Aprobados, Ordenes de Compra, Guías de Remisión.			Por ingreso de material a obra		V,R	E,A	V,R
02	Descarga de estructuras	Supervisar las actividades a realizar para prevenir daños en las estructuras durante el descargue de estructuras.	Visual, Instrumental, Marcado.	Plan de calidad de montaje, procedimiento de carguío , traslado, despacho y recepción de estructuras metálicas			Todos los elementos estructurales		V,R	E,S	V,R
03	Verificación de obras civiles	Verificar dimensiones de zapata de apoyo para pórticos diagonales	Visual, Instrumental	Planos aprobados para montaje.	ANSI/AISC 303		Todos los elementos estructurales		V,R	E,A	V,R
04	Verificación de distancia entre ejes	Dimensional ,Especificaciones y Certificado de material, Especificaciones técnicas.	Documental, Instrumental, Visual.	Planos aprobados para montaje , especificaciones del proyecto, procedimiento de montaje	ANSI/AISC 303	SC-RC-25	Todos los elementos estructurales		V,R	V,M	V,R
05	Verticalidad	Verificar dimensiones para pórticos diagonales	Visual, Instrumental y Documental.	Planos aprobados para montaje , especificaciones del proyecto, procedimiento de montaje, procedimientos de verticalidad.	ANSI/AISC 303	SC-RC-27	Todos los elementos estructurales		V,R	E,S	V,R
06	Nivelación	Verificar nivel de cota teórica y real	Visual, Instrumental y Documental.	Planos aprobados para montaje, especificaciones del proyecto, procedimiento de montaje, procedimientos de verticalidad.	ANSI/AISC 303	SC-RC-24	Todos los elementos estructurales		V,R	E,S	V,R
07	Alineamiento	Distancia en plano (ejes) Distancia en terreno (ejes)	Visual, Instrumental y Documental.	Planos aprobados para montaje , Especificaciones del Proyecto, procedimiento de montaje, procedimientos de verticalidad.	ANSI/AISC 303	SC-RC-25	Todos los elementos estructurales		V,R	S	V,R
08	Ajuste - Tensión de Pernos	Dimensiones Principales: Largo, ancho, diagonales. Tolerancias	Documental, Visual, Instrumental.	Planos aprobados para construcción	ASTM F3125 Procedimiento / Instructivo específico.	SC-RC-29	Todos los elementos estructurales		V,R	E,S,A	V,R
09	Inspección de resanes de pintura	Condiciones Ambientales, Pintores calificados, Limpieza y preparación de la pintura, espesor de pintura en húmedo.	Visual, documental, instrumental	Especificaciones técnicas del proyecto, plan de calidad, Calificación del pintor, procedimientos de pintura.	1ra.capa: Pintura: JET 62 ZP =4.0 mils. 2da.capa: Pintura : JET 70 MP =4.0 mils. Pintura esp. final:7 mils	SC-RC-50	A todos los elementos estructurales		V,R	E,S,A	V,R
10	Entrega de Dossier de Calidad de Montaje	Revisión de procedimientos, informes, registros, etc.	Documental	Especificaciones técnicas del proyecto, Plan de calidad.	Especificaciones Técnicas		Final de Obra		V,R	E,S,M	V,R,A

OBSERVACIONES

LEYENDA

S	SUPERVISA	V	VERIFICA
E	EJECUTA	T	TESTIGO
A	APRUEBA	R	REVISIÓN
M	MONITOREA		

ANEXO 15: CRONOGRAMA DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU



Proyecto: EDIFICIO RESIDENCIA



ANEXO 16: RESUMEN DE ENCUESTA – ANÁLISIS DE ASPECTOS CUALITATIVOS

ANEXO 31: Resumen de encuesta – Análisis de aspectos Cualitativos

ASPECTOS CUALITATIVOS SOMETIDOS A ENCUESTA		
LISTA DE ASPECTO	ASPECTO	DESCRIPCIÓN
N°1	Conocimiento del sistema (AS)	¿Qué tipo de construcción se ve favorecida al tener el sector construcción (Perú) un mayor conocimiento sobre su ejecución?
N°2	Implementación de metodología BIM (AS)	¿Qué tipo de construcción favorece a la implementación de la metodología BIM?
N°3	Normas Vigentes (AS)	¿Qué tipo de construcción se ve favorecida por tener una normativa que permite un mejor diseño y ejecución?
N°4	Diseño de la cimentación (AS)	¿Qué tipo de construcción favorece al diseño de cimentaciones más eficientes (Dimensiones reducidas)?
N°5	Logística y cadena de suministros (AS)	¿Qué tipo de construcción favorece para tener una mejor logística y cadena de suministro?
N°6	Actividades preliminares (AS)	¿Qué tipo de construcción favorece a mejorar o disminuir la cantidad de actividades preliminares?
N°7	Tabiquería y acabados (AS)	¿Qué tipo de construcción favorece a la implementación de distintos tipos de tabiquería y acabados?
N°8	Flujo de Caja (AS)	¿Qué tipo de construcción favorece para tener un mejor manejo del flujo de caja en obra (Mejor Financiamiento)?
N°9	Estudio Geotécnico (AP)	¿Qué tipo de construcción favorece para tener un mejor estudio geotécnico?
N°10	Diseño Arquitectónico (AP)	¿Qué tipo de construcción favorece para tener un mejor diseño arquitectónico?
N°11	Diseño Estructural (AP)	¿Qué tipo de construcción favorece para tener un mejor diseño estructural (Más seguro y eficiente)?
N°12	Inicio de la Construcción (AP)	¿Qué tipo de construcción favorece para tener un inicio de obra anticipado?
N°13	Seguimiento y control de Calidad (AP)	¿Qué tipo de construcción favorece para tener un mejor control de calidad en obra?
N°14	Durabilidad y mantenimiento (AP)	¿Qué tipo de construcción favorece para tener una mejor durabilidad y mantenimiento (Optimizado y/o reducido)?

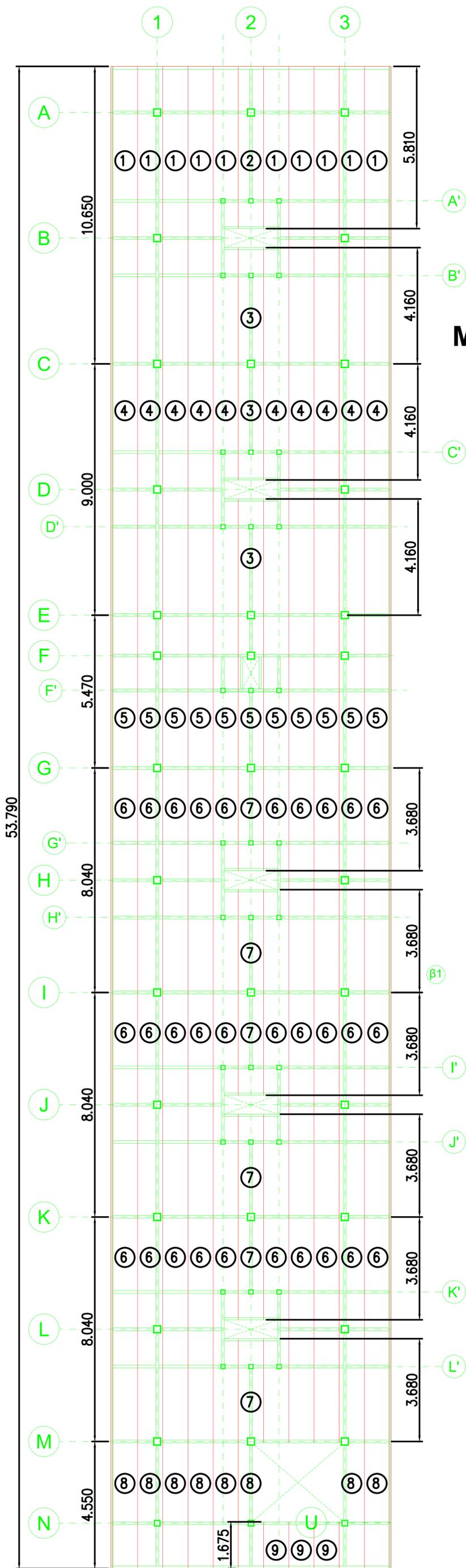
ACTIVIDADES SECUNDARIAS (AS)

ACTIVIDADES PRIMARIAS (AP)

RESUMEN DE ENCUESTA																
ASPECTO	LISTA DE ENCUESTADOS												RESULTADOS			RESULTADO FINAL
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	CS	ID	EM	
ASPECTO 1	CS	EM	CS	ID	CS	EM	ID	EM	CS	ID	EM	CS	5	3	4	CS
ASPECTO 2	EM	EM	CS	EM	CS	EM	EM	EM	CS	CS	EM	ID	4	1	7	EM
ASPECTO 3	CS	EM	CS	ID	EM	EM	ID	EM	ID	ID	ID	EM	2	5	5	EM
ASPECTO 4	CS	CS	ID	ID	CS	EM	EM	CS	ID	CS	EM	EM	5	3	4	CS
ASPECTO 5	CS	EM	CS	EM	CS	EM	EM	EM	CS	CS	ID	CS	6	1	5	CS
ASPECTO 6	CS	EM	ID	EM	EM	CS	EM	EM	CS	CS	ID	ID	4	3	5	EM
ASPECTO 7	CS	CS	ID	CS	CS	CS	EM	CS	CS	ID	CS	ID	8	3	1	CS
ASPECTO 8	CS	EM	ID	EM	ID	CS	ID	EM	CS	CS	EM	CS	5	3	4	CS
ASPECTO 9	ID	CS	ID	ID	CS	CS	ID	CS	ID	ID	ID	ID	4	8	0	ID
ASPECTO 10	CS	CS	EM	CS	EM	CS	ID	CS	ID	EM	EM	EM	5	2	5	ID
ASPECTO 11	ID	EM	EM	ID	CS	CS	EM	EM	EM	EM	EM	EM	2	2	8	EM
ASPECTO 12	ID	EM	ID	EM	EM	CS	EM	ID	ID	EM	EM	EM	1	4	7	EM
ASPECTO 13	ID	EM	EM	EM	EM	CS	EM	ID	ID	EM	ID	EM	1	4	7	EM
ASPECTO 14	CS	EM	ID	CS	EM	CS	EM	ID	CS	CS	CS	CS	7	2	3	CS

CONCRETO IN SITU (CS)
 ESTRUCTURAS METÁLICAS (EM)
 INDISTINTO (ID)

ANEXO 17: MODULADO Y METRADO DE PLACAS COLABORANTES DE LA TORRE 1



METRADO DE PLACAS COLABORANTES Y CONECTORES DE CORTE

MODULO T1						
PERFIL	ITEM	CANT	LONGITUD (m)		AREA DE COBERTURA (m ²)	
			UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
PLACA COLABORANTE AD-600	TP1	60	10.650	639.000	9.585	575.100
PERALTE = 60 mm.	TP2	6	5.810	34.860	5.229	31.374
ANCHO TOTAL = 920 mm.	TP3	18	4.160	74.880	3.744	67.392
ANCHO UTIL = 900 mm.	TP4	60	9.000	540.000	8.1	486.000
CALIBRE = GAGE 22	TP5	66	5.470	361.020	4.923	324.918
ACABADO = GALVANIZADO	TP6	180	8.040	1,447.200	7.236	1,302.480
	TP7	36	3.680	132.480	3.312	119.232
	TP8	48	4.550	218.400	4.095	196.560
	TP9	18	1.675	30.150	1.5075	27.135
					m ² POR EDIFICIO	3,130.191
					m ² POR PISO	521.70

CONECTORES DE CORTE				
TIPO	NS-625 / 300		5/8" x 3"	
	PL	VIGAS	CANTIDAD	TOTAL
METRADO				
UBICACION	PL	VIGAS	CANTIDAD	TOTAL
MODULO TORRE 1				
TP1	60	6.00	4.00	1,440.00
TP2	6	4.00	4.00	96.00
TP3	18	3.00	4.00	216.00
TP4	60	5.00	4.00	1,200.00
TP5	66	4.00	4.00	1,056.00
TP6	180	5.00	4.00	3,600.00
TP7	36	3.00	4.00	432.00
TP8	48	3.00	4.00	576.00
TP9	18	2.00	4.00	144.00
TOTAL (UNIDADES)				8,760.00

TORNILLOS AUTOPERFORANTES				
METRADO				
UBICACION	PL	VIGAS	CANTIDAD	TOTAL
MODULO TORRE 1				
TP1	60	3.00	2.00	360.00
TP2	6	2.00	2.00	24.00
TP3	18	2.00	2.00	72.00
TP4	60	3.00	2.00	360.00
TP5	66	2.00	2.00	264.00
TP6	180	3.00	2.00	1,080.00
TP7	36	2.00	2.00	144.00
TP8	48	2.00	2.00	192.00
TP9	18	2.00	2.00	72.00
TOTAL (UNIDADES)				2,568.00

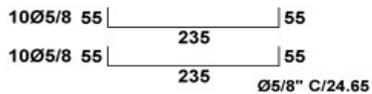
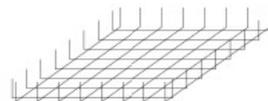
ANEXO 18: METRADO DE ARMADURA METÁLICA EN CIMENTACIÓN DE LA TORRE 1

METRADO DE ACERO PARA LA CIMENTACIÓN DE LA TORRE 1 - Adaptado de planillas de despiece

PARRILLA INFERIOR Z1 - 2.50 X 2.50 MTS (SOLDADO) X 20

Corte de barras:
400Ø5/8 - 345 - 2

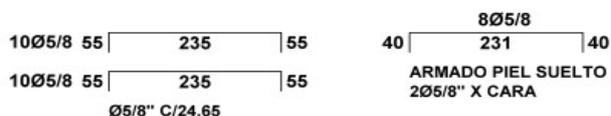
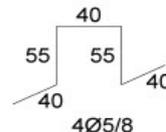
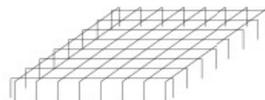
Peso total:
2141.80 kg



PARRILLA SUPERIOR Z1 - 2.50 X 2.50 MTS (ACEDIM) X 20

Corte de barras:
400Ø5/8 - 345 - 2
160Ø5/8 - 311 - 2
Estribadora:
80Ø5/8 - 230 - 4

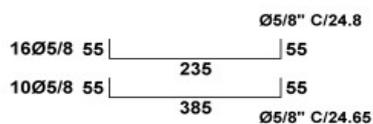
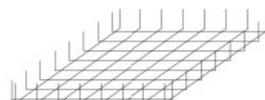
Peso total:
3199.60 kg



PARRILLA INFERIOR Z3 - 2.50 X 4.00 MTS (ACEDIM) X 2

Corte de barras:
20Ø5/8 - 495 - 2
32Ø5/8 - 345 - 2

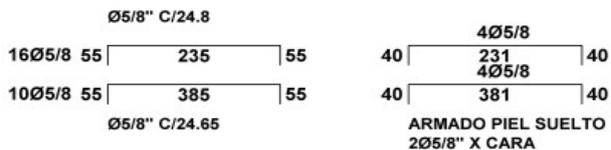
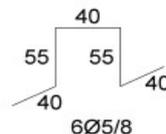
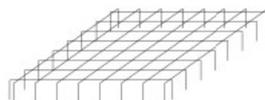
Peso total:
324.98 kg



PARRILLA SUPERIOR Z3 - 2.50 X 4.00 MTS X 2

Corte de barras:
20Ø5/8 - 495 - 2
8Ø5/8 - 461 - 2
32Ø5/8 - 345 - 2
8Ø5/8 - 311 - 2
Estribadora:
80Ø5/8 - 230 - 4

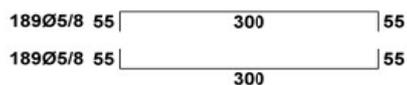
Peso total:
463.68 kg



PLATEA Z4 - 47.16 X 3.15 - TRANSVERSAL Ø5/8\"/>

Corte de barras:
378Ø5/8 - 410 - 2

Peso total:
2405.29 kg

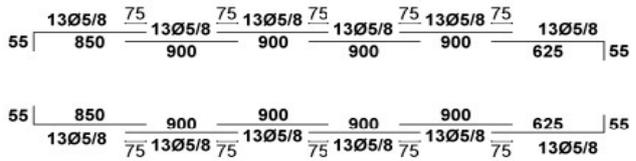


METRADO DE ACERO PARA LA CIMENTACIÓN DE LA TORRE 1 - Adaptado de planillas de despiece

PLATEA Z4 - 47.16 X 3.15 - LONGITUDINAL $\phi 5/8$ " C/25

Corte de barras:
 26 $\phi 5/8$ - 905 - 1
 104 $\phi 5/8$ - 900
 26 $\phi 5/8$ - 680 - 1

Peso total:
2092.25 kg

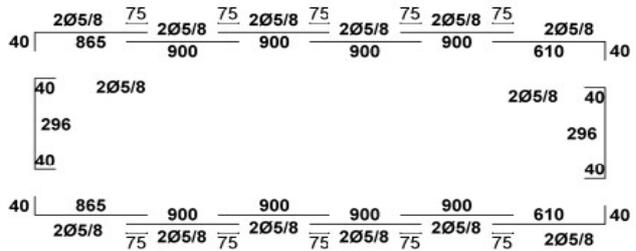


TRASLAPE ALTERNO L=0.75 MTS

PLATEA Z4 - 47.16 X 3.15 - PIEL 2 $\phi 5/8$ " X CARA

Corte de barras:
 4 $\phi 5/8$ - 905 - 1
 16 $\phi 5/8$ - 900
 4 $\phi 5/8$ - 650 - 1
 4 $\phi 5/8$ - 376 - 2

Peso total:
343.36 kg

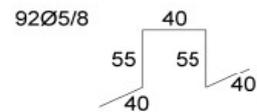


TRASLAPE ALTERNO L=0.75 MTS

PLATEA Z4 - 47.16 X 3.15 - BURRITOS PARA H=0.75 MTS

Estribadora:
 92 $\phi 5/8$ - 230 - 4

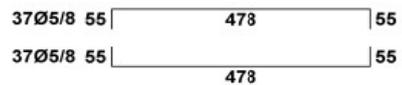
Peso total:
328.40 kg



PLATEA Z5 - 4.93 X 9.20 - TRANSVERSAL $\phi 5/8$ " C/25

Corte de barras:
 74 $\phi 5/8$ - 588 - 2

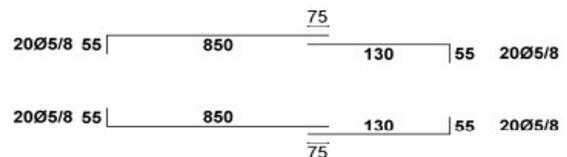
Peso total:
675.31 kg



PLATEA Z5 - 4.93 X 9.20 - LONGITUDINAL $\phi 5/8$ " C/25

Corte de barras:
 40 $\phi 5/8$ - 905 - 1
 40 $\phi 5/8$ - 185 - 1

Peso total:
676.67 kg



TRASLAPE ALTERNO L=0.75 MTS

METRADO DE ACERO PARA LA CIMENTACIÓN DE LA TORRE 1 - Adaptado de planillas de despiece

PLATEA Z5 - 4.93 X 9.20 - PIEL 2Ø5/8" X CARA

Corte de barras:

2Ø5/8 - 920 - 1

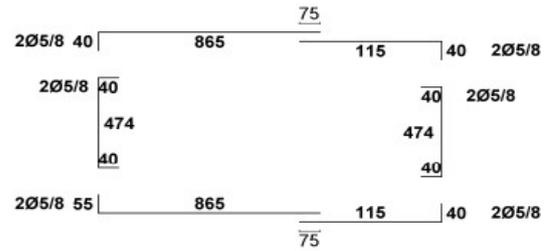
2Ø5/8 - 905 - 1

4Ø5/8 - 554 - 2

4Ø5/8 - 155 - 1

Peso total:

100.66 kg



TRASLAPE ALTERNO L=0.75 MTS

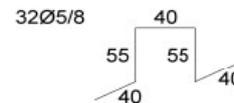
PLATEA Z5 - 4.93 X 9.20 - BURRITOS PARA H=0.75 MTS

Estribadora:

32Ø5/8 - 230 - 4

Peso total:

114.23 kg



VC1 - 0.25 X 0.60 X 7.30 MTS X 7

Corte de barras:

28Ø3/4 - 797 - 2

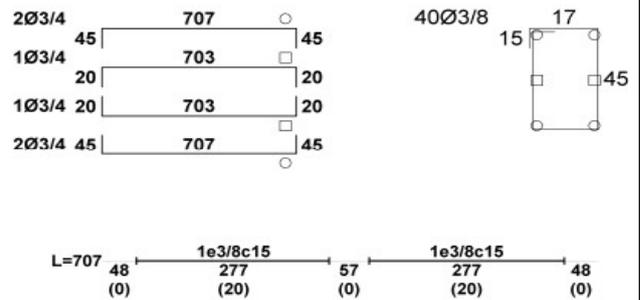
14Ø3/4 - 743 - 2

Estribadora:

280Ø3/8 - 154 - 5

Peso total:

972.72 kg



METRADO DE ACERO PARA PEDESTALES DE LA TORRE 1 - Adaptado de planillas de despiece

PD1 - 0.60 X 0.60 MTS (PREARMADO) X 34

Corte de barras:

408Ø1 - 215 - 1

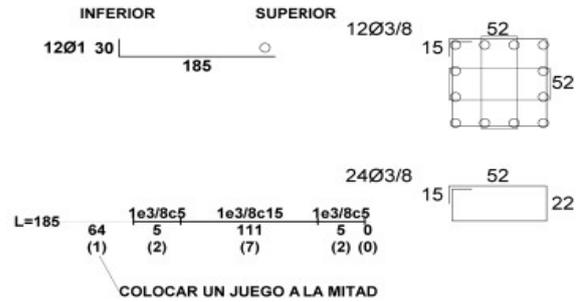
Estribadora:

408Ø3/8 - 238 - 5

816Ø3/8 - 178 - 5

Peso total:

