

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y DE ENERGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA



**“RECUPERACION FUNCIONAL DE UNA NAVE INDUSTRIAL
MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SU ESTRUCTURA PARA LA
OPERATIVIDAD DE DOS GRÚAS PUENTES – MINERA
YANACOCCHA – CAJAMARCA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

WILFREDO DANTE COLLACHAGUA SIMON

**Callao, noviembre 2017
PERÚ**

DEDICATORIA

Para los cimientos de mi desarrollo,
para todos y cada uno de ustedes, y
para mi familia, quienes han
destinado tiempo para enseñarme
nuevas cosas, para brindarme
aportes invaluable que servirán
para toda mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la vida por darme la oportunidad de estar en este mundo, en especial a mis padres, Aguida y Teodoro, quienes siempre me dieron su apoyo y fortaleza incondicional. A mi esposa Yani e hijos Fernanda, Camila y Dante por darme equilibrio en la vida y Hermanos Judith, Wilder y Jacqueline que me apoyaron de una u otra forma,

INDICE

INDICE.....	1
INDICE DE TABLAS	5
INDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1 Identificación del Problema	10
1.2 Formulación del problema	12
1.2.1 Problema General.....	12
1.2.2 Problemas específicos	12
1.3 Objetivo de la Investigación	13
1.3.1 Objetivo General.....	13
1.3.2 Objetivos Específicos:.....	13
1.4 Justificación:.....	13
1.4.1 Justificación Legal	13

Toda nave industrial debe cumplir de carácter obligatorio los estándares nacionales e internaciones en los aspectos de seguridad, calidad, medio ambiente, condiciones de trabajo para llegar a obtener acreditaciones de la ISO 9001, ISO 14001 OHSAS 18001, certificaciones a las cuales se accederá una vez reparada la nave industrial, sin entrar en conflictos por su antigüedad y las normativas vigentes de dichas homologaciones. Así estaremos regidos por las siguientes normas legales: 13

1.4.2 Justificación Tecnológica 14

1.4.3 Justificación Económica 15

1.5 Importancia 16

II. MARCO TEORICO 17

2.1 Antecedentes del Estudio. 17

2.2 Marco Conceptual..... 19

1.1 Definición de términos básicos..... 23

III. VARIABLES E HIPOTESIS 31

3.1 Variables de la Investigación:..... 31

3.2 Operacionalización de variables: 32

3.3 Hipótesis..... 32

3.3.1 Hipótesis General:..... 32

3.3.2 Hipótesis Especifico: 33

IV. METODOLOGIA:	33
4.1 Tipo de Investigación	33
4.2 Diseño de Investigación.....	34
4.2.1 Parámetros básicos de investigación:	34
4.2.2 Etapas de Investigación.	34
4.2.3 Detalles de Investigación.	35
4.3 Población y Muestra	35
4.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	35
4.4.1 Observación	35
4.4.2 Medición.....	36
4.4.3 Análisis documentario y estadístico	36
4.5 Procedimiento de recolección de datos:	36
4.5.1 Arriostres en el techo de nave	38
4.5.2 Columnas Centrales Eje B.....	39
4.6 Procedimiento estadístico de datos:	43
V. RESULTADOS.	44
5.1 Análisis Estructural	44
5.2 Resumen de resultados.	83
5.2.1 Puente Grúa.....	83

5.2.2	Viga Carrilera	83
5.2.3	Arriostres entre columnas.....	84
5.2.4	Columnas.....	84
5.2.5	Vigas de pórtico a dos aguas.....	85
5.2.6	Conexiones.....	85
VI.	CONCLUSIONES.....	88
VII.	RECOMENDACIONES.....	89
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	90
	ANEXOS.....	92
1	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	93
2	SOFTWARE ETABS.....	96
3	METRADO PARA REFORZAMIENTO	104
4	PRESUPUESTO DE EFORZAMIENTO	106
5	CRONOGRAMA DE TRABAJO.....	112
6	PLANOS DE REFORZAMIENTO	113

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Límite de fluencia y esfuerzos acero A-36.....	26
Tabla 2.2 Ciclo de trabajo del acero.....	26
Tabla 2.3 Deflexión máxima de vigas.....	27
Tabla 2.4 Partes principales de un puente grúa.....	34
Tabla 3.1 Operatividad de variable.....	36
Tabla 5.1 Reporte de software ETABS.....	99