4841.94 kg



PD2 - 0.50 X 0.50 MTS (PREARMADO) X 33

Corte de barras:

396Ø1 - 215 - 1

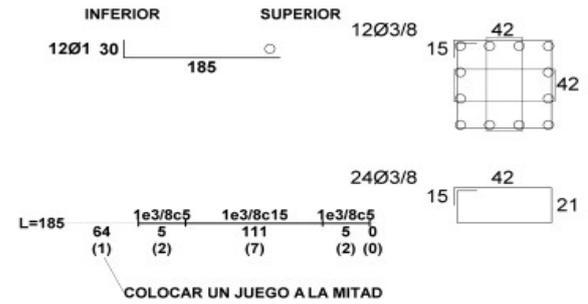
Estribadora:

396Ø3/8 - 198 - 5

792Ø3/8 - 156 - 5

Peso total:

4513.74 kg



PD3 - 0.50 X 0.50 MTS (PREARMADO) X 3

Corte de barras:

36Ø1 - 215 - 1

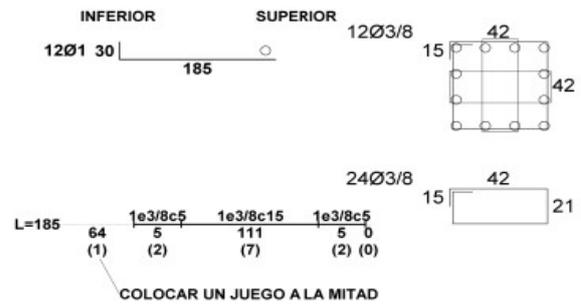
Estribadora:

36Ø3/8 - 198 - 5

72Ø3/8 - 156 - 5

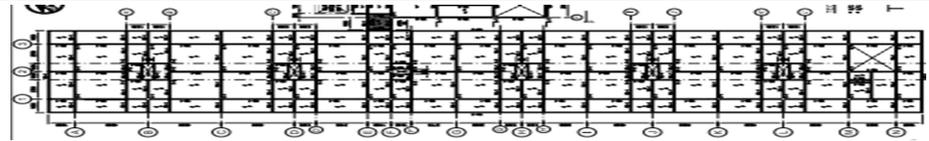
Peso total:

410.34 kg

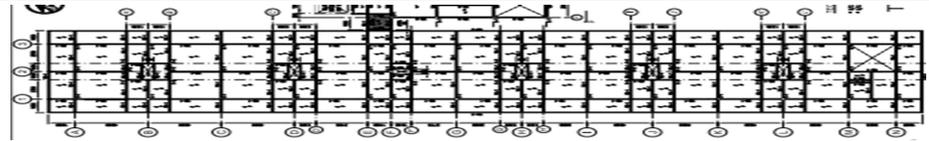


ANEXO 19: METRADO DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA TORRE 1

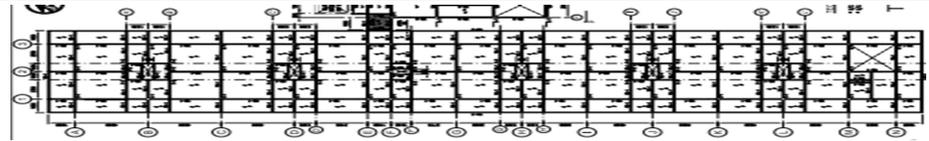
PLANILLA DE METRADO DE ESTRUCTURAS

OBRA:	EDIFICIOS RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS										
TORRE:	TORRE 1										
FECHA:	AGOSTO - 2020 (Fecha de ejecución del proyecto)										
DISTRITO:	LURÍN - LIMA - PERÚ										
HECHO POR:	SANTIAGO TORBISCO PERICHE										
Ítem	Descripción	Und.	# de veces	Largo	Ancho	Alto	Área	Perímetro	Parcial 1	Parcial 2	Total
OE.2	ESTRUCTURAS										
OE.2.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS										
OE.2.1.1	EXCAVACIONES										
OE.2.1.1.1	EXCAVACIONES MASIVAS	m ³									697.61
	Zapatas	m ³								694.77	
	Z1		20.00	2.50	2.50	2.05			256.25		
	Z3		2.00	4.00	2.50	2.05			41.00		
	Z4		1.00	47.16	3.15	2.05			304.54		
	Z5		1.00	4.93	9.20	2.05			92.98		
	Vigas de Cimentación	m ³								2.85	
	Entre ejes 1-2 y 2-3, para los ejes A-A, C-C, E-E, F-F, G-G, I-I, K-K		14.00	0.53	0.25	1.55			2.85		
OE.2.1.2	RELLENOS										247.35
OE.2.1.2.1	RELLENOS CON MATERIAL PROPIO	m ³									247.35
	Zapatas	m ³								245.60	
	Z1		20.00			1.25	5.89		7.36		
	Z3		2.00			1.25	9.28		11.60		
	Z4		1.00			1.25	137.78		172.23		
	Z5		1.00			1.25	43.53		54.41		
	Vigas de Cimentación	m ³								1.75	
	Entre ejes 1-2 y 2-3, para los ejes A-A, C-C, E-E, F-F, G-G, I-I, K-K		14.00	0.53	0.25	0.95			1.75		
OE.2.1.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m ³								465.06	465.06
	Volumen de material de corte sin esponjamiento		1.00						697.61		
	Volumen de material de corte con esponjamiento		1.10						767.37		
	Volumen de material de relleno sin compactación		1.00						247.35		
	Volumen de material de relleno con compactación		0.90						302.31		
OE.2.2	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE										
OE.2.2.1	SOLADO	m ²									338.91
	Zapatas (espesor 5 cm)	m ²								338.91	
	Z1		20.00	2.50	2.50				125.00		
	Z3		2.00	4.00	2.50				20.00		
	Z4		1.00	47.16	3.15				148.55		
	Z5		1.00	4.93	9.20				45.36		
OE.2.2.2	FALSO PISO espesor=10 cm o 4"										
OE.2.2.2.1	CONCRETO PARA FALSO PISO(f'c = 140 kg/cm ²)	m ³	1.00			0.10	508.06		50.81		50.81
OE.2.2.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA FALSO PISO	m ²	1.00			0.10		127.36	12.74		12.74

PLANILLA DE METRADO DE ESTRUCTURAS

Ítem	Descripción	Und.	# de veces	Largo	Ancho	Alto	Área	Perímetro	Parcial 1	Parcial 2	Total
OBRA: EDIFICIOS RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS											
TORRE: TORRE 1											
FECHA: AGOSTO - 2020 (Fecha de ejecución del proyecto)											
DISTRITO: LURÍN - LIMA - PERÚ											
HECHO POR: SANTIAGO TORBISCO PERICHE											
											
OE.2.3 OBRAS DE CONCRETO ARMADO											
OE.2.3.1 ZAPATAS											
OE.2.3.1.1	CONCRETO PARA ZAPATAS ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	m ³								254.18	254.18
	Z1		20.00	2.50	2.50	0.75			93.75		
	Z3		2.00	4.00	2.50	0.75			15.00		
	Z4		1.00	47.16	3.15	0.75			111.42		
	Z5		1.00	4.93	9.20	0.75			34.02		
OE.2.3.1.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA ZAPATAS	m ²								266.16	266.16
	Z1		20.00			0.75		10.00	150.00		
	Z3		2.00			0.75		13.00	19.50		
	Z4		1.00			0.75		100.62	75.47		
	Z5		1.00			0.75		28.26	21.20		
OE.2.3.1.3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ PARA ZAPATAS (VER DESPIECE EN ANEXO 16)	kg									12866.23
	Z1		20.00						267.07	5341.40	
	Z3		2.00						394.33	788.66	
	Z4		1.00						5169.30	5169.30	
	Z5		1.00						1566.87	1566.87	
OE.2.3.2 VIGAS DE CIMENTACIÓN											
OE.2.3.2.1	CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	m ³								5.78	5.78
	Entre ejes 1-2 y 2-3, para los ejes A-A, C-C, E-E, F-F, G-G, I-I, K-K		14.00	2.75	0.25	0.60			5.78		
OE.2.3.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN	m ²								46.20	46.20
	Entre ejes 1-2 y 2-3, para los ejes A-A, C-C, E-E, F-F, G-G, I-I, K-K		14.00	2.75		0.60			46.20		
OE.2.3.2.3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN (VER DESPIECE EN ANEXO 16)	kg									972.72
	Entre ejes 1-2 y 2-3, para los ejes A-A, C-C, E-E, F-F, G-G, I-I, K-K		7.00						138.96	972.72	
OE.2.3.3 COLUMNAS (Pedestales)											
OE.2.3.3.1	CONCRETO PARA COLUMNAS ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	m ³								26.55	26.55
	PD1		34.00	0.60	0.60	1.25			15.30		
	PD2-PD3		36.00	0.50	0.50	1.25			11.25		
OE.2.3.3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA COLUMNAS	m ²								192.00	192.00
	PD1		34.00			1.25		2.40	102.00		
	PD2-PD3		36.00			1.25		2.00	90.00		
OE.2.3.3.3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ PARA COLUMNAS (VER DESPIECE EN ANEXO 16)	kg									9766.02
	PD1		34.00						142.41	4841.94	
	PD2-PD3		36.00						136.78	4924.08	
OE.2.3.3.3	PERNOS DE ANCLAJE	und									642.00
	PA1 (A193 - B7 - D = 1" - L = 0.90 m)		618.00						0.00		
	PA2 (A193 - B7 - D = 3/4" - L = 0.90m)		24.00						0.00		

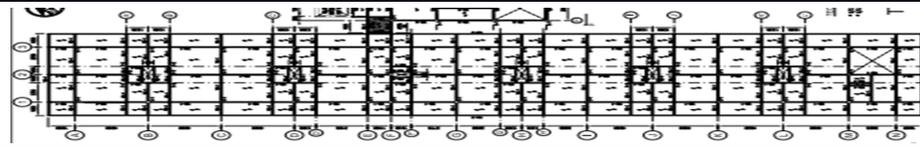
PLANILLA DE METRADO DE ESTRUCTURAS

OBRA:	EDIFICIOS RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS	
TORRE:	TORRE 1	
FECHA:	AGOSTO - 2020 (Fecha de ejecución del proyecto)	
DISTRITO:	LURÍN - LIMA - PERÚ	
HECHO POR:	SANTIAGO TORBISCO PERICHE	

Ítem	Descripción	Und.	# de veces	Largo	Ancho	Alto	Área	Perímetro	Parcial 1	Parcial 2	Total
OE.2.3.4	LOSAS COLABORANTES										
OE.2.3.4.1	CONCRETO PARA LOSAS COLABORANTES ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	m ³								228.63	228.63
	Losa principal (relación de concreto $0.075 \text{ m}^3/\text{m}^2$)		6.00				508.06		228.63		
OE.2.3.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA LOSAS COLABORANTES	m ²								113.60	113.60
	Losa principal		6.00			0.11		172.12	113.60		
OE.2.3.4.3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ PARA LOSA COLABORANTE (Factor 3.24 kg/m^2)	kg	6.00				508.06		9876.69		9876.69
OE.2.3.4.4	PLANCHAS COLABORANTES AD-600 (VER DETALLE EN ANEXO 15)	m ²								3130.19	3130.19
	TP1		60.00	10.65	0.90		9.59		575.10		
	TP2		6.00	5.81	0.90		5.23		31.37		
	TP3		18.00	4.16	0.90		3.74		67.39		
	TP4		60.00	9.00	0.90		8.10		486.00		
	TP5		66.00	5.47	0.90		4.92		324.92		
	TP6		180.00	8.04	0.90		7.24		1302.48		
	TP7		36.00	3.68	0.90		3.31		119.23		
	TP8		48.00	4.55	0.90		4.10		196.56		
	TP9		18.00	1.68	0.90		1.51		27.14		
OE.2.3.4.5	TORNILLOS AUTOPERFORANTES (VER DETALLE EN ANEXO 15)	und									2568.00
OE.2.3.4.6	CONECTORES DE CORTE NS 625 / 300 (VER DETALLE EN ANEXO 15)	und									8760.00
OE.2.4	ESTRUCTURAS METÁLICAS	t									123.15
OE.2.4.1	COLUMNAS METÁLICAS	t									61.50
	C1 (HSS 250 x 250 x 9.0 mm - A500 - GrA)		34.00						1.057	35.948	
	C2 (HSS 150 x 150 x 9.0 mm - A500 - GrA)		3.00						0.857	2.570	
	C3 (HSS 200 x 200 x 9.0 mm - A500 - GrA)		33.00						0.697	22.985	
OE.2.4.2	VIGAS METÁLICAS	t								42.598	42.60
	VM1 (W6" x 9# - ASTM A-36)		1140.00							33.289	
	VM3 (C150 x 75 x 4.5 mm - ASTM A-36)		84.00							7.593	
	VM4 (L4" x 4" x 1/4" - ASTM A-36)		84.00							1.717	
OE.2.4.3	ARRIOSTRES METÁLICOS	t									11.86
	AR1 (SCH40 - D = 4")		198.00							7.270	
	AR2 (SCH40 - D = 3")		264.00						0.017	4.594	
OE.2.4.3	ESCALERAS METÁLICAS	t									4.70
	1 ^{er} nivel		1.00						0.757	0.757	
	2 ^{do} al 6 ^{to} nivel		5.00						0.789	3.943	
OE.2.4.5	PERNOS DE CONEXIÓN (A325)	t									2.49

PLANILLA DE METRADO DE ESTRUCTURAS

OBRA:	EDIFICIOS RESIDENCIALES CON ESTRUCTURAS METÁLICAS
TORRE:	TORRE 1
FECHA:	AGOSTO - 2020 (Fecha de ejecución del proyecto)
DISTRITO:	LURÍN - LIMA - PERÚ
HECHO POR:	SANTIAGO TORBISCO PERICHE



Ítem	Descripción	Und.	# de veces	Largo	Ancho	Alto	Área	Perímetro	Parcial 1	Parcial 2	Total
OE.2.5	TRABAJOS COMPLEMENTARIOS										
OE.2.4.3	DRYWALL EN COLUMNAS	m ²									461.58
	Cuarto tipo 1		72.00	1.09		2.64			207.19		
	Cuarto tipo 2		12.00	1.23		2.64			38.97		
	Cuarto tipo 3		48.00	1.70		2.64			215.42		
OE.2.4.3	CIELO RASO	m ²									1800.72
	Cuarto tipo 1		72.00				12.28		884.16		
	Cuarto tipo 2		12.00				12.44		149.28		
	Cuarto tipo 3		48.00				13.89		666.72		
	Areas comunes		6.00				16.76		100.56		

ANEXO 20: PRESUPUESTO DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA TORRE 1

Presupuesto

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1
 Subpresupuesto ESTRUCTURAS
 Cliente UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Lugar LIMA - LIMA - LURÍN

Costo al 01/08/2020

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
1	ESTRUCTURAS				1,785,226.74
1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS				27,063.25
1.1.1	EXCAVACIONES				5,036.74
1.1.1.1	EXCAVACIÓN DE MAT. SUELTO H=2.00 m C/retro	m ³	697.61	7.22	5,036.74
1.1.2	RELLENOS				12,246.30
1.1.2.1	RELLENO COMPACTADO C/COMPACTADORA 4HP- MAT. PROPIO , C/AGUA	m ³	247.35	49.51	12,246.30
1.1.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE				9,780.21
1.1.3.1	ELIMINACIÓN DE MAT. CARG. 125 HP/ VOLQUETE 6 m ³ , V= 30 km/h D=5 km	m ³	465.06	21.03	9,780.21
1.2	CONCRETO SIMPLE				23,274.48
1.2.1	SOLADO e=5 cm	m ²	338.91	26.98	9,143.79
1.2.2	FALSO PISO e=10 cm				14,130.69
1.2.2.1	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =140 kg/cm ² - FALSO PISO	m ³	50.81	268.40	13,637.40
1.2.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL- FALSO PISO	m ²	12.74	38.72	493.29
1.3	CONCRETO ARMADO				479,623.32
1.3.1	ZAPATAS				129,365.08
1.3.1.1	CONCRETO PREMEZCLADO ZAPATAS f _c =210 kg/cm ²	m ³	254.18	262.40	66,696.83
1.3.1.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - ZAPATA	m ²	266.16	71.58	19,051.73
1.3.1.3	ACERO PREARMADO/ACEDIM - 1/5 GRADO 60	kg	12,866.23	3.39	43,616.52
1.3.2	VIGA DE CIMENTACIÓN				7,422.01
1.3.2.1	CONCRETO PREMEZCLADO VIGA DE CIMENTACIÓN f _c =210 kg/cm ²	m ³	5.78	262.40	1,516.67
1.3.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - VIGA DE CIMENTACIÓN	m ²	46.20	61.71	2,851.00
1.3.2.3	ACERO ACEDIM GRADO 60 - VIGA DE CIMENTACIÓN	kg	972.72	3.14	3,054.34
1.3.3	COLUMNAS				69,284.58
1.3.3.1	CONCRETO PREMEZCLADO COLUMNAS f _c =210 kg/cm ²	m ³	26.55	284.58	7,555.60
1.3.3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - COLUMNAS	m ²	192.00	65.21	12,520.32
1.3.3.3	ACERO PREARMADO GRADO 60 - COLUMNAS	kg	9,766.02	3.96	38,673.44
1.3.3.4	PERNOS DE ANCLAJE EN ENCOFRADO NORMAL	und	642.00	16.41	10,535.22
1.3.4	LOSAS COLABORANTES				273,551.65
1.3.4.1	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS COLABORANTES f _c =210 kg/cm ²	m ³	228.63	296.06	67,688.20
1.3.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSAS COLABORANTES	m ²	113.60	39.26	4,459.94
1.3.4.3	ACERO DE REFUERZO f _y =4,200 kg/cm ² - LOSA COLABORANTE	kg	9,876.69	4.20	41,482.10
1.3.4.4	INSTALACIÓN DE PLACA COLABORANTE AD600 Inc. PERNOS DE CORTE Y TORNILLOS AUTOPERFORANTES	m ²	3,130.19	51.09	159,921.41
1.4	ESTRUCTURA METÁLICA				1,170,929.98
1.4.1	ESTRUCTURAS METÁLICAS VARIADAS - COLUMNAS, VIGAS, ARRIOSTRES, ESCALERAS				1,170,929.98
1.4.1.1	MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS - COL. VIGAS. ARRIO. ESCAL.	t	123.15	9,495.93	1,169,423.78
1.4.1.2	RESANE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS - COL. VIGAS. ARRIO. ESCAL.	t	6.15	244.91	1,506.20
1.5	TRABAJOS COMPLEMENTARIOS				84,335.51
1.5.1	DRYWALL EN COLUMNAS	m ²	461.58	27.56	12,721.28
1.5.2	CIELO RASO	m ²	1,800.72	39.77	71,614.23
COSTO DIRECTO (S/)					1,785,226.74

SON : UN MILLÓN SETECIENTOS OCHENTA Y CINCO MIL DOSCIENTOS VEINTISÉIS Y 74/100 SOLES

ANEXO 21: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA TORRE 1

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.1.1.1 EXCAVACIÓN DE MAT. SUELTO H=2.00 m C/retro

Rendimiento	m ³ /DÍA	MO. 200.00	EQ. 200.00	Costo unitario directo por : m ³	7.22
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0040	27.49	0.11
0101010005	PEÓN	hh	1.0000	0.0400	16.37	0.65
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	22.91	0.92
						1.68
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.68	0.08
03011700020009	RETROEXCAVADORA C/LLANTA 58 HP 1y 3m ³	hm	1.0000	0.0400	136.44	5.46
						5.54

Partida 1.1.2.1 RELLENO COMPACTADO C/COMPACTADORA 4HP- MAT. PROPIO , C/AGUA

Rendimiento	m ³ /DÍA	MO. 15.50	EQ. 15.50	Costo unitario directo por : m ³	49.51
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.1032	27.49	2.84
0101010005	PEÓN	hh	2.0000	1.0323	16.37	16.90
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	1.0000	0.5161	23.70	12.23
						31.97
Materiales						
0290130022	AGUA	m ³		0.1200	5.68	0.68
						0.68
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	31.97	1.60
0301100007	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 4 HP	hm	1.0000	0.5161	29.57	15.26
						16.86

Partida 1.1.3.1 ELIMINACIÓN DE MAT. CARG. 125 HP/ VOLQUETE 6m³, V= 30km/h D=5km

Rendimiento	m ³ /DÍA	MO. 345.00	EQ. 345.00	Costo unitario directo por : m ³	21.03
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	27.49	0.06
0101010005	PEÓN	hh	2.0000	0.0464	16.37	0.76
						0.82
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.82	0.02
03011600010005	CARGADOR C/ LLANTA 125 HP, 2.5 Y 3 m ³	hm	1.0000	0.0232	170.14	3.95
03012200040005	CAMION VOLQUETE DE 140-210 HP 6 m ³	hm	4.0000	0.0928	175.00	16.24
						20.21

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.2.1 SOLADO e=5cm

Rendimiento	m ² /DÍA	MO. 100.00	EQ. 100.00	Costo unitario directo por : m ²	26.98
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0160	27.49	0.44
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	18.12	1.45
0101010005	PEÓN	hh	8.0000	0.6400	16.37	10.48
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	1.0000	0.0800	23.70	1.90
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.1600	22.91	3.67
						17.94
Materiales						
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal		0.0010	37.40	0.04
0201020012	GRASA MULTIPROPÓSITO	lb		0.0020	10.38	0.02
02010300010001	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.0300	9.69	0.29
0207030001	HORMIGÓN	m ³		0.0650	32.70	2.13
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.1900	18.48	3.51
0290130022	AGUA	m ³		0.0081	5.68	0.05
						6.04
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	17.94	0.90
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23 HP 11-12 p ³	hm	1.0000	0.0800	26.24	2.10
						3.00