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama de esfuerzos vs deformación.....	25
Figura 2.2 Zapata de concreto.....	28
Figura 2.3 Columnas de una nave industrial.....	28
Figura 2.4 Vigas Carrileras.....	29
Figura 2.5 Arriostramiento entre columnas.....	30
Figura 2.6 Cobertura de techo.....	30
Figura 2.7 Correas de amarre de techo.....	32
Figura 2.8 Cobertura de nave.....	31
Figura 2.9 Vista de puente grúa monoviga.....	32
Figura 2.10 Partes de una grúa puente monoviga.....	33
Figura 4.1 Esquema general ubicación de columnas.....	41
Figura 4.2 Uso de fierro redondo liso.....	42
Figura 4.3 Templadores de techo.....	42
Figura 4.4 Vista frontal de nave.....	43
Figura 4.5 Sección de columna C1.....	43
Figura 4.6 Sección de columna C2.....	44
Figura 4.7 Sección de columna C3.....	44
Figura 4.8 Sección de columna C4.....	44
Figura 4.9 Corrosión en empalme de columna.....	45
Figura 4.10 Abertura de bridas en arriostramiento.....	45
Figura 4.11 Corrosión en columna C3 eje B.....	46

Figura 4.12 Columna C4 eje A.....	46
Figura 4.13 Columna C4 eje B.....	47
Figura 4.14 Eje B Carrileras desalineadas.....	47
Figura 5.1 Sección de viga tipo cajón.....	49
Figura 5.2 Carga producido por polipasto.....	51
Figura 5.3 Esquema de carga por peso propio.....	51
Figura 5.4 Esquema de cargas por flexión.....	52
Figura 5.6 Esquema de carga momento máximo luz 6m.....	57
Figura 5.7 Esquema de carga flexión luz 6m.....	58
Figura 5.8 Sección de viga carrilera luz 8m.....	60
Figura 5.9 Esquema de carga por peso propio.....	62
Figura 5.10 Esquema de carga flexión luz 8m.....	63
Figura 5.11 Esquema de carga Columna 6m.....	65
Figura 5.12 Sección de columna C1.....	67
Figura 5.13 Sección de columna central reforzada.....	71
Figura 5.14 Sección de columna lateral C4.....	75
Figura 5.15 Sección de viga de techo C2.....	78
Figura 5.16 Vigas pórtico de techo.....	79
Figura 5.17 Sección viga 1-T.....	81
Figura 5.18 Longitud de arriostre 1-T.....	82
Figura 5.19 Sección de viga 2-T.....	83
Figura 5.20 Sección de viga 2-T.....	84
Figura 5.21 Sección de Viga 2-T.....	86

RESUMEN

El presente informe de tesis propone la recuperación de la funcionalidad de una nave industrial con capacidad de almacenamiento de 2,400t de nitrato de amonio en un área de $3,584m^2$. De este modo, se busca recuperar la operatividad de dos grúas puente de 2.5t de capacidad de levante diseñadas bajo los parámetros de la norma CMAA 70 (Crane Manufacturers Association of America), ASME B30.17 (American Society of Mechanical Engineers) y el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones). Actualmente la nave industrial tiene deficiencias de diseño: no se consideró las cargas a las que se sometería este equipo tales como cargas verticales, longitudinales, laterales, de impacto y de frenado. Debido a que en ninguno de los componentes estructurales de esta nave se utilizó perfiles estandarizados, en su lugar fueron fabricados en obra sin respetar dimensiones estándar ni homogéneas, resultando estructuras livianas, lo que generó daños por deformación en sus componentes. Así, el presente estudio evidencia, a través de una investigación descriptiva tecnológica aplicada, el cálculo estructural basado en el AISE Technical Reporte 13 para evidenciar las zonas de falla y su recuperación mediante un reforzamiento a los componentes, con la finalidad de rehabilitar la maquinaria y darle una óptima funcionalidad de 10 años y generar un ahorro de \$ 2'013,761.02, liberando recursos que podrían ser destinados a otras actividades.

ABSTRACT

The present thesis report is to recover the functionality of an industrial warehouse where 2,400 tons of ammonium nitrate are stored in an area of $3,584m^2$, the objective of this thesis report is to continue operating the two bridge cranes of 2.5t capacity of lifting in safe conditions, this industrial ship has serious design deficiencies; a basic design error, the initial design did not consider the loads generated by this equipment such as vertical, longitudinal, lateral, impact and braking loads. To aggravate this fact all the structural components of this ship were not used standardized profiles, instead they were manufactured on site without respecting standard and homogeneous dimensions, being so light this ship was generated damage by deformation in its components. When carrying out the structural calculation based on the AISE Technical Report 13, fault zones and recovery are established by reinforcing the components indicated in this report

The degree of investment in executing this project is US \$ 402,752 (See Annex 4) with a 10-year guarantee and thus continue operating the cranes of 2.5t each, thus avoiding to invest US \$ 2'416,513.02 for the construction of a new ship.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación del Problema

A 45 Km al norte de la ciudad de Cajamarca se encuentra ubicada la Unidad Minera Yanacocha, dedicada a la extracción del oro bajo la modalidad de tajo abierto. Como parte de las operaciones es imprescindible efectuar voladuras controladas en grandes proporciones de acuerdo al tipo de roca y sus condiciones geológicas, para ello se utiliza como insumo nitrato de amonio en combinación con algún tipo de hidrocarburo, pues para formar el anfo es necesario la mezcla de nitrato de amonio con algún derivado del petróleo sea keroseno o hidrogeles, necesarios para realizar la voladura. Es así que este elemento químico debe estar almacenado dentro de una nave industrial (con techo a dos aguas y con elementos estructurales 100% metálicos de clasificación FEM 2m para servicio interior) equipado con dos grúas puente que facilite la manipulación y acopio de insumos dentro de sus instalaciones para lograr la optimización del espacio. Sin embargo, al inspeccionar esta nave se evidenció serias fallas de diseño en su construcción: de acuerdo al proyecto inicial esta nave debería tener el soporte de dos grúas puente trabajando en bahías independientes con su carga máxima nominal de 2.5t cada una. Sin embargo, en este último año la capacidad de carga de

estas grúas ha venido disminuyendo paulatinamente hasta en un 50% de su capacidad nominal, siendo que en pleno funcionamiento se percibían sonidos que se iban incrementando en intensidad, los cuales no son propios de las grúas. Al realizar la inspección se constató un desalineamiento total en los rieles por donde se desplazan las grúas y que las posiciones de las columnas mostraban desplazamiento de su eje vertical, del mismo modo, presentaban evidencias de solturas de pernos en algunas conexiones. Estas condiciones comprometen las operaciones de las grúas; ante esta situación adversa la gerencia del área de seguridad canceló las operaciones de las dos grúas hasta tener una solución viable mediante un reforzamiento a las estructuras de la nave. El proceso correctivo y de reforzamiento de las estructuras dañadas tendrá una duración de 56 días, periodo en el cual se realizará el manipuleo del nitrato a través de dos montacargas, las cuales se desplazarán por todo el área de la nave industrial para ejecutar las cargas y descargas de los explosivos necesarios para las voladuras, para dar inicio a las operaciones de extracción del mineral.

Así, también podemos mencionar que el costo operativo de las dos montacargas es elevado comparado con el uso de dos grúas puente. Para operar esta nave con dos grúas se requiere solo de 02 operadores de grúa, el costo de la energía eléctrica y se puede optimizar al máximo el área para almacenaje debido al mínimo desplazamiento de la grúa, eliminando el espacio de los rieles por donde transitarán los dos

montacargas. Por otro lado, realizar trabajos con dos montacargas requiere dos operadores de montacarga, dos vigías, costo de combustible, costo de hora máquina, generación de monóxido de carbono, adicional a ello se pierde parte del área de almacenaje para habilitar vías de desplazamiento de las montacargas, además, un mayor número de personas se expone al riesgo de manipulación de explosivos respecto a la operación con dos grúas puente.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo realizar la recuperación funcional de una nave industrial mediante el análisis de su estructura para la operatividad de dos grúas puente en la Minera Yanacocha – Cajamarca?

1.2.2 Problemas específicos

¿Qué metodología de análisis permitirá la recuperación de la nave industrial?

¿Qué ventajas comparativas en costo tendrá entre recuperar la funcionalidad de la nave o construir una nueva nave?