Partida 1.2.2.1 CONCRETO PREMEZCLADO f_c=140 kg/cm² - FALSO PISO

Rendimiento	m ³ /DÍA	MO. 30.00	EQ. 30.00	Costo unitario directo por : m ³	268.40
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0267	27.49	0.73
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.2667	18.12	4.83
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	1.0667	16.37	17.46
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.2667	23.70	6.32
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.5333	22.91	12.22
						41.56
Materiales						
02190100010024	CONCRETO PREMEZCLADO F _C =140 kg/cm ² CON CEMENTO T-I	m ³		1.0300	217.50	224.03
						224.03
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	41.56	1.25
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.2667	5.84	1.56
						2.81

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto 01/08/2020

Partida 1.2.2.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL- FALSO PISO

Rendimiento	m ² /DÍA	MO. 16.00	EQ. 16.00	Costo unitario directo por : m ²	38.72
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0500	27.49	1.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5000	18.12	9.06
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	22.91	11.46
						21.89
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.3000	2.84	0.85
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.3300	4.15	1.37
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		2.1800	6.20	13.52
						15.74
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	21.89	1.09
						1.09

Partida 1.3.1.1 CONCRETO PREMEZCLADO ZAPATAS f'c=210 kg/cm²

Rendimiento	m ³ /DÍA	MO. 60.00	EQ. 60.00	Costo unitario directo por : m ³	262.40
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	18.12	2.42
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	0.5333	16.37	8.73
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.1333	23.70	3.16
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.2667	22.91	6.11
						20.79
Materiales						
02190100010011	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=210 kg/cm ² CON CEMENTO T-I	m ³		1.0200	235.50	240.21
						240.21
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	20.79	0.62
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.1333	5.84	0.78
						1.40

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.3.1.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - ZAPATA

Rendimiento	m ² /DÍA	MO. 8.00	EQ. 8.00	Costo unitario directo por : m ²	71.58
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	27.49	2.75
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	18.12	18.12
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	22.91	22.91
						43.78
Materiales						
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.1500	4.15	0.62
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		4.0300	6.20	24.99
						25.61
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	43.78	2.19
						2.19

Partida 1.3.1.3 ACERO PREARMADO/ACEDIM - 1/5 GRADO 60

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 1750.00	EQ. 1,750.0	Costo unitario directo por : kg	3.39
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0005	27.49	0.01
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0046	18.12	0.08
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0046	22.91	0.11
						0.20
Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0170	2.84	0.05
02040300010013	ACERO PREARMADO GRADO 60 - PRECIO COMERCIAL	t		0.0002	3,393.04	0.68
02040300010043	ACERO DIMENSIONADO GRADO 60 - PRECIO COMERCIAL	t		0.0008	2,841.16	2.27
						3.00
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.20	0.01
						0.01
Subcontratos						
0424010005	SC GRÚA PLATAFORMA 20 t	hm		0.0009	200.00	0.18
						0.18

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.3.2.1 CONCRETO PREMEZCLADO VIGA DE CIMENTACIÓN f'c=210 kg/cm²

Rendimiento	m ³ /DÍA	MO. 60.00	EQ. 60.00	Costo unitario directo por : m ³	262.40
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	18.12	2.42
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	0.5333	16.37	8.73
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.1333	23.70	3.16
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.2667	22.91	6.11
						20.79
Materiales						
02190100010011	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=210 kg/cm ² CON CEMENTO T-I	m ³		1.0200	235.50	240.21
						240.21
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	20.79	0.62
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.1333	5.84	0.78
						1.40

Partida 1.3.2.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - VIGA DE CIMENTACIÓN

Rendimiento	m ² /DÍA	MO. 8.00	EQ. 8.00	Costo unitario directo por : m ²	61.71
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	27.49	2.75
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	18.12	18.12
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	22.91	22.91
						43.78
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.3000	2.84	0.85
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.3300	4.15	1.37
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		2.1800	6.20	13.52
						15.74
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	43.78	2.19
						2.19

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.3.2.3 ACERO ACEDIM GRADO 60 - VIGA DE CIMENTACIÓN

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 1500.00	EQ. 1,500.0	Costo unitario directo por : kg	3.14
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0005	27.49	0.01
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	18.12	0.10
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0053	22.91	0.12
						0.23
Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0200	2.84	0.06
02040300010043	ACERO DIMENSIONADO GRADO 60 - PRECIO COMERCIAL	t		0.0010	2,841.16	2.84
						2.90
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.23	0.01
						0.01

Partida 1.3.3.1 CONCRETO PREMEZCLADO COLUMNAS f'c=210 kg/cm²

Rendimiento	m³/DÍA	MO. 30.00	EQ. 30.00	Costo unitario directo por : m ³	284.58
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0267	27.49	0.73
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.2667	18.12	4.83
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	1.0667	16.37	17.46
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.2667	23.70	6.32
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.5333	22.91	12.22
						41.56
Materiales						
02190100010011	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=210 kg/cm ² CON CEMENTO T-I	m ³		1.0200	235.50	240.21
						240.21
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	41.56	1.25
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0001	0.2667	5.84	1.56
						2.81

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.3.3.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - COLUMNAS

Rendimiento	m ² /DÍA	MO. 10.00	EQ. 10.00	Costo unitario directo por : m ²	65.21
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0800	27.49	2.20
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	18.12	14.50
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	22.91	18.33
						35.03
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.3000	2.84	0.85
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.3100	4.15	1.29
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		4.2400	6.20	26.29
						28.43
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	35.03	1.75
						1.75

Partida 1.3.3.3 ACERO PREARMADO GRADO 60 - COLUMNAS

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 3500.00	EQ. 3,500.0	Costo unitario directo por : kg	3.96
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0002	27.49	0.01
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0023	18.12	0.04
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0023	22.91	0.05
						0.10
Materiales						
02040300010013	ACERO PREARMADO GRADO 60 - PRECIO COMERCIAL	t		0.0010	3,393.04	3.39
						3.39
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.10	0.01
						0.01
Subcontratos						
0424010005	SC GRÚA PLATAFORMA 20 t	hm		0.0023	200.00	0.46
						0.46

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.3.3.4 PERNOS DE ANCLAJE EN ENCOFRADO NORMAL

Rendimiento und/DÍA MO. 128.00 EQ. 128.00 Costo unitario directo por : und **16.41**
Jornada (Horas) **8.000**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0063	27.49	0.17
0101010005	PEÓN	hh	1.0000	0.0625	16.37	1.02
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0625	22.91	1.43
0101030000	TOPÓGRAFO	hh	0.5000	0.0313	23.80	0.74
01010300030003	AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	hh	0.5000	0.0313	16.37	0.51
						3.87
Materiales						
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.0200	4.15	0.08
0211010001	PERNOS DE ANCLAJE ACERO A193	kg		4.0000	2.94	11.76
						11.84
Equipos						
0301000009	ESTACIÓN TOTAL	día	0.5000	0.0039	130.00	0.51
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	3.87	0.19
						0.70

Partida 1.3.4.1 CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS COLABORANTES f'c=210 kg/cm²

Rendimiento m³/DÍA MO. 60.00 EQ. 60.00 Costo unitario directo por : m³ **296.06**
Jornada (Horas) **8.000**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	18.12	2.42
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	0.5333	16.37	8.73
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.1333	23.70	3.16
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.2667	22.91	6.11
						20.79
Materiales						
02190100010011	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm ² CON CEMENTO T-I	m ³		1.0200	235.50	240.21
						240.21
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	20.79	0.62
03010400010006	BOMBA ESTACIONARIA DE CONCRETO	m ³		1.0200	33.00	33.66
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.1333	5.84	0.78
						35.06

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.3.4.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSAS COLABORANTES

Rendimiento	m ² /DÍA	MO. 15.00	EQ. 15.00	Costo unitario directo por : m ²	39.26
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0533	27.49	1.47
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5333	18.12	9.66
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	22.91	12.22
						23.35
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.2800	2.84	0.80
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.3100	4.15	1.29
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		2.0400	6.20	12.65
						14.74
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	23.35	1.17
						1.17

Partida 1.3.4.3 ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm² - LOSA COLABORANTE

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 250.00	EQ. 250.00	Costo unitario directo por : kg	4.20
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	27.49	0.09
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	18.12	0.58
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	22.91	0.73
						1.40
Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0250	2.84	0.07
0204030005	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm ² GRADO 60 - PRECIO COME I	kg		1.0500	2.49	2.61
						2.68
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.40	0.07
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO	hm	0.3300	0.0106	4.77	0.05
						0.12

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.3.4.4 INSTALACIÓN DE PLACA COLABORANTE AD600 Inc. PERNOS DE CORTE Y TORNILLOS AUTOPERFORANTES

Rendimiento	m ² /DÍA	MO. 50.00	EQ. 50.00	Costo unitario directo por : m ²	51.09
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0160	27.49	0.44
0101010007	OPERARIO SOLDADOR	hh	1.0000	0.1600	23.70	3.79
0101010008	OFICIAL SOLDADOR	hh	1.0000	0.1600	18.75	3.00
01010300030005	AYUDANTE SOLDADOR	hh	1.0000	0.1600	16.94	2.71
						9.94
Materiales						
0204180010	PLACA COLABORANTE AD600 - PRECIO COMERCIAL	m		1.1110	28.62	31.80
0251030002	TORNILLO AUTOPERFORANTE	und		0.8200	0.25	0.21
0272040054	ELECTRODO E7018	kg		0.1240	17.00	2.11
02730500010015	CONECTOR DE CORTE NS 625/300	und		2.8000	1.35	3.78
						37.90
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	9.94	0.50
03012700010003	MÁQUINA DE SOLDAR 295 A	hm	1.0000	0.1600	17.20	2.75
						3.25

Partida 1.4.1.1 MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS - COL. VIGAS. ARRIO. ESCAL.

Rendimiento	t/DÍA	MO. 5.13	EQ. 5.13	Costo unitario directo por : t	9,495.93
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO DE MONTAJE	hh	3.0000	4.6784	22.91	107.18
0101010009	OFICIAL DE MONTAJE	hh	6.0000	9.3567	18.12	169.54
0101010011	RIGGER	hh	1.0000	1.5595	18.12	28.26
0101010013	CAPATAZ DE MONTAJE	hh	1.0000	1.5595	27.49	42.87
01010300000008	OPERARIO DE GRÚA	hh	1.0000	1.5595	24.06	37.52
						385.37
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	385.37	19.27
03012100010002	GRÚA DE 40 t	hm	1.0000	1.5595	180.00	280.71
0301210004	MANLIFT O ELEVADOR ARTICULADO	hm	4.0000	6.2378	150.00	935.67
03013300020003	TORQUÍMETRO	hm	1.0000	1.5595	2.27	3.54
0301330008	PISTOLA DE IMPACTO	hm	3.0000	4.6784	1.95	9.12
0301430002	TECLE TIRFOR	he	6.0000	9.3567	1.42	13.29
						1,261.60
Subcontratos						
0411100019	SC SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y TRANSPORTE DE ACERO ESTR t			1.0000	7,848.96	7,848.96
						7,848.96

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.4.1.2 RESANE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS - COL. VIGAS. ARRIO. ESCAL.

Rendimiento	t/DÍA	MO. 1.55	EQ. 1.55	Costo unitario directo por : t	244.91
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010010	OPERARIO DE PINTURA EN ACERO	hh	1.0000	5.1613	22.91	118.25
01010300030006	AYUDANTE DE PINTURA	hh	1.0000	5.1613	16.37	84.49
						202.74
Materiales						
0240070001	PINTURA ANTICORROSIVA	gal		0.4000	45.80	18.32
0240080012	THINNER	gal		0.5000	15.90	7.95
02901300090006	WAPE INDUSTRIAL	kg		2.0000	2.88	5.76
						32.03
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	202.74	10.14
						10.14

Partida 1.5.1 TABIQUE SIMPLE PLACA GYPLAC ST. 5/8" PERFIL 89 E = 12.08cm

Rendimiento	m ² /DÍA	MO. 80.00	EQ. 80.00	Costo unitario directo por : m ²	27.56
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.0890	0.0089	27.49	0.24
0101010004	OFICIAL	hh	0.4440	0.0444	18.12	0.80
0101010012	OPERARIO	hh	0.4440	0.0444	22.91	1.02
0101010005	PEON	hh	0.1110	0.0111	16.37	0.18
						2.25
Materiales						
240070028	CINTA P/JUNTA PAPEL 52 mm x 152 m	pza		0.0180	9.24	0.17
240070029	PASTA P/JUNTA DE PLANCHAS DE YESO HAMILTON (4.5 gal)	pza		0.0600	27.20	1.63
240070030	PLANCHA YESO GYPLAC STANDARD 15.9 mm 1.22 x 1.44 m	pza		0.7070	30.70	21.70
240070031	TORNILLO AUTOROSCANTE GYPLAC/SPB P. FINA 6 x 32 mm	mll		0.0370	18.96	0.70
240070032	TORNILLO AUTOROSCANTE METAL/METAL PUNTA BROCA 8 x 13 mll	mll		0.0050	21.69	0.11
						24.31
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		10.0000	10.00	1.00
						1.00

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto 01/08/2020

Partida 1.5.2 CIELO RASO CON YESO CON CINTAS E = 1.0 cm

Rendimiento m²/DÍA MO. 12.00 EQ. 12.00 Costo unitario directo por : m² Jornada (Horas) **39.77**
8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0667	27.49	1.83
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	22.91	15.27
0101010005	PEON	hh	0.3300	0.2200	16.37	3.60
20.70						
Materiales						
240070020	AGUA	m ³		0.0500	5.68	0.28
240080023	CLAVO C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D.PROMEDIO	kg		0.0040	4.15	0.02
29013000908	MADERA ANDAMIAJE	p ²		0.5890	3.50	2.06
240080032	REGLA DE MADERA	p2		0.0180	2.60	0.05
240080033	YESO CERÁMICO	kg		5.4200	2.96	16.04
18.45						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	20.70	0.62
0.62						

ANEXO 22: PRECIOS Y CANTIDADES DE RECURSOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA TORRE 1

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra **EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1**
 Subpresupuesto **ESTRUCTURAS**
 Fecha **01/08/2020**
 Lugar **LIMA - LIMA - LURÍN**

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	Presupuestado S/
MANO DE OBRA						
0101010002	CAPATAZ	hh	315.4826	27.49	8,672.62	8,671.80
0101010003	OPERARIO DE MONTAJE	hh	576.1450	22.91	13,199.48	13,199.22
0101010004	OFICIAL	hh	1,069.1370	18.12	19,372.76	19,372.90
0101010005	PEÓN	hh	1,306.2170	16.37	21,382.77	21,379.52
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	154.7701	23.70	3,668.05	3,669.02
0101010060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	85.7610	23.70	2,032.54	2,032.86
0101010007	OPERARIO SOLDADOR	hh	500.8304	23.70	11,869.68	11,863.42
0101010008	OFICIAL SOLDADOR	hh	500.8304	18.75	9,390.57	9,390.57
0101010009	OFICIAL DE MONTAJE	hh	1,152.2776	18.12	20,879.27	20,878.85
0101010010	OPERARIO DE PINTURA EN ACERO	hh	31.7420	22.91	727.21	727.24
0101010011	RIGGER	hh	192.0524	18.12	3,479.99	3,480.22
0101010012	OPERARIO	hh	2,450.6210	22.91	56,143.73	56,145.64
0101010013	CAPATAZ DE MONTAJE	hh	192.0524	27.49	5,279.52	5,279.44
0101030000	TOPÓGRAFO	hh	20.0946	23.80	478.25	475.08
01010300000008	OPERARIO DE GRÚA	hh	192.0524	24.06	4,620.78	4,620.59
01010300030003	AYUDANTE DE TOPOGRAFÍA	hh	20.0946	16.37	328.95	327.42
01010300030005	AYUDANTE SOLDADOR	hh	500.8304	16.94	8,484.07	8,482.81
01010300030006	AYUDANTE DE PINTURA	hh	31.7420	16.37	519.62	519.61
					190,529.86	190,516.21
MATERIALES						
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.3389	37.40	12.67	13.56
0201020012	GRASA MULTIPROPÓSITO	lb	0.6778	10.38	7.04	6.78
02010300010001	GASOLINA 84 OCTANOS	gal	10.1673	9.69	98.52	98.28
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	107.0900	2.84	304.14	304.18
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	485.0976	2.84	1,377.68	1,393.04
02040300010013	ACERO PREARMADO GRADO 60 - PRECIO COMERCIAL	t	12.3392	3,393.04	41,867.40	41,855.85
02040300010043	ACERO DIMENSIONADO GRADO 60 - PRECIO COMERCIAL	t	11.2657	2,841.16	32,007.66	31,968.86
0204030005	ACERO CORRUGADO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ GRADO 60 - PRECIO COMERCIAL	kg	10,370.5245	2.49	25,822.61	25,778.16
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg	166.9502	4.15	692.84	691.34
0204180010	PLACA COLABORANTE AD600 - PRECIO COMERCIAL	m	3,477.6411	28.62	99,530.09	99,540.04
0207030001	HORMIGÓN	m ³	22.0292	32.70	720.35	721.88
0211010001	PERNOS DE ANCLAJE ACERO A193	kg	2,568.0000	2.94	7,549.92	7,549.92
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	64.3929	18.48	1,189.98	1,189.57
02190100010011	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON CEMENTO T-I	m ³	525.4428	235.50	123,741.78	123,741.78
02190100010024	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=140 \text{ kg/cm}^2$ CON CEMENTO T-I	m ³	52.3343	217.50	11,382.71	11,382.96
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²	2,246.9380	6.20	13,931.02	13,932.92
0240070001	PINTURA ANTICORROSIVA	gal	2.4600	45.80	112.67	112.67
0240080012	THINNER	gal	3.0750	15.90	48.89	48.89
0251030002	TORNILLO AUTOPERFORANTE	und	2,566.7558	0.25	641.69	657.34
0272040054	ELECTRODO E7018	kg	388.1436	17.00	6,598.44	6,604.70
02730500010015	CONECTOR DE CORTE NS 625/300	und	8,764.5320	1.35	11,832.12	11,832.12
02901300090006	WAPE INDUSTRIAL	kg	12.3000	2.88	35.42	35.42
0290130022	AGUA	m ³	32.4272	5.68	184.19	185.15
290130055	MATERIALES DE TRABAJOS COMPLEMENTARIOS	-	-	-	44,444.29	44,444.29
					424,134.12	424,089.70

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra **EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON ESTRUCTURAS METÁLICAS - TORRE 1**
 Subpresupuesto **ESTRUCTURAS**
 Fecha **01/08/2020**
 Lugar **LIMA - LIMA - LURÍN**

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	Presupuestado S/
EQUIPOS						
030100009	ESTACIÓN TOTAL	día	2.5038	130.00	325.49	327.42
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			8,908.66	8,908.66
03010400010006	BOMBA ESTACIONARIA DE CONCRETO	m ³	233.2026	33.00	7,695.69	7,695.69
0301100007	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 4 hp	hm	127.6573	29.57	3,774.83	3,774.56
03011600010005	CARGADOR C/ LLANTA 125 hp. 2.5 Y 3 m ³	hm	10.7894	170.14	1,835.71	1,836.99
03011700020009	RETROEXCAVADORA C/LLANTA 58 hp, 1 y 3 m ³	hm	27.9044	136.44	3,807.28	3,808.95
03012100010002	GRÚA DE 40 t	hm	192.0524	180.00	34,569.43	34,569.44
0301210004	MANLIFT O ELEVADOR ARTICULADO	hm	768.1851	150.00	115,227.76	115,227.76
03012200040005	CAMIÓN VOLQUETE DE 140-210 hp 6 m ³	hm	43.1576	175.00	7,552.58	7,552.57
03012700010003	MÁQUINA DE SOLDAR 295 A	hm	500.8304	17.20	8,614.28	8,608.02
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 hp 1.50"	hm	85.7610	5.84	500.84	501.78
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23 hp 11-12 p ³	hm	27.1128	26.24	711.44	711.71
03013300020002	CIZALLA ELÉCTRICA DE FIERRO	hm	104.6929	4.77	499.39	493.83
03013300020003	TORQUÍMETRO	hm	192.0524	2.27	435.96	435.95
0301330008	PISTOLA DE IMPACTO	hm	576.1450	1.95	1,123.48	1,123.13
0301430002	TECLE TIRFOR	he	1,152.2776	1.42	1,636.23	1,636.66
					197,219.05	197,213.12
SUBCONTRATOS						
0411100019	SC SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y TRANSPORTE DE ACERO ESTRUCTURAL	t	123.1500	7,848.96	966,599.42	966,599.42
0424010005	SC GRÚA PLATAFORMA 20 TN	hm	34.0414	200.00	6,808.28	6,808.29
					973,407.70	973,407.71
				Total	S/ 1,785,290.72	1,785,226.74
					S/ 1,785,226.74	

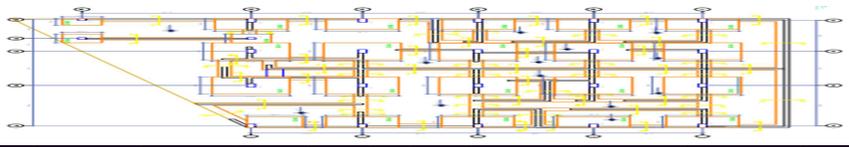
La columna parcial es el producto del precio por la cantidad requerida; y en la última columna se muestra el Monto Real que se está utilizando

ANEXO 23: METRADO DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU

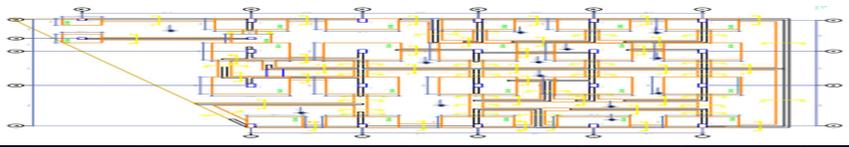
PLANILLA DE METRADO DE ESTRUCTURAS

PLANILLA DE METRADO DE ESTRUCTURAS												
OBRA:	EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU											
REFERENCIA:	Edificio de departamentos LAS COLINAS DE CHALAY - CRUZ (2018)											
FECHA:	AGOSTO - 2020 (Elaborado para el mismo periodo que la Torre 1)											
DISTRITO	LURÍN - LIMA - PERÚ (Elaborado para la misma ubicación que la Torre 1)											
HECHO POR:	SANTIAGO TORBISCO PERICHE (Referenciando a Cruz en algunas partidas con la frase "recopilado y verificado")											
Ítem	Descripción	Und.	# de veces	Largo	Ancho	Alto	Área	Perímetro	Parcial 1	Parcial 2	Total	
O.E.2	ESTRUCTURAS											
OE.2.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS											
OE.2.1.1	EXCAVACIONES											
OE.2.1.1.1	EXCAVACIONES SIMPLES	m ³									452.21	
	Zapatas	m ³								396.62		
	Z1		10.00	3.70	3.70	1.60			219.04			
	Z2		9.00	2.70	3.70	1.60			143.86			
	Z3		1.00	2.70	3.00	1.60			12.96			
	Z4		2.00	2.20	2.20	1.60			15.49			
	Z5		1.00	2.20	1.50	1.60			5.28			
	Cimientos	m ³								55.06		
	CORTE 1-1									0.78		
	eje A-A, desde el eje 3-3 al 4-4		1.00	1.30	0.50	1.20			0.78			
	CORTE 2-2									14.40		
	eje A-A, desde el eje 1-1 al 5-5		1.00	5.68	0.40	1.20			2.73			
	eje "0"-0", desde el eje A-A al E-E		1.00	15.02	0.40	1.20			7.21			
	eje E-E, desde el eje 1-1 al 6-6		1.00	9.29	0.40	1.20			4.46			
	CORTE 3-3									1.31		
	eje B-B y eje C-C, desde el eje 4-4 al eje 5-5		2.00	1.10	0.50	1.20			1.31			
	CORTE 4-4									33.90		
	eje A-B, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	26.20	0.40	1.20			12.58			
	eje B-C, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	28.31	0.40	1.20			13.59			
	eje C-D, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	16.11	0.40	1.20			7.73			
	CORTE 5-5									4.68		
	eje A-B, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	4.30	0.40	1.20			2.06			
	eje B-C, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	2.40	0.40	1.20			1.15			
	eje C-D, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	3.05	0.40	1.20			1.46			
	Cimentación de Escalera	m ³	1.00	1.30	0.50	0.80			0.52	0.52		
OE.2.1.2	RELLENOS											
OE.2.1.2.1	RELLENOS CON MATERIAL PROPIO	m ³									37.05	
	Zapatas	m ³								29.57		
	Z1		10.00	3.70	3.70	0.75	13.57		10.17			
	Z2		9.00	2.70	3.70	0.75	9.87		7.40			
	Z3		1.00	2.70	3.00	0.75	7.98		5.98			
	Z4		2.00	2.20	2.20	0.75	4.78		3.58			
	Z5		1.00	2.20	1.50	0.75	3.24		2.43			

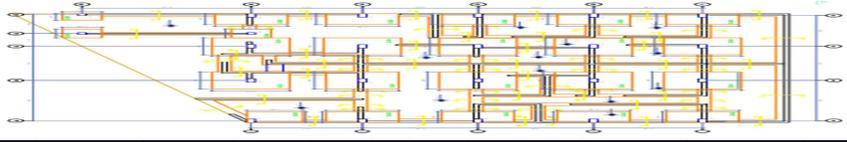
PLANILLA DE METRADO DE ESTRUCTURAS

Ítem	Descripción	Und.	# de veces	Largo	Ancho	Alto	Área	Perímetro	Parcial 1	Parcial 2	Total
OBRA:	EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU										
REFERENCIA:	Edificio de departamentos LAS COLINAS DE CHALAY - CRUZ (2018)										
FECHA:	AGOSTO - 2020 (Elaborado para el mismo periodo que la Torre 1)										
DISTRITO	LURÍN - LIMA - PERÚ (Elaborado para la misma ubicación que la Torre 1)										
HECHO POR:	SANTIAGO TORBISCO PERICHE (Referenciando a Cruz en algunas partidas con la frase "recopilado y verificado")										
	Cimientos	m ³								7.48	
	CORTE 1-1									0.08	
	eje A-A, desde el eje 3-3 al 4-4		1.00	1.30	0.25	0.25			0.08		
	CORTE 2-2									1.87	
	eje A-A, desde el eje 1-1 al 5-5		1.00	5.68	0.25	0.25			0.36		
	eje "0"-0", desde el eje A-A al E-E		1.00	15.02	0.25	0.25			0.94		
	eje E-E, desde el eje 1-1 al 6-6		1.00	9.29	0.25	0.25			0.58		
	CORTE 3-3									0.14	
	eje B-B y eje C-C, desde el eje 4-4 al eje 5-5		2.00	1.10	0.25	0.25			0.14		
	CORTE 4-4									4.41	
	eje A-B, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	26.20	0.25	0.25			1.64		
	eje B-C, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	28.31	0.25	0.25			1.77		
	eje C-D, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	16.11	0.25	0.25			1.01		
	CORTE 5-5									0.98	
	eje A-B, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	4.30	0.40	0.25			0.43		
	eje B-C, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	2.40	0.40	0.25			0.24		
	eje C-D, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	3.05	0.40	0.25			0.31		
OE.2.1.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m ³								452.15	452.15
	Volumen de material de corte sin esponjamiento		1.00						452.21		
	Volumen de material de corte con esponjamiento		1.10						497.43		
	Volumen de material de relleno sin compactación		1.00						37.05		
	Volumen de material de relleno con compactación		0.90						45.28		

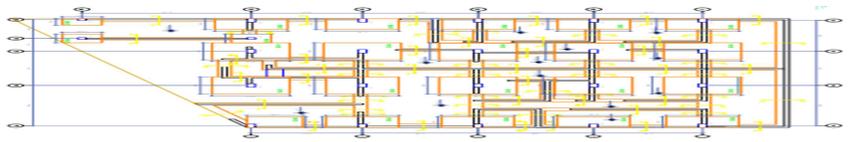
PLANILLA DE METRADO DE ESTRUCTURAS

Ítem	Descripción	Und.	# de veces	Largo	Ancho	Alto	Área	Perímetro	Parcial 1	Parcial 2	Total	
OBRA:	EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU											
REFERENCIA:	Edificio de departamentos LAS COLINAS DE CHALAY - CRUZ (2018)											
FECHA:	AGOSTO - 2020 (Elaborado para el mismo periodo que la Torre 1)											
DISTRITO	LURÍN - LIMA - PERÚ (Elaborado para la misma ubicación que la Torre 1)											
HECHO POR:	SANTIAGO TORBISCO PERICHE (Referenciando a Cruz en algunas partidas con la frase "recopilado y verificado")											
OE.2.2	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE											
OE.2.2.1	CIMIENTO CORRIDO (1:10+30%PG <6")	m ³									36.71	
	CORTE 1-1									0.52		
	eje A-A, desde el eje 3-3 al 4-4		1.00	1.30	0.50	0.80			0.52			
	CORTE 2-2									9.60		
	eje A-A, desde el eje 1-1 al 5-5		1.00	5.68	0.40	0.80			1.82			
	eje "0"-0", desde el eje A-A al E-E		1.00	15.02	0.40	0.80			4.81			
	eje E-E, desde el eje 1-1 al 6-6		1.00	9.29	0.40	0.80			2.97			
	CORTE 3-3									0.88		
	eje B-B y eje C-C, desde el eje 4-4 al eje 5-5		2.00	1.10	0.50	0.80			0.88			
	CORTE 4-4									22.60		
	eje A-B, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	26.20	0.40	0.80			8.38			
	eje B-C, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	28.31	0.40	0.80			9.06			
	eje C-D, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	16.11	0.40	0.80			5.15			
	CORTE 5-5									3.12		
	eje A-B, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	4.30	0.40	0.80			1.38			
	eje B-C, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	2.40	0.40	0.80			0.77			
	eje C-D, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	3.05	0.40	0.80			0.98			
OE.2.2.2	SOBRECIMIENTO (1:8+25%PM <3")											
OE.2.2.2.1	CONCRETO 1:8 (C:H) + 25% P.M. - SOBRECIMENTOS	m ³									13.59	
	CORTE 1-1									0.45		
	eje A-A, desde el eje 3-3 al 4-4		1.00	3.25	0.25	0.55			0.45			
	CORTE 2-2									3.74		
	eje A-A, desde el eje 1-1 al 5-5		1.00	12.45	0.15	0.55			1.03			
	eje "0"-0", desde el eje A-A al E-E		1.00	15.02	0.15	0.55			1.24			
	eje E-E, desde el eje 1-1 al 6-6		1.00	17.86	0.15	0.55			1.47			
	CORTE 3-3									0.86		
	eje B-B y eje C-C, desde el eje 4-4 al eje 5-5		2.00	3.12	0.25	0.55			0.86			
	CORTE 4-4									8.54		
	eje A-B, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	32.58	0.15	0.55			2.69			
	eje B-C, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	40.63	0.15	0.55			3.35			
	eje C-D, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00	30.34	0.15	0.55			2.50			

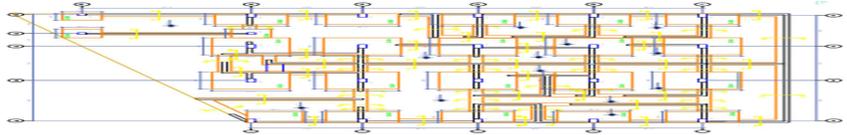
PLANILLA DE METRADO DE ESTRUCTURAS

PLANILLA DE METRADO DE ESTRUCTURAS											
OBRA:	EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU										
REFERENCIA:	Edificio de departamentos LAS COLINAS DE CHALAY - CRUZ (2018)										
FECHA:	AGOSTO - 2020 (Elaborado para el mismo periodo que la Torre 1)										
DISTRITO:	LURÍN - LIMA - PERÚ (Elaborado para la misma ubicación que la Torre 1)										
HECHO POR:	SANTIAGO TORBISCO PERICHE (Referenciando a Cruz en algunas partidas con la frase "recopilado y verificado")										
Ítem	Descripción	Und.	# de veces	Largo	Ancho	Alto	Área	Perímetro	Parcial 1	Parcial 2	Total
OE.2.2.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN SOBRECIMENTOS	m ²									174.20
	CORTE 1-1									3.58	
	eje A-A, desde el eje 3-3 al 4-4		1.00			0.55		6.50	3.58		
	CORTE 2-2									49.86	
	eje A-A, desde el eje 1-1 al 5-5		1.00			0.55		24.90	13.70		
	eje "0"-0", desde el eje A-A al E-E		1.00			0.55		30.04	16.52		
	eje E-E, desde el eje 1-1 al 6-6		1.00			0.55		35.71	19.64		
	CORTE 3-3									6.86	
	eje B-B y eje C-C, desde el eje 4-4 al eje 5-5		2.00			0.55		6.24	6.86		
	CORTE 4-4									113.90	
	eje A-B, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00			0.55		65.16	35.84		
	eje B-C, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00			0.55		81.26	44.69		
	eje C-D, entre ejes 1-1 al eje 5-5		1.00			0.55		60.67	33.37		
OE.2.2.3	SOLADOS e = 5 cm (Recopilado y verificado)	m ²									95.26
OE.2.2.4	FALSO PISO e=10cm o 4"										
OE.2.2.4.1	CONCRETO PARA FALSO PISO (f'c=140 kg/cm ²)	m ³	1.00			0.10	244.80		24.48		24.48
OE.2.2.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA FALSO PISO	m ²	1.00			0.10		67.92	6.79		6.79
OE.2.3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO										
OE.2.3.1	ZAPATAS										
OE.2.3.1.1	CONCRETO PARA ZAPATAS (f'c=210 kg/cm ²)	m ³									148.73
	Z1		10.00	3.70	3.70	0.60			82.14		
	Z2		9.00	2.70	3.70	0.60			53.95		
	Z3		1.00	2.70	3.00	0.60			4.86		
	Z4		2.00	2.20	2.20	0.60			5.81		
	Z5		1.00	2.20	1.50	0.60			1.98		
OE.2.3.1.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA ZAPATAS	m ²								179.76	179.76
	Z1		10.00			0.60		14.80	88.80		
	Z2		9.00			0.60		12.80	69.12		
	Z3		1.00			0.60		11.40	6.84		
	Z4		2.00			0.60		8.80	10.56		
	Z5		1.00			0.60		7.40	4.44		
OE.2.3.1.3	ACERO DE REFUERZO Fy = 4200 kg/cm ² PARA ZAPATAS (VER HOJA DE METRADO DE ACERO)	kg									3781.44
OE.2.3.2	COLUMNAS										
OE.2.3.2.1	CONCRETO PARA COLUMNAS (f'c=210.00 kg/cm ²) - (Recopilado y verificado)	m ³									45.07
OE.2.3.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS - (Recopilado y verificado)	m ²									377.83
OE.2.3.2.3	ACERO DE REFUERZO Fy = 4200 kg/cm ² PARA COLUMNAS - (Recopilado y verificado)	kg									6569.82

PLANILLA DE METRADO DE ESTRUCTURAS

PLANILLA DE METRADO DE ESTRUCTURAS																
OBRA:	EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU															
REFERENCIA:	Edificio de departamentos LAS COLINAS DE CHALAY - CRUZ (2018)															
FECHA:	AGOSTO - 2020 (Elaborado para el mismo periodo que la Torre 1)															
DISTRITO	LURÍN - LIMA - PERÚ (Elaborado para la misma ubicación que la Torre 1)															
HECHO POR:	SANTIAGO TORBISCO PERICHE (Referenciando a Cruz en algunas partidas con la frase "recopilado y verificado")															
Ítem	Descripción					Und.	# de veces	Largo	Ancho	Alto	Área	Perímetro	Parcial 1	Parcial 2	Total	
OE.2.3.3	VIGAS															
OE.2.3.3.1	CONCRETO PARA VIGAS ($f'c=210.00 \text{ kg/cm}^2$) - (Recopilado y verificado)					m ³										111.60
OE.2.3.3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS - (Recopilado y verificado)					m ²										1096.23
OE.2.3.3.3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ PARA VIGAS - (Recopilado y verificado)					kg										23881.52
OE.2.3.4	LOSA MACIZA															
OE.2.3.4.1	CONCRETO PARA LOSA MACIZA ($f'c=210.00 \text{ kg/cm}^2$) - (Recopilado y verificado)					m ³										17.96
OE.2.3.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSA MACIZA - (Recopilado y verificado)					m ²										119.75
OE.2.3.4.3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ PARA LOSA MACIZA - (Recopilado y verificado)					kg										2934.33
OE.2.3.5	LOSAS ALIGERADAS															
OE.2.3.5.1	CONCRETO PARA LOSAS ALIGERADAS ($f'c=210.00 \text{ kg/cm}^2$) - (Recopilado y verificado)					m ³										78.45
OE.2.3.5.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSA ALIGERADA - (Recopilado y verificado)					m ²										896.63
OE.2.3.5.3	LADRILLO PARA LOSAS ALIGERADAS (15*20*30) - (Recopilado y verificado)					und										7622.00
OE.2.3.5.4	ACERO DE REFUERZO $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ para losa aligerada - (Recopilado y verificado)					kg										7159.20
OE.2.3.6.	ESCALERA															
OE.2.3.6.1.	CONCRETO PARA ESCALERAS ($f'c=210.00 \text{ kg/cm}^2$)					m ³										
	TRAMO 1						1.00		1.20		1.24		1.48		14.73	14.73
	TRAMO 2						1.00		1.20		1.08		1.30			
	TRAMOS 3-5-7-9						4.00		1.20		1.29		6.19			
	TRAMOS 4-6-8-10						4.00		1.20		1.20		5.76			
OE.2.5.6.2.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN ESCALERAS					m ²										
	TRAMO 1															
	Base						1.00	3.17	1.20				3.80		8.16	
	Costados						2.00				1.24		2.47			
	Peldaños						9.00		1.20	0.175			1.89			
	TRAMO 2														9.43	
	Base						1.00	4.48	1.20				5.38			
	Costados						2.00				1.08		2.16			
	Peldaños						9.00		1.20	0.175			1.89			
	TRAMOS 3-5-7-9														43.58	
	Base						4.00	5.53	1.20				26.54			
	Costados						8.00				1.29		10.32			
	Peldaños						32.00		1.20	0.175			6.72			
	TRAMOS 4-6-8-10														40.70	
	Base						4.00	5.08	1.20				24.38			
	Costados						8.00				1.20		9.60			
	Peldaños						32.00		1.20	0.175			6.72			
OE.2.3.1.3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ PARA ESCALERA (VER HOJA DE METRADO DE ACERO)					kg										1476.60

PLANILLA DE METRADO DE ESTRUCTURAS

OBRA:	EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU										
REFERENCIA:	Edificio de departamentos LAS COLINAS DE CHALAY - CRUZ (2018)										
FECHA:	AGOSTO - 2020 (Elaborado para el mismo periodo que la Torre 1)										
DISTRITO	LURÍN - LIMA - PERÚ (Elaborado para la misma ubicación que la Torre 1)										
HECHO POR:	SANTIAGO TORBISCO PERICHE (Referenciando a Cruz en algunas partidas con la frase "recopilado y verificado")										
Ítem	Descripción	Und.	# de veces	Largo	Ancho	Alto	Área	Perímetro	Parcial 1	Parcial 2	Total
OE.2.4	TRABAJOS COMPLEMENTARIOS										
OE.2.4.1	TARRAJEO DE COLUMNAS	m ²									396.24
	1er Nivel		1.00				76.20				
	2do Nivel		1.00				72.24				
	3er Nivel		1.00				72.24				
	4to Nivel		1.00				72.24				
	5to Nivel		1.00				72.24				
	Azotea		1.00				31.08				
OE.2.4.2	TARRAJEO DE VIGAS	m ²									1096.24
	1er Nivel		1.00				211.15				
	2do Nivel		1.00				203.44				
	3er Nivel		1.00				203.44				
	4to Nivel		1.00				203.44				
	5to Nivel		1.00				203.44				
	Azotea						71.33				
OE.2.4.2	TARRAJEO DE VIGAS	m ²									1016.38
	LOZA ALIGERADA		1.00						896.63		
	1er Nivel		1.00				166.72				
	2do Nivel		1.00				166.37				
	3er Nivel		1.00				166.37				
	4to Nivel		1.00				166.37				
	5to Nivel		1.00				166.37				
	Azotea		1.00				64.43				
	LOSA MACIZA								119.75		
	1er Nivel		1.00				23.95				
	2do Nivel		1.00				23.95				
	3er Nivel		1.00				23.95				
	4to Nivel		1.00				23.95				
	5to Nivel		1.00				23.95				

METRADO DE ACERO DE REFUERZO PARA ZAPATAS - EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU														
CÓDIGO DEL ELEMENTO	FORMA DEL ELEMENTO	DIMENSIÓN ZAPATA (m)	RECUBRIM. (m)	Ø	ESPACIO ENTRE VARILLAS	# ZAPATAS MISMO CODIGO	LONG. VARILLA (m)	NÚMERO DE VARILLAS	LONGITUD (METROS LINEALES DE VARILLAS)					
									1/4 (m)	3/8 (m)	1/2 (m)	5/8 (m)	3/4 (m)	1 (m)
Z1 eje "X"		3.7	0.07	5/8	0.2	10	3.56	19				676.40		
Z1 eje "Y"		3.7	0.07	5/8	0.2	10	3.56	19				676.40		
Z2 eje "X"		2.7	0.07	5/8	0.2	9	2.56	19				437.76		
Z2 eje "Y"		3.7	0.07	5/8	0.2	9	3.56	14				448.56		
Z3 eje "X"		2.7	0.07	5/8	0.2	1	2.56	15				38.40		
Z3 eje "Y"		3	0.07	5/8	0.2	1	2.86	14				40.04		
Z4 eje "X"		2.2	0.07	5/8	0.2	2	2.06	11				45.32		
Z4 eje "Y"		2.2	0.07	5/8	0.2	2	2.06	11				45.32		
Z5 eje "X"		2.2	0.07	5/8	0.2	1	2.06	8				16.48		
Z5 eje "Y"		1.5	0.07	5/8	0.2	1	1.36	11				14.96		
SUBTOTAL(m)									0.00	0.00	0.00	2439.64	0.00	0.00
TOTAL (m)									2439.64					
PESO (kg/m) POR DIAMETRO VARILLA									0.25	0.56	0.99	1.55	2.24	4.04
TOTAL (kg)									3781.44					

METRADO DE ACERO DE REFUERZO PARA ESCALERA - EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU														
CÓDIGO DEL ELEMENTO	FORMA DEL ACERO	DIMENSIÓN LONGITUDINAL (m)	ESPACIADO (m)	Ø	LONG. DE ELEMENTO (m)	NÚMERO DE ACEROS (m)	NÚMERO DE REPETICIONES	DISTANCIA PARCIAL	LONGITUD (METROS LINEALES DE VARILLAS)					
									1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1
									(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Transversales		1.16	0.20	1/2	1.20	593.00	1.00	1.00			687.88			
TR 4 - 4		1.94	0.20	1/2	1.20	6.00	4.00	1.00			46.56			
TR 4 - 3		4.43	0.20	1/2	1.20	6.00	4.00	1.00			106.32			
TR 4 - 2		4.71	0.20	1/2	1.20	6.00	4.00	1.00			113.04			
TR 4 - 1		2.27	0.20	1/2	1.20	6.00	4.00	1.00			54.48			
TR 3 - 4		2.14	0.20	1/2	1.20	6.00	4.00	1.00			51.36			
TR 3 - 3		4.63	0.20	1/2	1.20	6.00	4.00	1.00			111.12			
TR 3 - 2		4.97	0.20	1/2	1.20	6.00	4.00	1.00			119.28			
TR 3 - 1		2.52	0.20	1/2	1.20	6.00	4.00	1.00			60.48			
TR 2 - 4		1.34	0.20	1/2	1.20	6.00	1.00	1.00			8.04			
TR 2 - 3		3.83	0.20	1/2	1.20	6.00	1.00	1.00			22.98			
TR 2 - 2		4.72	0.20	1/2	1.20	6.00	1.00	1.00			28.32			
TR 2 - 1		2.27	0.20	1/2	1.20	6.00	1.00	1.00			13.62			
TR 1 - 4		2.19	0.20	1/2	1.20	6.00	1.00	1.00			13.14			
TR 1 - 3		2.54	0.20	1/2	1.20	6.00	1.00	1.00			15.24			
TR 1 - 2		1.66	0.20	1/2	1.20	6.00	1.00	1.00			9.96			
TR1 - 1		4.95	0.20	1/2	1.20	6.00	1.00	1.00			29.70			
SUBTOTAL(m)									0.00	0.00	1491.52	0.00	0.00	0.00
TOTAL (m)									1491.52					
PESO (kg/m) POR DIAMETRO VARILLA									0.25	0.56	0.99	1.55	2.24	4.04
SUB TOTAL (kg)									0.00	0.00	1476.60	0.00	0.00	0.00
TOTAL (kg)									1476.60					