¿Qué normativa se deberá cumplir para recuperar la nave industrial y así estar dentro de los parámetros permisibles de diseño?

1.3 Objetivo de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Recuperar la funcionalidad de la nave industrial con techo a dos aguas y con elementos estructurales 100% metálicos de clasificación FEM 2m para servicio interior, mediante el análisis de su estructura para la operatividad de dos grúas puente - Minera Yanacocha Cajamarca.

1.3.2 Objetivos Específicos:

Seleccionar una metodología de análisis que permita recuperar la nave industrial.

Establecer las ventajas comparativas de costos entre recuperar la nave o construir una nueva nave.

Establecer la normatividad que se deberá cumplir para recuperar la nave y así estar dentro de los parámetros admisibles de diseño.

1.4 Justificación:

1.4.1 Justificación Legal

Toda nave industrial debe cumplir de carácter obligatorio los estándares nacionales e internacionales en los aspectos de seguridad, calidad, medio

ambiente, condiciones de trabajo para llegar a obtener acreditaciones de la ISO 9001¹, ISO 14001² OHSAS³ 18001, certificaciones a las cuales se accederá una vez reparada la nave industrial, sin entrar en conflictos por su antigüedad y las normativas vigentes de dichas homologaciones. Así estaremos regidos por las siguientes normas legales:

- Ley N° 29783: Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- Decreto Supremo N° 42-F: Reglamento de seguridad industrial
- Modificatoria 30222 (Modificatoria de la Ley N°29783)
- Decreto Supremo N° 029-65-DGS: Reglamento para la apertura y control sanitario de plantas industriales
- Resolución Ministerial N° 303-2013-PRODUCE - POLITICA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

1.4.2 Justificación Tecnológica

El presente estudio enfocará el diseño estructural del acero ASTM A-36 y estudiará criterios generales y específicos, recopilará los procedimientos del diseño de naves industriales de manera tecnológica. Un adecuado diseño sustentando bajo normas para estas naves contribuirá al buen desempeño operativo del puente grúa, evitando el deterioro prematuro de los componentes mecánicos y electrónicos, este trabajo servirá como base para aplicar las normas establecidas en la construcción de las naves industriales de todo tipo y así implementar indicadores que permitan mejorar la durabilidad a través del tiempo para las estructuras y los puentes grúas. Estos indicadores serán:

¹ ISO 9001 *“Es una norma internacional que se aplica al sistema de gestión de calidad”*

² ISO 14001 *“Es una norma internacional que se aplica al sistema”*

³ OSHA 18001 *“Es una norma internacional que se aplica al sistema de seguridad y salud en el trabajo”*

- Alineamiento de rieles de rodadura y verificar valores cada 6 meses.
- Deformaciones y desplazamiento de columnas que impida el alineamiento de las vigas carrileras y la luz de la nave.
- Verificar la cantidad de izajes por día del puente grúa para determinar la clasificación de servicio.

1.4.3 Justificación Económica

En el Perú la industria metalmecánica se encuentra directamente ligada al desarrollo de las industrias extractivas (pesca, minería, agro, energía, entre otros), a diferencia de otros países industrializados cuyo desarrollo metalmecánico depende principalmente de la industria automotriz. Esta industria pertenece al sector manufacturero, el cual significó el 13.3% del PBI del 2016(INEI:2017). Disminuyendo en 0.6% respecto del año anterior, caía que empezó en el 2014. Así. Dentro dicho sector, la metalmecánica significa el 23% del sector manufacturero. Es así, que se considera a la reingeniería de estructuras metálicas como un primer paso a la innovación y a al fortalecimiento del sector.

Por otro lado, se busca demostrar la viabilidad ingenieril y económica del reforzamiento de las estructuras de la nave industrial para economizar la inversión hasta en una sexta parte en comparación a fabricar una nueva nave.

1.5 Importancia

La importancia de este proyecto radica en generar un ahorro significativo a partir de la reingeniería estructural de una nave con techo a dos aguas y con elementos estructurales 100% metálicos de clasificación FEM 2m para servicio interior para la industria minera, teniendo en cuenta que cualquier mejora, o ventaja producida en este proyecto piloto afectará por añadidura al sector metalmeccánico. Así, se espera evidenciar por un lado la viabilidad técnica de una reingeniería, versus la compra de un nuevo activo y evaluar los impactos económicos en las industrias extractivas partir de este tipo de experiencias en la industria metalmeccánica. Finalmente, la experiencia busca en sí misma recuperar la operatividad de dos puentes grúas para el abastecimiento óptimo de nitrato de amonio dentro de la unidad minera.