ANEXO 24: PRESUPUESTO DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU

Presupuesto

Presupuesto **EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU**
 Subpresupuesto **ESTRUCTURAS**
 Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**
 Lugar **LIMA - LIMA - LURÍN**

Costo al **01/08/2020**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
1	ESTRUCTURAS				683,974.95
1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS				12,997.60
1.1.1	EXCAVACIONES				2,613.77
1.1.1.1	EXCAVACIÓN DE MAT. SUELTO H=1.00 m C/retro	m ³	452.21	5.78	2,613.77
1.1.2	RELLENOS				875.12
1.1.2.1	RELLENO COMPACTADO A MANO - MAT. PROPIO, R=7 m ³ /d, C/PISÓN, C/AGUA	m ³	37.05	23.62	875.12
1.1.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE				9,508.71
1.1.3.1	ELIMINACIÓN DE MAT. CARG. 125 hp/ VOLQUETE 6 m ³ , V= 30 km/h D= 5km	m ³	452.15	21.03	9,508.71
1.2	CONCRETO SIMPLE				27,665.46
1.2.1	CONCRETO CICLOPEO 1:10 (C:H) + 30% P. GRANDE - CIMIENTO CORRIDO	und	36.71	182.29	6,691.87
1.2.2	SOBRECIMIENTO				11,570.14
1.2.2.1	CONCRETO 1:8 (C:H) + 25% P. MEDIANA - SOBRECIMIENTO	m ³	13.59	278.14	3,779.92
1.2.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL- SOBRECIMIENTOS	m ²	174.20	44.72	7,790.22
1.2.3	SOLADO e=5cm	m ²	95.26	26.98	2,570.11
1.2.4	FALSO PISO e=10 cm				6,833.34
1.2.4.1	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =140 kg/cm ² - FALSO PISO	m ³	24.48	268.40	6,570.43
1.2.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL- FALSO PISO	m ²	6.79	38.72	262.91
1.3	CONCRETO ARMADO				513,134.99
1.3.1	ZAPATAS				68,834.82
1.3.1.1	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ² - ZAPATAS	m ³	148.73	262.40	39,026.75
1.3.1.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - ZAPATAS	m ²	179.76	71.58	12,867.22
1.3.1.3	ACERO DE REFUERZO f _y =4,200 kg/cm ² - ZAPATAS	kg	3,781.44	4.48	16,940.85
1.3.2	COLUMNAS				70,319.41
1.3.2.1	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ² - COLUMNAS	m ³	45.07	318.24	14,343.08
1.3.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - COLUMNAS	m ²	377.83	65.21	24,638.29
1.3.2.3	ACERO DE REFUERZO f _y =4,200 kg/cm ² - COLUMNAS	kg	6,569.82	4.77	31,338.04
1.3.3	VIGAS				228,120.02
1.3.3.1	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ² - VIGAS	m ³	111.60	296.06	33,040.30
1.3.3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - VIGAS	m ²	1,096.23	74.04	81,164.87
1.3.3.3	ACERO DE REFUERZO f _y =4,200 kg/cm ² - VIGAS	kg	23,881.52	4.77	113,914.85
1.3.4	LOSAS MACIZAS				25,330.72
1.3.4.1	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ² - LOSAS MACIZAS	m ³	17.96	296.06	5,317.24
1.3.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSAS MACIZAS	m ²	119.75	56.86	6,808.99
1.3.4.3	ACERO DE REFUERZO f _y =4,200 kg/cm ² - LOSAS MACIZAS	kg	2,934.33	4.50	13,204.49
1.3.5	LOSAS ALIGERADAS				98,835.10
1.3.5.1	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ² - LOSAS ALIGERADAS	m ³	17.96	296.06	5,317.24
1.3.5.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSAS ALIGERADAS	m ²	896.63	47.11	42,240.24
1.3.5.3	LADRILLO ARCILLA PARA TECHO DE h=0.15 m	und	7,622.00	2.67	20,350.74
1.3.5.4	ACERO DE REFUERZO f _y =4,200 kg/cm ² - LOSAS ALIGERADAS	kg	7,159.00	4.32	30,926.88
1.3.6	ESCALERAS				21,694.92
1.3.6.1	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ² -ESCALERAS	m ³	14.73	318.24	4,687.68
1.3.6.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - ESCALERAS	m ²	101.88	97.80	9,963.86
1.3.6.3	ACERO DE REFUERZO f _y =4,200 kg/cm ² - ESCALERAS	kg	1,476.60	4.77	7,043.38
1.4	TRABAJOS COMPLEMENTARIOS				27,689.40
1.3.6.1	TARRAJEO EN COLUMNAS	m ³	396.24	38.12	15,104.67
1.3.6.2	TARRAJEO EN VIGAS	m ²	1,096.24	44.73	49,034.82
1.3.6.3	TARRAJEO EN LOSAS	kg	1,016.38	37.73	38,348.02
1.5	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DE LOS MATERIALES				27,689.40
	COSTO DIRECTO (S/)				683,974.95

SON : SEISCIENTOS OCHENTA Y TRES MIL NOVECIENTOS SETENTA Y CUATRO Y 95/100 SOLES

ANEXO 25: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU**
 Subpresupuesto **ESTRUCTURAS** Fecha presupuesto **01/08/2020**

Partida **1.1.1.1 EXCAVACIÓN DE MAT. SUELTO H=1.00 m C/retro**

Rendimiento **m³/DÍA** **MO. 250.00** **EQ. 250.00** Costo unitario directo por : m³ **5.78**
 Jornada (Horas) **8.000**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	27.49	0.09
0101010005	PEÓN	hh	1.0000	0.0320	16.37	0.52
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	22.91	0.73
1.34						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.34	0.07
03011700020009	RETROEXCAVADORA C/LLANTA 58 HP 1y 3m ³	hm	1.0000	0.0320	136.44	4.37
4.44						

Partida **1.1.2.1 RELLENO COMPACTADO A MANO - MAT. PROPIO, R=7m³/día, C/PISÓN, C/AGUA**

Rendimiento **m³/DÍA** **MO. 7.00** **EQ. 7.00** Costo unitario directo por : m³ **23.62**
 Jornada (Horas) **8.000**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1143	27.49	3.14
0101010005	PEÓN	hh	1.0000	1.1429	16.37	18.71
21.85						
Materiales						
0290130022	AGUA	m ³		0.1200	5.68	0.68
0.68						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	21.85	1.09
1.09						

Partida **1.1.3.1 ELIMINACIÓN DE MAT. CARG. 125 HP/ VOLQUETE 6m³, V= 30km/h D=5km**

Rendimiento **m³/DÍA** **MO. 345.00** **EQ. 345.00** Costo unitario directo por : m³ **21.03**
 Jornada (Horas) **8.000**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	27.49	0.06
0101010005	PEÓN	hh	2.0000	0.0464	16.37	0.76
0.82						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.82	0.02
03011600010005	CARGADOR C/ LLANTA 125 HP, 2.5 Y 3 m ³	hm	1.0000	0.0232	170.14	3.95
03012200040005	CAMIÓN VOLQUETE DE 140-210 HP 6 m ³	hm	4.0000	0.0928	175.00	16.24
20.21						

Análisis de precios unitariosPresupuesto **EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU**Subpresupuesto **ESTRUCTURAS**

Fecha presupuesto

01/08/2020Partida **1.2.1 CONCRETO CICLOPEO 1:10 (C:H) + 30% P. GRANDE - CIMENTO CORRIDO**

Rendimiento	und/DÍA	MO. 25.00	EQ. 25.00	Costo unitario directo por : und	182.29
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0640	27.49	1.76
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	18.12	5.80
0101010005	PEÓN	hh	8.0000	2.5600	16.37	41.91
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	1.0000	0.3200	23.70	7.58
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	22.91	14.66
						71.71
Materiales						
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal		0.0040	37.40	0.15
0201020012	GRASA MULTIPROPÓSITO	lb		0.0080	10.38	0.08
02010300010001	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1200	9.69	1.16
02070100050001	PIEDRA MEDIANA DE 4"	m ³		0.5200	33.05	17.19
0207030001	HORMIGÓN	m ³		0.7800	32.70	25.51
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		2.9000	18.48	53.59
0290130022	AGUA	m ³		0.1620	5.68	0.92
						98.60
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	71.71	3.59
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23 HP 11-12p ³	hm	1.0000	0.3200	26.21	8.39
						11.98

Partida **1.2.2.1 CONCRETO 1:8 (C:H) + 25% P. MEDIANA - SOBRECIMIENTO**

Rendimiento	m³/DÍA	MO. 12.00	EQ. 12.00	Costo unitario directo por : m ³	278.14
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.1333	27.49	3.66
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	18.12	12.08
0101010005	PEÓN	hh	8.0000	5.3333	16.37	87.31
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	1.0000	0.6667	23.70	15.80
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	22.91	30.55
						149.40
Materiales						
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal		0.0083	37.40	0.31
0201020012	GRASA MULTIPROPÓSITO	lb		0.0167	10.38	0.17
02010300010001	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.2500	9.69	2.42
02070100050001	PIEDRA MEDIANA DE 4"	m ³		0.3800	33.05	12.56
0207030001	HORMIGÓN	m ³		0.9000	32.70	29.43
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		3.3000	18.48	60.98
0290130022	AGUA	m ³		0.1620	5.68	0.92
						106.79
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	149.40	4.48
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23 HP 11-12p ³	hm	1.0000	0.6667	26.21	17.47
						21.95

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.2.2.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL- SOBRECIMENTOS

Rendimiento	m ² /DÍA	MO. 16.00	EQ. 16.00	Costo unitario directo por : m ²	44.72
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0500	27.49	1.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5000	18.12	9.06
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	22.91	11.46
						21.89
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.2600	2.84	0.74
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.1600	4.15	0.66
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		3.3500	6.20	20.77
						22.17
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	21.89	0.66
						0.66

Partida 1.2.3 SOLADO e=5cm

Rendimiento	m ² /DÍA	MO. 100.00	EQ. 100.00	Costo unitario directo por : m ²	26.98
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0160	27.49	0.44
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	18.12	1.45
0101010005	PEÓN	hh	8.0000	0.6400	16.37	10.48
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	1.0000	0.0800	23.70	1.90
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.1600	22.91	3.67
						17.94
Materiales						
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal		0.0010	37.40	0.04
0201020012	GRASA MULTIPROPÓSITO	lb		0.0020	10.38	0.02
02010300010001	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.0300	9.69	0.29
0207030001	HORMIGÓN	m ³		0.0650	32.70	2.13
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.1900	18.48	3.51
0290130022	AGUA	m ³		0.0081	5.68	0.05
						6.04
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	17.94	0.90
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23 HP 11-12p ³	hm	1.0000	0.0800	26.21	2.10
						3.00

Análisis de precios unitariosPresupuesto **EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU**Subpresupuesto **ESTRUCTURAS**

Fecha presupuesto

01/08/2020Partida **1.2.4.1 CONCRETO PREMEZCLADO f_c=140 kg/cm² - FALSO PISO**

Rendimiento	m³/DÍA	MO. 30.00	EQ. 30.00	Costo unitario directo por : m ³	268.40
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0267	27.49	0.73
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.2667	18.12	4.83
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	1.0667	16.37	17.46
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.2667	23.70	6.32
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.5333	22.91	12.22
						41.56
Materiales						
02190100010024	CONCRETO PREMEZCLADO F _C =140 kg/cm ² CON CEMENTO T-I	m ³		1.0300	217.50	224.03
						224.03
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	41.56	1.25
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0001	0.2667	5.84	1.56
						2.81

Partida **1.2.4.2 ENCOFRADO Y DESENCOFADO NORMAL- FALSO PISO**

Rendimiento	m²/DÍA	MO. 16.00	EQ. 16.00	Costo unitario directo por : m ²	38.72
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0500	27.49	1.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5000	18.12	9.06
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	22.91	11.46
						21.89
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.3000	2.84	0.85
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.3300	4.15	1.37
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		2.1800	6.20	13.52
						15.74
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	21.89	1.09
						1.09

Partida **1.3.1.1 CONCRETO PREMEZCLADO f_c=210 kg/cm² - ZAPATAS**

Rendimiento	m³/DÍA	MO. 60.00	EQ. 60.00	Costo unitario directo por : m ³	262.40
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	18.12	2.42
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	0.5333	16.37	8.73
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.1333	23.70	3.16
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.2667	22.91	6.11
						20.79
Materiales						
02190100010011	CONCRETO PREMEZCLADO F _C =210 kg/cm ² CON CEMENTO T-I	m ³		1.0200	235.50	240.21
						240.21
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	20.79	0.62
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.1333	5.84	0.78
						1.40

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.3.1.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - ZAPATA

Rendimiento	m ² /DÍA	MO. 8.00	EQ. 8.00	Costo unitario directo por : m ²	71.58
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	27.49	2.75
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	18.12	18.12
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	22.91	22.91
						43.78
Materiales						
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.1500	4.15	0.62
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		4.0300	6.20	24.99
						25.61
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	43.78	2.19
						2.19

Partida 1.3.1.3 ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm² - ZAPATAS

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 300.00	EQ. 300.00	Costo unitario directo por : kg	4.48
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0027	27.49	0.07
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	18.12	0.48
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	22.91	0.61
						1.16
Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0250	2.84	0.07
0204030005	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm ² GRADO 60 - PRECIO COME I	kg		1.1000	2.86	3.15
						3.22
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.16	0.06
03013300020002	CIZALLA ELÉCTRICA DE FIERRO	hm	0.3300	0.0088	4.77	0.04
						0.10

Partida 1.3.2.1 CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm² - COLUMNAS

Rendimiento	m ³ /DÍA	MO. 30.00	EQ. 30.00	Costo unitario directo por : m ³	318.24
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0267	27.49	0.73
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.2667	18.12	4.83
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	1.0667	16.37	17.46
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.2667	23.70	6.32
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.5333	22.91	12.22
						41.56
Materiales						
02190100010011	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=210 kg/cm ² CON CEMENTO T-I	m ³		1.0200	235.50	240.21
02190500010001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m ³		1.0200	33.00	33.66
						273.87
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	41.56	1.25
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.2667	5.84	1.56
						2.81

Análisis de precios unitariosPresupuesto **EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU**Subpresupuesto **ESTRUCTURAS**

Fecha presupuesto

01/08/2020Partida **1.3.2.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - COLUMNAS**

Rendimiento	m²/DÍA	MO. 10.00	EQ. 10.00	Costo unitario directo por : m ²	65.21
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0800	27.49	2.20
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	18.12	14.50
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	22.91	18.33
						35.03
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.3000	2.84	0.85
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.3100	4.15	1.29
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		4.2400	6.20	26.29
						28.43
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	35.03	1.75
						1.75

Partida **1.3.2.3 ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm² - COLUMNAS**

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 250.00	EQ. 250.00	Costo unitario directo por : kg	4.77
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	27.49	0.09
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	18.12	0.58
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	22.91	0.73
						1.40
Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0200	2.84	0.06
0204030005	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm ² GRADO 60 - PRECIO COME	kg		1.1000	2.86	3.15
						3.21
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.40	0.07
03013300020002	CIZALLA ELÉCTRICA DE FIERRO	hm	0.3300	0.0106	4.77	0.05
0301440005	DOBLADORA ELÉCTRICA	hm	0.3300	0.0106	3.78	0.04
						0.16

Partida **1.3.3.1 CONCRETO PREMEZCLADO f_c=210 kg/cm² - VIGAS**

Rendimiento	m³/DÍA	MO. 60.00	EQ. 60.00	Costo unitario directo por : m ³	296.06
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	18.12	2.42
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	0.5333	16.37	8.73
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.1333	23.70	3.16
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.2667	22.91	6.11
						20.79
Materiales						
02190100010011	CONCRETO PREMEZCLADO F _C =210 kg/cm ² CON CEMENTO T-I	m ³		1.0200	235.50	240.21
02190500010001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m ³		1.0200	33.00	33.66
						273.87
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	20.79	0.62
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.1333	5.84	0.78
						1.40

Análisis de precios unitariosPresupuesto **EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU**Subpresupuesto **ESTRUCTURAS**

Fecha presupuesto

01/08/2020**Partida 1.3.3.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - VIGAS**

Rendimiento	m²/DÍA	MO. 9.00	EQ. 9.00	Costo unitario directo por : m ²	74.04
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0889	27.49	2.44
0101010005	PEÓN	hh	1.0000	0.8889	16.37	14.55
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.8889	22.91	20.36
						37.35
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.1000	2.84	0.28
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.2400	4.15	1.00
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		5.4100	6.20	33.54
						34.82
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	37.35	1.87
						1.87

Partida 1.3.3.3 ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm² - VIGAS

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 250.00	EQ. 250.00	Costo unitario directo por : kg	4.77
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	27.49	0.09
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	18.12	0.58
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	22.91	0.73
						1.40
Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0200	2.84	0.06
0204030005	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm ² GRADO 60 - PRECIO COME	kg		1.1000	2.86	3.15
						3.21
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.40	0.07
03013300020002	CIZALLA ELÉCTRICA DE FIERRO	hm	0.3300	0.0106	4.77	0.05
0301440005	DOBLADORA ELÉCTRICA	hm	0.3313	0.0106	3.78	0.04
						0.16

Partida 1.3.4.1 CONCRETO PREMEZCLADO f_c=210 kg/cm² - LOSA MACIZA

Rendimiento	m³/DÍA	MO. 60.00	EQ. 60.00	Costo unitario directo por : m ³	296.06
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	18.12	2.42
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	0.5333	16.37	8.73
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.1333	23.70	3.16
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.2667	22.91	6.11
						20.79
Materiales						
02190100010011	CONCRETO PREMEZCLADO F _C =210 kg/cm ² CON CEMENTO T-I	m ³		1.0200	235.50	240.21
02190500010001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m ³		1.0200	33.00	33.66
						273.87
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	20.79	0.62
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.1333	5.84	0.78
						1.40

Análisis de precios unitariosPresupuesto **EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU**Subpresupuesto **ESTRUCTURAS**

Fecha presupuesto

01/08/2020Partida **1.3.4.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSAS MACIZAS**

Rendimiento	m²/DÍA	MO. 12.00	EQ. 12.00	Costo unitario directo por : m ²	56.86
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0667	27.49	1.83
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	18.12	12.08
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	22.91	15.27
						29.18
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.1000	2.84	0.28
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.1400	4.15	0.58
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		4.0900	6.20	25.36
						26.22
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	29.18	1.46
						1.46

Partida **1.3.4.3 ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm² - LOSAS MACIZAS**

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 300.00	EQ. 300.00	Costo unitario directo por : kg	4.50
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0027	27.49	0.07
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	18.12	0.48
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	22.91	0.61
						1.16
Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0200	2.84	0.06
0204030005	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm ² GRADO 60 - PRECIO COME	kg		1.1000	2.86	3.15
						3.21
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.16	0.06
03013300020002	CIZALLA ELÉCTRICA DE FIERRO	hm	0.3300	0.0088	4.77	0.04
0301440005	DOBLADORA ELÉCTRICA	hm	0.3313	0.0088	3.78	0.03
						0.13

Partida **1.3.5.1 CONCRETO PREMEZCLADO f_c=210 kg/cm² - LOSA ALIGERADA**

Rendimiento	m³/DÍA	MO. 60.00	EQ. 60.00	Costo unitario directo por : m ³	296.06
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	18.12	2.42
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	0.5333	16.37	8.73
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.1333	23.70	3.16
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.2667	22.91	6.11
						20.79
Materiales						
02190100010011	CONCRETO PREMEZCLADO F _C =210 kg/cm ² CON CEMENTO T-I	m ³		1.0200	235.50	240.21
02190500010001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m ³		1.0200	33.00	33.66
						273.87
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	20.79	0.62
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.1333	5.84	0.78
						1.40

Análisis de precios unitariosPresupuesto **EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU**Subpresupuesto **ESTRUCTURAS**

Fecha presupuesto

01/08/2020Partida **1.3.5.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSAS ALIGERADAS**

Rendimiento	m²/DÍA	MO. 15.00	EQ. 15.00	Costo unitario directo por : m ²	47.11
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0533	27.49	1.47
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5333	18.12	9.66
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	22.91	12.22
						23.35
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.1000	2.84	0.28
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.1000	4.15	0.42
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		3.5300	6.20	21.89
						22.59
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	23.35	1.17
						1.17

Partida **1.3.5.3 LADRILLO ARCILLA PARA TECHO DE h=0.15 m**

Rendimiento	und/DÍA	MO. 1600.00	EQ. 1,600.0	Costo unitario directo por : und	2.67
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0005	27.49	0.01
0101010005	PEÓN	hh	9.0000	0.0450	16.37	0.74
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0050	22.91	0.11
						0.86
Materiales						
02160100040002	LADRILLO PARA TECHO 8H DE 15X30X30 cm	mll		0.0010	1,780.00	1.78
						1.78
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.86	0.03
						0.03

Partida **1.3.5.4 ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm² - LOSAS ALIGERADAS**

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 350.00	EQ. 350.00	Costo unitario directo por : kg	4.32
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	27.49	0.06
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	18.12	0.41
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	22.91	0.52
						0.99
Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0200	2.84	0.06
0204030005	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm ² GRADO 60 - PRECIO COME I kg			1.1000	2.86	3.15
						3.21
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.99	0.05
03013300020002	CIZALLA ELÉCTRICA DE FIERRO	hm	0.3300	0.0075	4.77	0.04
0301440005	DOBLADORA ELÉCTRICA	hm	0.3313	0.0076	3.78	0.03
						0.12

Análisis de precios unitariosPresupuesto **EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU**Subpresupuesto **ESTRUCTURAS**

Fecha presupuesto

01/08/2020Partida **1.3.6.1 CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm² -ESCALERA**

Rendimiento	m³/DÍA	MO. 30.00	EQ. 30.00	Costo unitario directo por : m ³	318.24
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0267	27.49	0.73
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.2667	18.12	4.83
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	1.0667	16.37	17.46
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.2667	23.70	6.32
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.5333	22.91	12.22
						41.56
Materiales						
02190100010011	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm ² CON CEMENTO T-I	m ³		1.0200	235.50	240.21
02190500010001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m ³		1.0200	33.00	33.66
						273.87
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	41.56	1.25
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.2667	5.84	1.56
						2.81

Partida **1.3.6.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - ESCALERA**

Rendimiento	m²/DÍA	MO. 6.00	EQ. 6.00	Costo unitario directo por : m ²	97.80
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1333	27.49	3.66
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	1.3333	18.12	24.16
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	22.91	30.55
						58.37
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.1000	2.84	0.28
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.2000	4.15	0.83
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		5.7100	6.20	35.40
						36.51
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	58.37	2.92
						2.92

Partida **1.3.6.3 ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200$ kg/cm² - ESCALERA**

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 250.00	EQ. 250.00	Costo unitario directo por : kg	4.77
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	27.49	0.09
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	18.12	0.58
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	22.91	0.73
						1.40
Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0200	2.84	0.06
0204030005	ACERO CORRUGADO $f_y = 4200$ kg/cm ² GRADO 60 - PRECIO COME I kg			1.1000	2.86	3.15
						3.21
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.40	0.07
03013300020002	CIZALLA ELÉCTRICA DE FIERRO	hm	0.3300	0.0106	4.77	0.05
0301440005	DOBLADORA ELÉCTRICA	hm	0.3313	0.0106	3.78	0.04
						0.16

Análisis de precios unitariosPresupuesto **EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU**Subpresupuesto **ESTRUCTURAS**

Fecha presupuesto

01/08/2020Partida **1.4.1 TARRAJEO DE COLUMNAS MEZCLA 1.5, E = 1.5cm**

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 9.00	EQ. 9.00	Costo unitario directo por : m ²	38.12
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0889	28.06	2.49
101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.8889	23.38	20.78
101010005	PEON	hh	0.6600	0.5867	16.71	9.80
						33.07
Materiales						
290130022	AGUA	m ³		0.0043	5.68	0.02
2070100050002	ARENA FINA	m ³		0.0182	42.37	0.77
213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (bls.: 42.5 kg)	bls		0.1190	18.48	2.20
2041200010003	CLAVO C/ CABEZA P/ CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg		0.0010	4.49	0.00
201020014	MADERA ANDAMIAJE	p ²		0.2010	3.50	0.70
201020015	REGLA DE MADERA	p ²		0.0250	2.60	0.07
						3.76
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	33.07	1.28
						1.28

Partida **1.4.2 TARRAJEO DE VIGAS SUPERFICIE MEZ.C:A 1:5, E = 1.5 cm**

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 6.50	EQ. 6.50	Costo unitario directo por : m ²	44.73
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1231	28.06	3.45
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	1.2308	23.08	28.78
101010005	PEON	hh	0.3300	0.4062	16.71	6.79
						39.02
Materiales						
02040100010002	AGUA	m ³		0.0043	5.68	0.02
0204030005	ARENA FINA	m ³		0.0182	42.37	0.77
213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.: 42.5 kg)	bls		0.1190	18.48	2.20
2041200010003	CLAVO C/ CABEZA P/ CONSTRUCCIÓN	kg		0.0010	4.49	0.00
201020014	MADERA ANDAMIAJE	p ²		0.2010	3.50	0.70
201020015	REGLA MADERA	p ²		0.0250	2.60	0.07
						3.77
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	39.02	1.94
						1.94

Análisis de precios unitarios

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.4.3 TARRAJEO DE TECHO CON MEZC.C:A 1:5

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 8.00	EQ. 8.00	Costo unitario directo por : m ²	37.73
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	28.06	2.81
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	23.38	23.38
101010005	PEON	hh	0.3300	0.3300	16.71	5.51
						31.70
Materiales						
02040100010002	AGUA	m ³		0.0100	5.68	0.06
0204030005	ARENA FINA	m ³		0.0165	42.37	0.70
213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.: 42.5 kg)	bls		0.1166	18.48	2.15
2041200010003	CLAVO C/ CABEZA P/ CONSTRUCCIÓN	kg		0.0100	4.49	0.04
201020014	MADERA ANDAMIAJE	p ²		0.5890	3.50	2.06
201020015	REGLA MADERA	p ²		0.0270	2.60	0.07
						5.09
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	31.70	0.94
						0.94

ANEXO 26: PRECIOS Y CANTIDADES DE RECURSOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra **EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU**
 Subpresupuesto **ESTRUCTURAS**
 Fecha **01/08/2020**
 Lugar **LIMA - LIMA - LURÍN**

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	Presupuestado S/
MANO DE OBRA						
0101010002	CAPATAZ	hh	655.0540	27.49	18,162.37	18,146.40
0101010004	OFICIAL	hh	2,721.7080	18.12	49,317.35	49,261.20
0101010005	PEÓN	hh	2,767.4608	16.37	45,608.28	47,573.14
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	28.4285	23.70	673.76	673.97
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	61.9677	23.70	1,468.63	1,468.79
0101010012	OPERARIO	hh	6,557.0131	22.91	151,498.57	151,317.11
					266,728.96	266,498.62
MATERIALES						
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.3549	37.40	13.27	13.53
0201020012	GRASA MULTIPROPOSITO	lb	0.7112	10.38	7.38	7.16
02010300010001	GASOLINA 84 OCTANOS	gal	10.6605	9.69	103.30	103.10
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	382.1270	2.84	1,085.24	1,075.90
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	934.9614	2.84	2,655.29	2,785.98
0204030005	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm ² GRADO 60 - PRECIO COMERCIAL	kg	50,382.9810	2.86	144,095.33	144,278.54
02041200010003	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg	575.7597	4.15	2,389.40	2,389.42
2041200010005	MADERA ANDAMIAJE	m ²	898.6481	3.50	3,145.27	3,145.49
2041200010006	REGLA DE MADERA	m ²	64.7548	2.60	168.36	168.71
02070100050001	PIEDRA MEDIANA DE 4"	m ³	24.2534	33.05	801.57	801.73
2070100050002	ARENA FINA	m ³	43.9337	42.37	1,861.47	801.73
0207030001	HORMIGÓN	m ³	47.0567	32.70	1,538.75	1,539.32
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	465.5228	18.48	8,602.86	8,602.62
02160100040002	LADRILLO PARA TECHO 8H DE 15X30X30 cm	m ²	7.6220	1,780.00	13,567.16	13,567.16
02190100010011	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm ²	m ³	363.1710	235.50	85,526.77	85,526.76
02190100010024	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=140 kg/cm ²	m ³	25.2144	217.50	5,484.13	5,484.25
02190500010001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m ³	211.4664	33.00	6,978.39	6,978.39
0231010001	MADERA TORNILLO	m ³	13,092.0247	6.20	81,170.55	81,173.47
0290130022	AGUA	m ³	29.9479	5.68	170.10	170.15
					359,368.56	359,598.46
EQUIPOS						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			14,242.81	14,244.08
03011600010005	CARGADOR C/ LLANTA 125 HP. 2.5 Y 3 m ³	hm	10.4899	170.14	1,784.75	1,785.99
03011700020009	RETROEXCAVADORA C/LLANTA 58 HP 1v 3m ³	hm	14.4707	136.44	1,974.38	1,976.16
03012200040005	CAMIÓN VOLQUETE DE 140-210 HP 6 m ³	hm	41.9595	175.00	7,342.91	7,342.92
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	61.9677	5.84	361.89	362.56
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23 HP 11-12 p ³	hm	28.4285	26.21	745.11	745.47
03013300020002	CIZALLA ELÉCTRICA DE FIERRO	hm	451.2275	4.77	2,152.36	2,151.39
0301440005	DOBLADORA ELÉCTRICA	hm	418.6667	3.78	1,582.56	1,579.91
					30,186.77	30,188.48
Total					S/ 656,284.29	S/ 656,285.56
					S/	656,285.56

La columna parcial es el producto del precio por la cantidad requerida; y en la última columna se muestra el Monto Real que se está utilizando

ANEXO 27: MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS DE LA TORRE 1

EVALUACIÓN DE RIESGOS CON LA HERRAMIENTA IPRA - EDIFICACIÓN CON ESTRUCTURAS METÁLICAS

UTILIDAD DEL PROYECTO (10% del costo directo)				178.52	Miles S/							
ITEM	ACTIVIDAD	ELEMENTO DE RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	TIPO DE RIESGO	PROBABILIDAD (%)	JUSTIFICACIÓN	IMPACTO (Miles de S/)	DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS	IMPORTANCIA	RESPONSABLE DEL RIESGO	PLAN DE RESPUESTA	RIESGO ESPERADO
1.0	Todo el proyecto	I.B1. Sources & form of funding Fuentes y formas de financiamiento	Siendo un proyecto con elementos prefabricados, un gran porcentaje del gasto total del proyecto se lleva a cabo al inicio (31 % para este caso), para así asegurar y cerrar contratos con proveedores de estos materiales, por esta razón puede darse una mala gestión del flujo de caja o cierre de contrato que genere falta de liquidez en algún momento de la obra, ocasionando una paralización o retrasos en el ritmo de avance, lo cual se vería reflejado también en los costos	Riesgo Financiero	Baja 10%	Se asume que 2 de cada 10 clientes o contratistas no consideran este aspecto del financiamiento como un punto importante a analizar	Menor 15.98	Se originan costos adicionales por la paralización debido a una falta de liquidez que impide continuar con los pedidos, estos costos adicionales ascienden al 10 % del total de mano de obra	Baja	CLIENTE Y/O CONTRATISTA	EVITAR: Se debe considerar este aspecto financiero en la realización del contrato cliente-contratista. En el caso que parte del financiamiento lo realice el contratista, este debe tener buena solvencia económica	Se elimina el riesgo
2.0	Todo el proyecto	I.B.2. Currency Moneda	Debido a que el principal material del proyecto es el acero (39.94% del presupuesto del proyecto), y siendo la moneda usada para la estimación de su precio el dólar, sumado a un mercado actual (agosto 2020) de volatilidad del dólar, podría ocurrir un aumento significativo del tipo de cambio, lo que a su vez genere un aumento del presupuesto	Riesgo Financiero	Alta 90%	El dólar se ha mantenido al alza en lo que va del año (2020), existe tensiones entre EEUU y China que ocasiona que aumente el tipo de cambio	Menor 17.33	Aumento del precio del dólar a razón de 0.835 % mensual (por data del año 2020) y consecuente aumento del presupuesto equivalente al aumento de 3 meses, del presupuesto base menos el costo de mano de obra y adelantos de materiales prefabricados	Media	CLIENTE Y/O CONTRATISTA	EVITAR: Realizar una buena gestión de contratos que permita tener un precio fijo del acero y derivados, por orden de compra hasta una fecha pactada, por ejemplo de hasta 3 meses acordado el contrato	Se elimina el riesgo
3.0	Estructuras metálicas	III.B1. Engineered equipment/material/tool Equipamiento, material y herramientas de ingeniería	Siendo los trabajos de estructuras metálicas parte de la ruta crítica del proyecto, un posible retraso en estas actividades originado por la paralización de los elevadores articulados afectaría al plazo total del proyecto	Riesgos de Equipos	Media 25%	Se asume que un elevador articulado de los 4 necesitará necesariamente mantenimiento y reparación	Menor 9.13	Menor avance, menor productividad y retraso en el proyecto del 4.5 % del tiempo total de la especialidad de estructuras metálicas (27 días), sobrecostos por mano de obra, equipos y maquinaria	Media	CONTRATISTA	MITIGAR: Contar con un plan de mantenimiento e inspección continuo, así como también contar con un plan de reparación rápida	RIESGO RESIDUAL Aún existe riesgo de demora por averías de los elevadores. Se recomienda seguimiento continuo
4.0	Todo el proyecto	III.B5. Logistics Logística	Debido a que los principales materiales son prefabricados (armaduras prearmadas, estructuras metálicas y losas de acerodeck), y siendo para estos casos una etapa importante la de su suministro a obra, en la cual suele ocurrir complicaciones, podría suceder que haya retrasos en su despacho lo cual genere mayores plazos de ejecución y consecuentes costos adicionales al proyecto	Riesgo de Procura	Baja 15%	Se asume que 1 de cada 6 envíos presente algún tipo de complicación que afecte la llegada de los materiales	Menor 7.30	Retrasos en obra mínimos (ya que se consideró la holgura durante la planificación), sobrecostos equivalentes a paralizaciones de 3.5 días en la mano de obra, considerando solo la partida de estructuras metálicas (montaje)	Baja	CONTRATISTA	TRANSFERIR: Acordar con los proveedores la entrega en obra para las fechas ya planificadas, los proveedores serán los encargados del transporte	RIESGO SECUNDARIO Aún existe riesgo de retrasos en la entrega de los materiales ocasionados por los proveedores. Se puede aceptar este riesgo
5.0	Todo el proyecto	III.C1. Design/engineering process Procesos de diseño e ingeniería	Por premuras en la ejecución y considerando que con los elementos prefabricados se acelera la etapa de diseño en general, podría ocurrir que se inicie la ejecución sin tener completa la ingeniería de diseño o compatibilizada, confiando en esta singularidad y al no considerar otras especialidades como el sistema contra incendio, redes de energía eléctrica o saneamiento, redes de conectividad, entre otros; lo cual generaría retrasos o retrabajos en la ejecución del proyecto	Riesgo Técnico	Media 40%	Se asume por la falta de aplicación de una buena tecnología de información en el rubro de construcción en el Perú, que cada 4 de 10 clientes o contratistas inician el proyecto sin tener aprobada la ingeniería total	Menor 5.10	Se originan costos adicionales por retrabajos y/o modificaciones al proyecto en general, que ascienden al 20 % del valor de la ingeniería estructural, siendo la ingeniería estructural un 1.5% del costo total de esta especialidad (ratio promedio considerado para proyectos de estructuras metálicas)	Media	CLIENTE Y/O CONTRATISTA	EVITAR: Se debe aprovechar los beneficios que ofrece la construcción con elementos prefabricados, su diseño modulado y la implementación de tecnologías de la información como el BIM, iniciando la ejecución solo al tener el diseño compatibilizado con las diversas especialidades	Se elimina el riesgo

EVALUACIÓN DE RIESGOS CON LA HERRAMIENTA IPRA - EDIFICACIÓN CON ESTRUCTURAS METÁLICAS

UTILIDAD DEL PROYECTO (10% del costo directo)														
				178.52	Miles S/									
ITEM	ACTIVIDAD	ELEMENTO DE RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	TIPO DE RIESGO	PROBABILIDAD (%)		JUSTIFICACIÓN	IMPACTO (Miles de S/)		DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS	IMPORTANCIA	RESPONSABLE DEL RIESGO	PLAN DE RESPUESTA	RIESGO ESPERADO
6.0	Todo el proyecto	III.C4. Constructability Constructabilidad	Debido a eventos fortuitos o de fuerza mayor como los sismos, podría ocurrir fallas no deseadas ni previstas en el diseño de los elementos prefabricados sin considerar su montaje para estos eventos, esto puede generar daños a la edificación, posibles accidentes, costos adicionales y retrabajos	Riesgos de Fuerza Mayor	Baja	5%	Se asume de la data histórica de eventos sísmicos en lima, que en los casi 2 meses de ejecución de la partida de estructuras metálicas, la probabilidad de ocurrencia de un sismo leve a moderado es de 5%	Moderado	30.42	Debido a un posible evento sísmico puede originarse fallas en algunos elementos del sistema aporticado estructural metálico (desajuste de pernos, desalineamiento de columnas no ajustadas, etc.), Originando retrabajos que ascienden a un 2.6 % del costo de la partida de estructuras metálicas	Media	CLIENTE Y/O CONTRATISTA	EVITAR: Se debe prever estas condiciones desde su diseño y también durante su ejecución, inspeccionando el proceso de montaje con la finalidad de no dejar inestables a los elementos por mucho tiempo, en caso no se logre la estabilidad inmediata en el montaje. También se puede incluir el contratar una póliza de seguro que cubra cualquier siniestro ante estos eventos	Se elimina el riesgo
7.0	Armadura prearmada - ACEDIM	III.C4. Constructability Constructabilidad	Debido a la poca especialización del personal obrero en la colocación de armaduras prearmadas, se podría generar conflictos y errores al transmitir la información de ejecución de la oficina técnica al personal obrero, lo cual provocará una baja en la productividad y sobrecostos por errores	Riesgo de Dirección del Proyecto	Alta	60%	Se asume que 6 de cada 10 operarios no han trabajado con armadura metálica prearmada y no reciben una capacitación previa al inicio del trabajo	Menor	5.51	Menor avance, menor productividad y retraso en el proyecto, con sobrecostos equivalentes al 50 % del costo de mano de obra y grúa en las partidas de colocación de armadura para la cimentación	Media	CONTRATISTA	MITIGAR: Realizar una buena elección de los operarios, y capacitarlos para que puedan realizar una correcta lectura del despiece de las armaduras prearmadas. Apoyo en los primeros trabajos de colocación de armadura para dar soporte al personal obrero y verificar su correcta colocación	RIESGO RESIDUAL Aún existe riesgo de demoras por falta de especialización, aunque su impacto y probabilidad de ocurrencia serían reducidas hasta ser aceptables
8.0	Actividades con materiales prefabricados	III.D1. Workforce availability and skill Disponibilidad y habilidad de la mano de obra	Debido a que en el mercado actual del Perú no se cuenta con suficiente demanda/oferta de proyectos prefabricados de metal, podría ocurrir que no se encuentre mano de obra calificada para estos trabajos, lo que ocasionaría una mala ejecución	Riesgos Constructivos	Media	40%	Probabilidad de 40 %, según un análisis rápido del mercado y la cantidad de proyectos con prefabricados de estos materiales realizados (2020)	Baja	25.56	Productividad menor a la esperada en la planificación, retraso del 20% del tiempo total (14 días), sobrecostos aplicados solo a la mano de obra	Media	CONTRATISTA	MITIGAR: Realizar un adecuado filtro del personal a contratar, como mínimo 1 año en experiencia o participación en 2 proyectos de similares características constructivas	RIESGO RESIDUAL Aún existe riesgo que no se encuentre personal obrero calificado
9.0	Todo el proyecto	III.D6. General contractor availability Disponibilidad del contratista general	Debido a que el mercado actual del Perú no cuenta con suficiente experiencia en la realización de proyectos de edificaciones residenciales con estructuras metálicas, podría suceder que el equipo de proyecto no tenga la suficiente experiencia y capacidad para ejecutarlo adecuadamente, perjudicando de forma general al cumplimiento de los objetivos	Riesgo de Dirección del Proyecto	Media	40%	Se asume que 4 de cada 10 empresas no cuenta con experiencia en la realización de este tipo de construcción	Media	52.18	Retrasos en obra y sobrecostos (15% de la mano de obra y maquinarias)	Media	CLIENTE	MITIGAR: Realizar una buena selección de contratistas bajo criterios específicos como especialización, experiencia, etc.	RIESGO RESIDUAL Aún existe riesgo de demoras por fallas técnicas, aunque su impacto sería reducido hasta ser aceptable
10.0	Estructuras metálicas y losas colaborantes	III.D10. Safety during construction Seguridad durante la construcción	Debido a la cantidad de trabajos en altura, podría ocurrir accidentes como caídas o tropiezos del personal obrero, y caída de objetos a gran altura que ocasionen daños a la salud del trabajador	Riesgos de Seguridad	Baja	15%	Se asume un 15 % de probabilidad que 9 obreros sufrirán algún tipo de accidente entre leve (3 días de descanso) y moderado (6 días de descanso)	Menor	16.37	Costos sociales en función de la UIT 2020 (S/ 4,300) y costos derivados del descanso médico del personal y de su impacto en el avance del proyecto	Baja	CONTRATISTA	MITIGAR: Implementar un sistema de gestión de seguridad ocupacional, un plan de cero accidentes	RIESGO RESIDUAL Aún existe riesgo que a pesar de implementar el sistema de gestión de seguridad aún ocurran accidentes

ANEXO 28: MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU

EVALUACIÓN DE RIESGOS CON LA HERRAMIENTA IPRA - EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU

UTILIDAD DEL PROYECTO (10% del costo directo)													
68.40 Miles S/													
ITEM	ACTIVIDAD	ELEMENTO DE RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	TIPO DE RIESGO	PROBABILIDAD (%)	JUSTIFICACIÓN	IMPACTO (Miles de S/)	DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS	IMPORTANCIA	RESPONSABLE DEL RIESGO	PLAN DE RESPUESTA	RIESGO ESPERADO	
1.0	Todo el proyecto	II.C1. Traditions and business practices Tradiciones y prácticas comerciales	Debido a la cantidad de mano de obra en estos tipos de proyectos (convencionales), podría generarse desacuerdos o problemas con el gremio sindical de la zona, ocasionando paralizaciones a las actividades de la obra	Riesgos Laborales	Alta	De acuerdo a una inspección general en la ciudad de Lima, la probabilidad de desacuerdos o problemas es del 50 %	Menor	8.72	Paralización de obra y consecuentes sobrecostos del 12.75 % de las utilidades	Media	CONTRATISTA	MITIGAR: Aplicar un concepto de "costos sociales" en las utilidades del proyecto, para compensar el riesgo de una mala negociación con el sindicato. En paralelo se debe buscar a un profesional con experiencia en el manejo de estas situaciones	RIESGO RESIDUAL Aún existe riesgo de una negociación fallida, se debe realizar seguimiento continuo y medidas adicionales para asegurar la negociación
2.0	Todo el proyecto	III.A4. Environmental, health, and safety Medio ambiente, salud y seguridad (COVID 19)	Debido a la actual coyuntura de la pandemia COVID 19, y a la cantidad de personal obrero involucrado en su ejecución, podría darse diversos casos de contagios que afecten al avance programado de obra	Riesgo Laborales	Media	Se asume en función de la data del Ministerio de Salud para diversas actividades productivas en tiempos de pandemia (2020)	Media	18.76	Contagio de obreros (9 personas, 50 % del máximo personal obrero), descanso médico de 3 semanas por cada caso de contagio. No se considera paralización de obra por contagio masivo pero si retraso, costos sociales y sobrecostos del 12.5 % del costo total de mano de obra (considerando contagios de operarios)	Media	CLIENTE Y/O CONTRATISTA	MITIGAR: Seguir los lineamientos y recomendaciones de las entidades de salud expertas en el tema. Asegurar el cumplimiento de los protocolos establecidos en la ejecución de las actividades	RIESGO RESIDUAL Aún existe riesgo de contagio de los trabajadores en horario no laboral
3.0	Todo el proyecto	III.A4. Environmental, health, and safety Medio ambiente, salud y seguridad (Residuos de obra)	Debido al tiempo de ejecución total del proyecto y a la constante generación de residuos, podría darse una mala gestión de estos, que originen presencia de roedores, insectos, etc., perjudicando la salud de los trabajadores, y además que se generen reclamos de vecinos del proyecto	Riesgos Constructivos	Media	De la data de proyectos similares (obtenidas de la entidad ejecutante), 2 de cada 10 proyectos presentan estos problemas	Baja	9.90	Los trabajadores presentan problemas de salud, se reciben multas y tensión social con los vecinos del proyecto. Sobrecostos equivalentes a 1.5 UITs y 1.91 % del costo de la mano de obra, ocasionado por trabajos adicionales de limpieza	Media	CONTRATISTA	EVITAR: Realizar un adecuado plan de gestión de residuos en la etapa de planificación	Se elimina el riesgo
4.0	Todo el proyecto	III.C1. Design/engineering process Procesos de diseño e ingeniería	Debido a la premura en la ejecución del proyecto y a los tiempos de diseño en la construcción convencional, podría ocurrir errores en el diseño al no compatibilizar las especialidades, lo que a su vez afectaría a la normal ejecución del proyecto	Riesgo Técnico	Media	Se asume por la falta de aplicación de tecnología de información en el rubro de construcción en el Perú, que 4 de cada 10 clientes o contratistas inician el proyecto sin tener aprobada la ingeniería total del proyecto	Menor	6.98	Se originan costos adicionales por retrabajos y/o modificaciones al proyecto en general, que ascienden al 40 % del valor de la ingeniería estructural, siendo la ingeniería estructural un 3% del costo total de esta especialidad (ratio promedio en proyectos convencionales)	Media	CLIENTE Y/O CONTRATISTA	EVITAR: Se debe implementar tecnologías de la información como el BIM desde la etapa de planificación. Comenzando la ejecución al tener el diseño compatibilizado con las diversas especialidades	Se elimina el riesgo
5.0	Todo el proyecto	III.C4. Constructability Constructabilidad (Gestión del equipo de ejecución)	Debido a una posible mala gestión en la ejecución por parte del equipo de proyecto, podría ocurrir retrasos, sobrecostos y errores en la calidad de los trabajos	Riesgo de Dirección del Proyecto	Media	Se asume que 4 de cada 10 equipos de proyectos presentan problemas de calidad por una mala gestión en la ejecución	Moderado	11.63	Menor avance, menor productividad y retraso en el proyecto del 10% del tiempo total de la especialidad, y sobrecostos derivados de la baja productividad y de los errores en la construcción (2% del costo total del proyecto)	Media	CONTRATISTA	MITIGAR: Realizar una buena selección del equipo de proyecto, administrativo y operativo, así como elaborar los planes de gestión necesarios desde la planificación del proyecto	RIESGO RESIDUAL Aún existe riesgo de demoras por una mala gestión en algunos aspectos de la ejecución del proyecto.

EVALUACIÓN DE RIESGOS CON LA HERRAMIENTA IPRA - EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU

UTILIDAD DEL PROYECTO (10% del costo directo)													
		68.40		Miles S/									
ITEM	ACTIVIDAD	ELEMENTO DE RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	TIPO DE RIESGO	PROBABILIDAD (%)	JUSTIFICACIÓN	IMPACTO (Miles de S/)	DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS	IMPORTANCIA	RESPONSABLE DEL RIESGO	PLAN DE RESPUESTA	RIESGO ESPERADO	
6.0	Todo el proyecto	III.C4. Constructability Constructabilidad (Eventos fortuitos)	Debido a eventos fortuitos o de fuerza mayor como sismos, podría ocurrir fallas no deseadas ni previstas durante el diseño de los elementos estructurales considerando sus distintas etapas, esto ocasionaría daños a la edificación, posibles accidentes, costos adicionales y retrabajos	Riesgos de Fuerza Mayor	Baja 8%	Se asume de la data histórica de eventos sísmicos en Lima, que en los casi 4 meses de ejecución de la partida de estructuras, la probabilidad de ocurrencia de un sismo leve a moderado es de 8%	Menor 5.81	Se originan fallas en algunos elementos del sistema estructural (durante el proceso de ejecución), originando retrabajos que ascienden a un 1% del costo de esta especialidad	Baja	CLIENTE Y/O CONTRATISTA	MITIGAR: Se debe prever estas condiciones desde su diseño. Se debe contratar una póliza de seguros CAR (Contractors All Risk)	RIESGO RESIDUAL El riesgo no desaparece, sin embargo, los impactos que generaría a los objetivos del proyecto serán reducidos	
7.0	Todo el proyecto	III.D1. Workforce availability and skill Disponibilidad y habilidad de la mano de obra	Debido a la cantidad de mano de obra involucrada en la ejecución, los tiempos contributivos y no contributivos podrían ser mayores a los esperados, lo que generaría una disminución en la productividad y mayores tiempos de ejecución de los trabajos	Riesgos Constructivos	Media 30%	De la información de distintos proyectos, se asume el valor de 30 % al promedio de ocurrencia de tiempos no productivos en proyectos para la ciudad de Lima	Moderado 10.25	Retrasos en el avance y sobrecostos relativos a la mano de obra y maquinaria total (5%)	Media	CONTRATISTA	MITIGAR: Brindar el adecuado soporte logístico para tener la disponibilidad de recursos cuando se requiera, y realizar un correcto planeamiento y seguimiento a los procesos constructivos; para aumentar y controlar los tiempos productivos y reducir los no productivos	RIESGO RESIDUAL Aún existe riesgo de tener una productividad menor a la deseada. Se debe realizar seguimiento, la tendencia es que a medida que avance el proyecto la productividad aumente	
8.0	Todo el proyecto	III.D10. Safety during construction Seguridad durante la construcción	Debido a la cantidad de trabajos en altura, trabajos en caliente, entre otros, podría ocurrir accidentes como caídas o tropezos, caída de objetos a gran altura, o algún otro evento no deseado que ocasione daños a la salud del trabajador	Riesgos de seguridad	Media 30%	Se asume que un 33 % de la cantidad máxima de obreros sufrirá algún tipo de accidente entre leve (3 días de descanso) y moderado (6 días de descanso)	Moderado 15.05	Costos sociales en función de la UIT 2020 (S/ 4300), costos derivados del descanso médico del personal y el impacto en el avance del proyecto	Media	CONTRATISTA	MITIGAR: Implementar un sistema de gestión de seguridad ocupacional, un plan de cero accidentes.	RIESGO RESIDUAL Aún existe riesgo que a pesar de implementar el sistema de gestión de seguridad aún ocurran accidentes	
9.0	Todo el proyecto	III.D12. Quality Calidad (Mano de obra)	Debido al grado de implicancia de la mano de obra en la calidad de los trabajos, y que por su naturaleza no se obtiene una calidad uniforme, podría ocurrir fallas en la calidad de estos trabajos lo que a su vez ocasione costos de no calidad y retrabajos	Riesgos Constructivos	Media 40%	Basado en diversas investigaciones para proyectos de construcción desarrollados en Lima, la probabilidad de fallas en la calidad es del 40%	Baja 8.72	Retrabajos y costos de no calidad que ascienden al 12.75 % de las utilidades	Media	CONTRATISTA	EVITAR: Implementar un sistema de gestión de calidad, analizar y adicionar en caso se requiera, costos de calidad preventivos y de evaluación	Se elimina el riesgo	
10.0	Todo el proyecto	III.D12. Quality Calidad (Gestión de materiales)	Debido a la cantidad de materiales y a la cantidad de personal en la obra, podría ocurrir una mala gestión del almacenamiento de materiales, lo que generaría deterioro y posibles pérdidas de los materiales	Riesgos Constructivos	Baja 10%	Se asume una baja probabilidad de ocurrencia	Menor 7.90	Se originan sobrecostos que ascienden al 3.15 % del costo total del material (sin considerar el concreto premezclado)	Baja	CONTRATISTA	MITIGAR: Llevar un control minucioso del material en obra, con un solo responsable de la entrega, detallando el nombre de la persona que requiere el material y el trabajo o actividad para la que se va a usar. Realizar una inspección semanal del inventario	Se elimina el riesgo	

ANEXO 29: MATRIZ IPERC DE LA TORRE 1

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS - IPERC / EDIFICACIÓN CON ESTRUCTURAS METÁLICAS

PROCESO	ACTIVIDAD / TAREA	PELIGRO	RIESGO DE SEGURIDAD	RIESGO A LA SALUD OCUPACIONAL	PROBABILIDAD					SEVERIDAD (S)	RIESGO = (P*S)	NIVEL DE RIESGO	CONTROLES					MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	PROBABILIDAD					SEVERIDAD (S)	RIESGO = (P*S)	NIVEL DE RIESGO
					PERSONAS EXPUESTAS (A)	PROCEDIMIENTO (B)	CAPACITACIÓN (C)	EXPOSICIÓN (D)	PROBABILIDAD P=(A+B+C+D)				EP	SP	CIP	CAP	EPP		PERSONAS EXPUESTAS (A)	PROCEDIMIENTO (B)	CAPACITACIÓN (C)	EXPOSICIÓN (D)	PROBABILIDAD P=(A+B+C+D)			
MONTAJE E INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	Habilitación del área de trabajo	Terreno a desnivel, presencia de piedras, accesos inadecuados (con presencia de lodos, inestables, otros), filos expuestos en el área	Caída, tropezones, resbalones, cortes, rasguños, exposiciones a virus, tétano	Fracturas, policontusiones, golpes, infecciones	2	1	1	1	5	1	5	TO			X	X	X	1. Reunión de inducción diaria de 10 minutos. 2. Retirar todo tipo de obstáculos de la zona de tránsito. 3. Delimitar el área de trabajo e impedir el ingreso de personal ajeno al trabajo sin una inducción previa. 4. Desplazarse por zonas señalizadas, libres de obstáculos. 5. Utilizar el EPP adecuado (guantes, zapatos de seguridad, lentes de seguridad, casco de seguridad, uniforme reflectivo). 6. Orden y limpieza en todo momento. 7. Campañas de vacunación contra el tétano.	1	1	1	1	4	1	4	TO
	Traslado de estructuras metálicas, posicionamiento del trailer y grúa	Terreno inestable, vehículos en movimiento, equipos operativos, cables eléctricos aéreos, falta de señalización	Atropello, aplastamiento, atrapamiento, volcadura, golpe, colisiones, caídas a desnivel	Fracturas, policontusiones, golpes, muertes	1	2	2	3	8	3	24	IM				X	X	1. Verificación del equipo de trabajo, contar con vigas, delimitar el área de trabajo e impedir el ingreso de personal ajeno al trabajo. 2. Desplazar el equipo por zonas señalizadas, libres de obstáculos. 3. Inspección mensual de la grúa. 4. Colocar letreros con límite de velocidad para las vías de transporte internas. 5. Uso de EPP adecuado.	1	1	1	1	4	2	8	TO
	Estrobo y desestrobado de carga	Terreno inestable, falta de cuerdas guía, sobrecarga, centro de gravedad deficiente, vientos fuertes, cables eléctricos aéreos, cambios climatológicos (lluvia y viento), falta de señalización	Volcaduras, caídas de elementos metálicos, tropiezos, golpes, atropello, atrapamiento, aplastamiento, colisión, vientos fuertes, lluvia intensa	Atrapamiento, policontusiones, contusiones, golpes, muertes	2	2	1	3	8	3	24	IM			X	X	X	1. Elaborar y cumplir con PETS, PETAR, ATS, utilizar elementos de izaje (grilletes, eslingas, faja rachel, etc.). 2. No izar cargas cuyo peso exceda la capacidad máxima de la grúa, según la tabla de cargas de la grúa. La grúa deberá trabajar al 80% de su capacidad máxima de carga. 3. Delimitar el área de trabajo e impedir el ingreso de personal ajeno al trabajo dentro del radio de acción, contar con rigger y vientos. 4. Coordinación del maniobrista con los venteros para la ubicación y desplazamiento de elementos, monitorear la velocidad del viento, detener todo tipo de maniobra cuando se comuniquen la alerta de fuertes vientos. 5. Colocar calzas de madera en la superficie del terreno donde se apoyarán los equipos, para evitar la desestabilización; evitar exponer los pies. 6. Uso de EPP adecuado.	1	1	1	2	5	3	15	MO
	Carga y descarga de las estructuras metálicas en el área de trabajo	COVID-19 (En todos los procesos)	Exposición a virus por vía respiratoria	Dolor de cabeza, pérdida del sentido de olfato y gusto, fatiga, enfermedad pulmonar, neumonía, muertes	3	2	2	3	10	3	30	IT			X	X	X	1. Mantener ambientes con una correcta ventilación, desinfección de personal y ambientes de trabajo 2. Mantener el distanciamiento social (1.5 metros). 3. Capacitación del correcto lavado de manos, recomendaciones para prevenir el covid-19, y reportar síntomas en posibles casos positivos. 4. Uso de EPP: uso de Mascarillas según RM-135-2020 MINSA. 5. Aplicación de productos desinfectantes (alcohol y gel antibacterial).	2	1	1	3	7	2	14	MO
	Exposición solar (En varios procesos)	Insolación, radiación solar	Enfermedades a la piel, cáncer a la piel, fatiga	2	1	2	2	7	2	14	MO				X	X	1. Brindar bloqueador solar al personal. 2. Hidratación constante al personal. 3. Uso de cortavientos.	1	1	1	1	4	1	4	T	

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS - IPERC / EDIFICACIÓN CON ESTRUCTURAS METÁLICAS

PROCESO	ACTIVIDAD / TAREA	PELIGRO	RIESGO DE SEGURIDAD	RIESGO A LA SALUD OCUPACIONAL	PROBABILIDAD					SEVERIDAD (S)	RIESGO = (P*S)	NIVEL DE RIESGO	CONTROLES					MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	PROBABILIDAD					SEVERIDAD (S)	RIESGO = (P*S)	NIVEL DE RIESGO	
					PERSONAS EXPUESTAS (A)	PROCEDIMIENTO (B)	CAPACITACIÓN (C)	EXPOSICIÓN (D)	PROBABILIDAD P=(A+B+C+D)				EP	SP	CIP	CAP	EPP		PERSONAS EXPUESTAS (A)	PROCEDIMIENTO (B)	CAPACITACIÓN (C)	EXPOSICIÓN (D)	PROBABILIDAD P=(A+B+C+D)				
MONTAJE E INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	Retiro de estrobos en altura	Estrobos y/o eslingas en malas condiciones, aseguramiento inadecuado de la carga, maniobra inadecuada del operador, falla del equipo, falta de señalización en la zona de maniobras, personal cercano al área de maniobra, cálculo inadecuado de la carga, uso inadecuado del celular por parte del personal involucrado	Caída de la carga: aplastamiento (muerte) del personal cercano a la maniobra, daños materiales (a las instalaciones o equipos de obra)	Trastornos músculo esqueléticos, golpes, policontusiones, contusiones, muertes	2	1	2	3	8	3	24	IM				X	X	X	1. Capacitación, entrenamiento e inducción al equipo de izaje y grúa. 2. Aislar y señalar el perímetro de trabajo. Instalar letreros de acceso restringido. 3. Operador, rigger y equipo con certificación vigente. 4. Inspeccionar las eslingas según norma. 5. Inspección del uso de la grúa, la capacidad de carga de la grúa no debe exceder el 80 % de su capacidad máxima. 6. Proteger las eslingas de filos cortantes y usar vientos para estabilizar la carga.	1	1	1	2	5	2	10	MO
	Arriostre de columnas	Desnivel, colocación inadecuada del elevador articulado, desestabilización de la carga, maquinaria en movimiento	Aplastamiento (invalidez parcial o muerte) del personal cercano a la maniobra, daños materiales (a las instalaciones o equipos de obra)	Fracturas, policontusiones, muertes	1	2	2	3	8	3	24	IM				X	X	X	1. Capacitación, entrenamiento e inducción al equipo de izaje y grúas. 2. Aislar y señalar el perímetro de trabajo. 3. Instalar letreros de acceso restringido. 4. Uso de EPP adecuado. 5. Colocación de vientos para su adecuado montaje. 6. Procurar realizar el arriostre de las columnas en el suelo, siempre y cuando la ubicación de los elementos y su proceso constructivo lo permitan.	1	1	1	2	5	2	10	MO
	Izaje de las estructuras metálicas para la instalación y posicionamiento de la carga	Equipo en malas condiciones, equipo sin mantenimiento vigente, equipo sin certificación vigente	Volcadura de las grúas y caída de materiales de gran altura: aplastamiento (invalidez parcial / muerte) del personal cercano a la maniobra, daños materiales (instalaciones y equipos de obra), daño al equipo, daño a los materiales; contaminación del suelo por derrame de combustible	Golpes, fracturas, policontusiones, muertes	1	2	2	3	8	3	24	IM				X	X	X	1. Capacitación, entrenamiento e inducción al equipo de izaje y grúas. 2. Aislar y señalar el perímetro de trabajo, instalar letreros de acceso restringido. 4. Inspección del uso de la grúa / certificación y mantenimiento vigente. 5. Contar con kit antiderrames, y plan de preparación y respuesta ante emergencias.	1	1	1	3	6	2	12	MO
	Empemado de las Estructuras	Uso inadecuado del arnés, falta de línea de vida, incumplimiento de los estándares de seguridad, personal sin curso de trabajos en altura y sin examen de vértigo, equipo de protección anticaídas en malas condiciones	Caída del personal trabajando en altura, incapacidad parcial, muerte	Fracturas, policontusiones, muertes	2	2	2	3	9	3	27	IT				X	X	X	1. Capacitación, entrenamiento e inducción para equipos de trabajos en altura, correcto armado de andamios y uso de plataformas elevadas. 2. Equipo de protección personal: inspección rutinaria del equipo anticaídas y arnés. 3. Uso de anemómetro para medir las velocidades de viento.	1	1	1	2	5	2	10	MO
		Ruido de las pistolas de impacto y otras herramientas usadas en el ajuste de pernos	Exposición a altos niveles de ruido	Hipoacusia	3	1	2	2	8	2	16	MO					X	X	1. Reunión de inducción diaria de 10 minutos. 2. Realización del ATS. 3. Uso obligatorio de EPP (protección auditiva).	2	1	1	2	6	1	6	TO

ANEXO 30: MATRIZ IPERC DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS - IPERC / EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU

PROCESO	ACTIVIDAD / TAREA	PELIGRO	RIESGO DE SEGURIDAD	RIESGO A LA SALUD OCUPACIONAL	PROBABILIDAD					SEVERIDAD (S)	RIESGO = (P*S)	NIVEL DE RIESGO	CONTROLES					MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	PROBABILIDAD					SEVERIDAD (S)	RIESGO = (P*S)	NIVEL DE RIESGO	
					PERSONAS EXPUESTAS (A)	PROCEDIMIENTO (B)	CAPACITACIÓN (C)	EXPOSICIÓN (D)	PROBABILIDAD P=(A+B+C+D)				EP	SP	CIP	CAP	EPP		PERSONAS EXPUESTAS (A)	PROCEDIMIENTO (B)	CAPACITACIÓN (C)	EXPOSICIÓN (D)	PROBABILIDAD P=(A+B+C+D)				
RECEPCIÓN DE MATERIALES EN OBRA	Transporte de equipos y materiales hacia la zona de descarga	Vehículos en movimiento dentro de la zona de trabajo y alrededores	Atropellamiento con vehículo, choques, volcaduras	Fracturas, heridas, contusiones, muertes	2	2	2	2	8	3	24	IM				X	X	X	1. Medidas de seguridad al conducir, personal que dirija el transporte (vigía). 2. Señalización de tránsito, velocidad máxima de 10 km/h. 3. Delimitación de la zona de tránsito peatonal. 4. Uso de EPP (casco, botas de seguridad, guantes, chaleco reflexivo)	2	1	1	2	6	2	12	MO
	Acarreo de materiales y equipos en la zona de trabajo	Descarga manual de materiales hacia el almacén y su posterior traslado a distintas zonas de la obra	Riesgo ergonómico, caídas en el mismo nivel, contacto con productos químicos	Lumbalgias, hernias, dermatitis, fracturas.	1	2	3	2	8	2	16	MO					X	X	1. Manipular las cargas según las recomendaciones del Manual de manipulación de cargas, verificando la correcta forma de levantar los materiales, peso máximo de carga por persona de 25 kg, entre otros. 2. Capacitación sobre ergonomía en obra. 3. Uso de EPP (casco, botas de seguridad, guantes).	1	1	1	2	5	1	5	TO
ENCOFRADOS	Preparación de formas para el encofrado de madera	Uso de sierra circular para los cortes de la madera, desprendimiento de las astillas de madera, uso de herramientas manuales para el armado del encofrado de madera	Electrocución por contacto, altos niveles de exposición al ruido, sobreesfuerzos físicos, exposición a posturas inadecuadas por más de 2 horas al día, exposición a movimientos repetitivos con alta frecuencia, contacto con partículas proyectadas, cortes	Quemaduras, hipoacusia, lesiones músculo esqueléticas, incrustación de virutas en la córnea, pérdida de dedos o manos	2	2	2	2	8	3	24	IM				X	X	X	1. Realizar pausas durante labores y tener actitud proactiva. 2. Capacitación sobre ergonomía en obra. 3. Descanso entre actividades cada cierto tiempo. 4. Inspecciones de seguridad semanales (máquinas, equipos, herramientas), implementación de un programa de orden y limpieza. 5. Área de trabajo señalizada. 6. Uso de EPP (lentes de seguridad, casco, botas de seguridad, guantes, protectores auditivos).	1	1	1	2	5	2	10	MO
	Alineamiento de formas del encofrado de madera	Uso de herramientas para el alineamiento de las formas del encofrado, trabajos en altura	Golpes, exposición a movimientos repetitivos, tropiezos, caídas a desnivel	Lumbalgias, contusiones, lesiones músculo esqueléticas	2	2	2	2	8	3	24	IM				X	X	X	1. Inspecciones semanales de seguridad en obra. 2. Contratar operadores calificados. 3. Delimitación de zona de tránsito peatonal. 4. Capacitación sobre ergonomía en obra. 5. Uso de arnés para trabajos en altura. Inspección rutinaria de los equipos para trabajos en altura. 6. Uso de EPP (casco, barbiquejo, botas de seguridad, guantes).	1	1	1	2	5	2	10	MO
VACIADO DE LOSA	Colocación de concreto con mixer y bomba	Traslado del mixer hacia la zona de trabajo, armado del chute para el vaciado del concreto, amarre y giros de la manguera de bombeo (puede ocasionar golpes al trabajador), vaciado de la mezcla de concreto	Atropellamiento con vehículo, exposición a posturas inadecuadas, exposición a partículas de la mezcla de cemento proyectadas, golpes con manguera de bomba, exposición a ruido de altos niveles, movimientos repetitivos	Lesiones, contusiones, trastornos músculo esqueléticos, laceraciones, irritación ocular y de piel, hipoacusia, muertes	2	1	2	2	7	3	21	IM					X	X	1. Personal que dirija el transporte (vigía). 2. Señalización de tránsito con velocidad máxima de 10 km/h. 3. Capacitaciones constantes de seguridad en obra relacionado al vaciado de concreto. Charla de inducción diaria de 10 minutos para los días de vaciado. 4. Contratar conductor y operadores calificados. 5. Delimitación de zona de tránsito peatonal. 6. Capacitación sobre ergonomía en obras. 7. Uso de arnés para trabajos en altura. 8. Uso de EPP (casco, barbiquejo, botas de seguridad, guantes, lentes de seguridad, protectores auditivos)	1	1	1	2	5	2	10	MO
	Vibrado de concreto fresco	Uso de vibradora eléctrica para eliminar el aire del concreto vaciado (en todos los niveles o pisos de la edificación y para diversos elementos)	Electrocución por contacto, exposición a vibraciones de brazo y mano, exposición a ruido de altos niveles, exposición a partículas de cemento proyectadas, trabajos en altura, posturas inadecuadas	Quemaduras, trastornos músculo esqueléticos, hipoacusia, lesiones e irritaciones oculares y de piel, caídas a desnivel, muertes	2	3	2	2	9	3	27	IT					X	X	1. Inspecciones de seguridad semanales (máquinas, equipos, herramientas), implementación de un programa de orden y limpieza. 2. Capacitación sobre ergonomía en obra. 3. Área de trabajo señalizada. 4. Uso de arnés para trabajos en altura. 5. Uso de EPP (lentes de seguridad, casco, barbiquejo, botas de seguridad, guantes, protectores auditivos).	2	1	1	2	6	2	12	MO

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS - IPERC / EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU

PROCESO	ACTIVIDAD / TAREA	PELIGRO	RIESGO DE SEGURIDAD	RIESGO A LA SALUD OCUPACIONAL	PROBABILIDAD					SEVERIDAD (S)	RIESGO = (P*S)	NIVEL DE RIESGO	CONTROLES					MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	PROBABILIDAD					SEVERIDAD (S)	RIESGO = (P*S)	NIVEL DE RIESGO	
					PERSONAS EXPUESTAS (A)	PROCEDIMIENTO (B)	CAPACITACIÓN (C)	EXPOSICIÓN (D)	PROBABILIDAD P=(A*B+C*D)				EP	SP	CIP	CAP	EPP		PERSONAS EXPUESTAS (A)	PROCEDIMIENTO (B)	CAPACITACIÓN (C)	EXPOSICIÓN (D)	PROBABILIDAD P=(A*B+C*D)				
COLOCACIÓN DE ARMADURA	Habilitación: corte y doblado	Uso de cizalla eléctrica para cortes de varillas de acero, uso de dobladora eléctrica, desprendimiento de virutas de acero, doblado del acero de forma manual con ayuda de una trampa y tubo de acero para doblado	Electrocución por contacto, altos niveles de exposición al ruido, exposición a posturas inadecuadas por más de 2 horas al día, exposición a movimientos repetitivos con alta frecuencia, contacto con partículas proyectadas, cortes	Quemaduras, hipoacusia, lesiones músculo esqueléticas, incrustación de partículas en la córnea, pérdida de dedos o manos, muertes	2	2	2	2	8	2	16	MO					X	X	1. Realizar pautas durante labores y tener actitud proactiva. 2. Equipos de protección especiales al personal. 3. Capacitación sobre ergonomía en obra. 4. Descanso entre actividades cada cierto tiempo. 5. Inspecciones de seguridad semanales (máquinas, equipos, herramientas), implementación de un programa de orden y limpieza. 6. Uso de EPP (lentes de seguridad, casco, botas de seguridad, guantes, protectores auditivos)	2	1	1	2	6	1	6	TO
	Colocación: armado y colocación	Transporte de varillas de acero, amarre con alambre N° 16, izaje de armaduras de columnas	Caidas, raspones, golpes, caídas a desnivel	Trastornos músculo esqueléticos, caídas a desnivel, infecciones, tétano, heridas superficiales, contusiones	2	2	3	2	9	2	18	IM					X	X	1. Reunión de inducción diaria de 10 minutos. 2. Realización del PETAR y ATS antes del inicio de las actividades. 3. Delimitación de zona de transporte de materiales, sea de forma manual o con equipo. 4. Botiquín de primeros auxilios para atender cualquier accidente leve y moderado. 6. Uso obligatorio de EPP (guantes, casco, barbiquejo, botas de seguridad)	1	1	2	2	6	1	6	TO
DIVERSOS PROCESOS	Diversas actividades	Exposición al covid-19: infraestructura del lugar, contacto directo entre personas en casa, transporte público o privado, contacto con equipos, materiales, herramientas, objetos compartidos contaminados, contacto con visitantes, proveedores o clientes	Exposición al virus por vía respiratoria	Infección respiratoria (leve o grave) que puede ocasionar enfermedad pulmonar, neumonía o muerte	3	2	3	3	11	3	33	IT				X	X	X	1. Mantener ambientes con una correcta ventilación, desinfección de personas y ambientes de trabajo. 2. Mantener el distanciamiento social (1.5 metros), planificando las actividades con esta restricción. 3. Instalación de estaciones de limpieza y desinfección al ingreso, y capacitación del correcto lavado de manos y reportes de sintomatología en posibles casos positivos. 4. Uso de EPP: Uso de Mascarillas según RM-135-2020 MINSA. 6. Detectores de temperatura y pulsímetro. 7. Elaboración y cumplimiento del "PLAN DE VIGILANCIA, PREVENCIÓN Y CONTROL DE COVID-19 EN EL TRABAJO".	3	1	2	3	9	2	18	IM
		Miedo a enfermar o morir a causa de la pandemia COVID -19: Dificultades psicológicas por la cuarentena, acontecimientos del impacto por el COVID-19 (muerte u hospitalización de un familiar)	Estrés, ansiedad, depresión, frustración, agresividad, distracción en el lugar de trabajo	Deterioro de la condición mental o cognitiva, diversos accidentes y lesiones por distracción	3	3	3	3	12	2	24	IM			X	X	X	1. Reunión de inducción diaria de 10 minutos. 2. Elaboración y cumplimiento del "PLAN DE VIGILANCIA, PREVENCIÓN Y CONTROL DE COVID-19 EN EL TRABAJO". 3. Canal de consultas y difusión de información a trabajadores de manera verbal o a través de medios digitales. 4. Material de información sobre medidas y cuidados frente al COVID-19.	3	1	2	3	9	1	9	MO	

ANEXO 31: ANÁLISIS DE HUELLA DE CARBONO DE LA TORRE 1

Análisis de Huella de Carbono - Edificación con estructuras metálicas					
Descripción	Unidad	Metrado	Emisión (kgCO ₂ /und)	Fuente	Total (kgCO ₂)
MANO DE OBRA					
HORAS HOMBRE	hh	9,287.00	1.03	Regalado (2017)	9,565.61
MATERIAL					
ACEITE MOTOR GASOLINA - SAE 30W	gal	0.34	7.90	Mamani (2018)	2.68
GRASA MULTIPROPÓSITO	lb	0.68	0.003	Mamani (2018)	0.002
GASOLINA 84 OCTANOS	gal	10.17	7.90	Mamani (2018)	80.32
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO - N° 8	kg	107.09	1.40	HueCO ₂ (2022)	149.93
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO - N° 16	kg	485.10	1.40	HueCO ₂ (2022)	679.14
ACERO PREARMADO - GRADO 60	t	12.34	1,010.15	HueCO ₂ (2022)	12,464.44
ACERO DIMENSIONADO - GRADO 60	t	11.27	1,010.15	HueCO ₂ (2022)	11,380.05
ACERO CORRUGADO - GRADO 60	t	10.37	1,010.15	HueCO ₂ (2022)	10,475.79
CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg	166.95	1.90	Mamani (2018)	317.21
PLACA COLABORANTE - AD600	m	3,477.64	11.49	HueCO ₂ (2022), peso de cada unidad 9.12 kg/m ²	39,962.27
HORMIGÓN	m ³	22.03	0.003	Mamani (2018)	0.07
PERNOS DE ANCLAJE - ACERO A193	kg	2,568.00	1.40	HueCO ₂ (2022)	3,595.20
CEMENTO PORTLAND - TIPO I (42.5 kg)	kg	2,736.70	0.66	Mamani (2018)	1,811.69
CONCRETO PREMEZCLADO - f _c =210 kg/cm ²	m ³	525.44	11.75	Mamani (2018)	6,173.95
CONCRETO PREMEZCLADO - f _c =140 kg/cm ²	m ³	52.33	11.75	Mamani (2018)	614.93
MADERA TORNILLO	m ³	5.30	28.20	Mamani (2018)	149.44
PLANCHA DE DRYWALL	kg	1.84	10,102.93	Informes de la construcción (2012)	18,589.38
YESO CERÁMICO	m ²	0.47	1,800.72	Informes de la construcción (2012)	846.34
PINTURA ANTICORROSIVA	gal	2.46	6.90	Mamani (2018)	16.97
THINNER	gal	3.08	6.90	Mamani (2018)	21.22
TORNILLO AUTOPERFORANTE	und	2,566.76	0.02	Mamani (2018), peso de cada unidad 0.01 kg/und	48.77
ELECTRODO E7018	kg	388.14	0.01	Mamani (2018), adaptado	3.69
CONECTOR DE CORTE - NS 625/300	und	8,764.53	0.21	Mamani (2018), peso de cada unidad 0.1508 kg/und	1,850.98
WAIFE INDUSTRIAL	kg	12.30	1.20	HueCO ₂ (2022)	14.76
AGUA	m ³	32.43	3.99	Mamani (2018)	129.29
ACERO ESTRUCTURAL	t	123.15	1,561.50	HueCO ₂ (2022)	192,298.73
SUBTOTAL					301,677.22
MAQUINARIA					
COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 4 HP	hm	127.66	46.08	Mamani (2018)	5,882.45
CARGADOR C/ LLANTA 125 HP, 2.5 Y 3 m ³	hm	10.79	126.10	Mamani (2018)	1,360.54
RETROEXCAVADORA C/LLANTA 58 HP 1 y 3 m ³	hm	27.90	20.86	Mamani (2018)	582.09
GRÚA DE 40 t	hm	192.05	53.40	Mamani (2018)	10,255.60
ELEVADOR ARTICULADO	hm	768.19	22.70	ERA (2022)	17,437.80
CAMIÓN VOLQUETE DE 140-210 HP 6 m ³	hm	43.16	3.66	Mamani (2018)	157.96
MÁQUINA DE SOLDAR - 295 A	hm	500.83	35.08	ERA (2022)	17,569.13
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	85.76	0.89	ERA (2022)	76.33
MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23 HP 11-12 p ³	hm	27.11	1.59	HueCO ₂ (2022)	43.11
CIZALLA ELÉCTRICA DE FIERRO	hm	104.69	0.56	ERA (2022)	58.63
TORQUÍMETRO	hm	192.05	0.78	ERA (2022)	149.80
PISTOLA DE IMPACTO	hm	576.15	0.78	ERA (2022)	449.39
SUBTOTAL					54,022.82
TOTAL					365,265.65

ANEXO 32: ANÁLISIS DE HUELLA DE CARBONO DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU

Análisis de Huella de Carbono - Edificación convencional con concreto vaciado in situ

Descripción	Unidad	Metrado	Emisión (kgCO ₂ /und)	Fuente	Total (kgCO ₂)
MANO DE OBRA					
HORAS HOMBRE	hh	8,905.03	1.03	Regalado (2017)	13,175.35
MATERIAL					
ACEITE MOTOR GASOLINA - SAE 30W	gal	0.35	7.90	Mamani (2018)	2.80
GRASA MULTIPROPÓSITO	lb	0.71	0.003	Mamani (2018)	0.0021
GASOLINA 84 OCTANOS	gal	10.66	7.90	Mamani (2018)	84.22
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO - N° 8	kg	382.13	1.40	HueCO ₂ (2022)	534.98
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO - N° 16	kg	934.96	1.40	HueCO ₂ (2022)	1,308.94
ACERO CORRUGADO - GRADO 60	t	50.38	1,010.15	HueCO ₂ (2022)	50,894.37
CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCIÓN D. PROMEDIO	kg	564.10	1.40	HueCO ₂ (2022)	789.74
PIEDRA MEDIANA DE 4"	m ³	24.25	0.003	Mamani (2018)	0.073
HORMIGÓN	m ³	47.06	0.003	Mamani (2018)	0.14
CEMENTO PORTLAND - TIPO I (42.5 kg)	kg	7,199.93	0.66	Mamani (2018)	16,421.50
LADRILLO PARA TECHO - 8 HUECOS DE 15X30X30 cm	kg	59,451.60	0.15	Mamani (2018)	9,155.55
CONCRETO PREMEZCLADO - f _c =210 kg/cm ²	m ³	363.17	11.75	Mamani (2018)	4,267.26
CONCRETO PREMEZCLADO - f _c =140 kg/cm ²	m ³	25.21	11.75	Mamani (2018)	296.27
MADERA TORNILLO	m ³	30.88	28.20	Mamani (2018)	870.74
AGUA	m ³	13.37	3.99	Mamani (2018)	53.31
SUB TOTAL					84,679.89
MAQUINARIA					
CARGADOR C/ LLANTA 125 HP, 2.5 Y 3 m ³	hm	10.49	126.10	Mamani (2018)	1,322.79
RETROEXCAVADORA C/LLANTA 58 HP 1y 3 m ³	hm	14.47	20.86	Mamani (2018)	301.84
CAMIÓN VOLQUETE DE 140-210 HP 6 m ³	hm	41.96	3.66	Mamani (2018)	153.57
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	61.97	0.89	ERA (2022)	55.15
MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23 HP 11-12 p ³	hm	28.43	1.59	HueCO ₂ (2022)	45.20
CIZALLA ELÉCTRICA DE FIERRO	hm	451.23	0.56	ERA (2022)	252.69
DOBLADORA ELÉCTRICA	hm	418.67	0.46	ERA (2022)	192.59
SUB TOTAL					2,323.84
TOTAL					100,179.08

ANEXO 33: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN CON CONCRETO VACIADO IN SITU – ADAPTADOS A PARTIDAS INDUSTRIALIZADAS

Análisis de precios unitarios (Simulación de procesos constructivos industrializados)

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.3.1.1 CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ - ZAPATAS (SE MANTIENE)

Rendimiento	$\text{m}^3/\text{DÍA}$	MO. 60.00	EQ. 60.00	Costo unitario directo por : m^3 (MO)	20.79
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	18.12	2.42
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	0.5333	16.37	8.73
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.1333	23.70	3.16
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.2667	22.91	6.11
						20.79

Partida 1.3.1.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - ZAPATA (SE MANTIENE)

Rendimiento	$\text{m}^2/\text{DÍA}$	MO. 8.00	EQ. 8.00	Costo unitario directo por : m^2 (MO)	43.78
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	27.49	2.75
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	18.12	18.12
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	22.91	22.91
						43.78

Partida 1.3.1.3 ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$ - ZAPATAS (SOLO COLOCACIÓN)

Rendimiento	$\text{kg}/\text{DÍA}$	MO. 1500.00	EQ. 1,500.00	Costo unitario directo por : kg (MO)	0.23
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0005	27.49	0.01
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	18.12	0.10
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0053	22.91	0.12
						0.23

Partida 1.3.2.1 CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ - COLUMNAS (SE MANTIENE)

Rendimiento	$\text{m}^3/\text{DÍA}$	MO. 30.00	EQ. 30.00	Costo unitario directo por : m^3 (MO)	41.56
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0267	27.49	0.73
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.2667	18.12	4.83
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	1.0667	16.37	17.46
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.2667	23.70	6.32
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.5333	22.91	12.22
						41.56

Análisis de precios unitarios (Simulación de procesos constructivos industrializados)

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.3.2.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - COLUMNAS (NO SE CONSIDERA)

Partida 1.3.2.3 ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$ - COLUMNAS (NO SE CONSIDERA)Partida 1.3.3.1 CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ - VIGAS (SE MANTIENE)

Rendimiento	$\text{m}^3/\text{DÍA}$	MO. 60.00	EQ. 60.00	Costo unitario directo por : m^3 (MO)	20.79
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	18.12	2.42
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	0.5333	16.37	8.73
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.1333	23.70	3.16
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.2667	22.91	6.11
						20.79

Partida 1.3.3.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - VIGAS (NO SE CONSIDERA)

Partida 1.3.3.3 ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$ - VIGAS (NO SE CONSIDERA)Partida 1.3.4.1 CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ - LOSA MACIZA (SE MANTIENE)

Rendimiento	$\text{m}^3/\text{DÍA}$	MO. 60.00	EQ. 60.00	Costo unitario directo por : m^3 (MO)	20.79
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	18.12	2.42
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	0.5333	16.37	8.73
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.1333	23.70	3.16
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.2667	22.91	6.11
						20.79

Partida 1.3.4.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSAS MACIZAS (APUNTALAMIENTO Y ENCOFRADO LATERAL)

Rendimiento	$\text{m}^2/\text{DÍA}$	MO. 15.00	EQ. 15.00	Costo unitario directo por : m^2 (MO)	23.35
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0533	27.49	1.47
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5333	18.12	9.66
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	22.91	12.22
						23.35

Análisis de precios unitarios (Simulación de procesos constructivos industrializados)

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.3.4.3 ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$ - LOSAS MACIZAS (SE MANTIENE)

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 300.00	EQ. 300.00	Costo unitario directo por : kg (MO)	1.16
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0027	27.49	0.07
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	18.12	0.48
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	22.91	0.61
						1.16

Partida 1.3.5.1 CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ - LOSA ALIGERADA (SE MANTIENE)

Rendimiento	m³/DÍA	MO. 60.00	EQ. 60.00	Costo unitario directo por : m³ (MO)	20.79
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	18.12	2.42
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	0.5333	16.37	8.73
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.1333	23.70	3.16
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.2667	22.91	6.11
						20.79

Partida 1.3.5.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSAS ALIGERADAS (APUNTALAMIENTO Y ENCOFRADO LATERAL)

Rendimiento	m²/DÍA	MO. 15.00	EQ. 15.00	Costo unitario directo por : m² (MO)	23.35
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0533	27.49	1.47
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5333	18.12	9.66
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	22.91	12.22
						23.35

Partida 1.3.5.3 LADRILLO ARCILLA PARA TECHO DE h=0.15 m (SE MANTIENE)

Rendimiento	und/DÍA	MO. 1600.00	EQ. 1,600.0	Costo unitario directo por : und (MO)	0.86
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0005	27.49	0.01
0101010005	PEÓN	hh	9.0000	0.0450	16.37	0.74
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0050	22.91	0.11
						0.86

Análisis de precios unitarios (Simulación de procesos constructivos industrializados)

Presupuesto EDIFICACIÓN RESIDENCIAL CONVENCIONAL CON CONCRETO VACIADO IN SITU

Subpresupuesto ESTRUCTURAS

Fecha presupuesto

01/08/2020

Partida 1.3.5.4 ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$ - LOSAS ALIGERADAS (SE MANTIENE)

Rendimiento	kg/DÍA	MO. 350.00	EQ. 350.00	Costo unitario directo por : kg (MO)	0.99
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	27.49	0.06
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	18.12	0.41
0101010012	OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	22.91	0.52
						0.99

Partida 1.3.6.1 CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ -ESCALERA

Rendimiento	m³/DÍA	MO. 30.00	EQ. 30.00	Costo unitario directo por : m ³ (MO)	41.56
				Jornada (Horas)	8.000

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0267	27.49	0.73
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.2667	18.12	4.83
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	1.0667	16.37	17.46
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.2667	23.70	6.32
0101010012	OPERARIO	hh	2.0000	0.5333	22.91	12.22
						41.56

Partida 1.3.6.2 ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL - ESCALERA (NO SE CONSIDERA)

Partida 1.3.6.3 ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$ - ESCALERA (NO SE CONSIDERA)