II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes del Estudio.

Dentro de los antecedentes del presente informe de tesis se encuentra el **“Reforzamiento sísmico de naves industriales con vigas”** del DR. ROBERTO AGUILAR FALCONI, donde encontramos que el problema estructural con las naves industriales empieza con en el diseño, dado que se realizan planteamientos en cuanto a materiales y a la conformación de los mismos que no cumplen con las normativas vigentes, ni se adecúan a las condiciones específicas a las que son sometidas cuando entran en operación, así se ha podido palpar que un buen número de este tipo de construcciones no utiliza arriostamiento, lo que puede desembocar en una falla generalizada frente a eventos de gran magnitud como el desalineamiento de las vigas carrileras o un posible descarrilamiento del puente grúa o la deformación de las columnas de la nave industrial.

Rodriguez Peña, en la misma línea afirmó en su libro **“Diseño Práctico de Estructuras de Acero”**, señala que se debe tomar en cuenta los criterios de diseño a los que se deben ceñirse las estructuras, saber qué información se requiere para analizar las condiciones a que estará sujeta las estructuras para optimizar los tipos de perfiles y materiales, saber cómo revisar y administrar, desde el punto de vista ingenieril, cálculos, dibujos y producción a partir de la eficiencia del calculista como ser humano. Es decir, tomar en cuenta los parámetros de diseños iniciales

bajo los cuales fueron construidos. Otro antecedente de la presente investigación fue ***“Diseño de un puente grúa tipo de 5t de capacidad para la industria metalmecánica”***, documento de trabajo de la Escuela Nacional Politécnica de Ecuador, de donde rescatamos y validamos la metodología de refracción propuesta en el presente documento, pues nos recalca que el diseño e implementación de estructuras metálicas no es un algoritmo desarrollado, sino que el éxito de la estructura depende del criterio seleccionado por cada ingeniero y su capacidad de prever las condiciones a las cuales será sometida la nave. En esa misma línea, identificó la tesis de pre-grado ***“Cálculo y diseño estructural de una nave industrial aplicando la normativa AISC en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román”***, cuyo objetivo es el Modelar una nave industrial en acero que esté sometida a los estados de carga, considerando el diseño de los elementos estructurales y sus conexiones de acuerdo a la metodología del AISC, esto fue un primer acercamiento a nuestro planteamiento del problema. Finalmente, se revisó la metodología de evaluación de resistencia de estructuras metálicas propuesta por el Ing. Cristian Carrasco en el documento de trabajo titulado ***“Metodología para el análisis estático y dinámico de estructuras metálicas aplicando el método de los elementos finitos”***, de donde recogimos los alcances en cuanto a la metodología de análisis de idoneidad de las estructuras de acero, definiciones que aterrizamos de forma aplicativa para abordar la presente problemática de la nave industrial a refaccionar,

pues esta cumplir una serie de códigos y normas que regulan su construcción. En la actualidad para el diseño de estructuras se cuenta con métodos de estudio; el ASD⁴ y el LRFD⁵, que logran demostrar y sustentar el cálculo estructural con el único propósito de conseguir naves industriales seguras.

2.2 Marco Conceptual

El concepto de nave industrial en cualquiera de sus acepciones empieza por la construcción propia diseñada y construida para realizar actividades industriales de producción, transformación, manufactura, ensamble, procesos industriales, almacenaje y distribución. Todos los elementos que componen una nave industrial son fabricados en talleres especializados de metal mecánica, desde la habilitación de los materiales hasta el acabado final de cada componente. Los trabajos de montaje se realizan con la ayuda de una grúa móvil y andamios donde el personal de montaje pueda tener acceso a niveles superiores en relación al nivel del piso.

La construcción de estas naves industriales por lo general es de acero estructural ASTM A-36 o el ASTM A-572 grado 50 salvo que el cliente diga lo contrario. El costo de estas estructuras por lo general representa un pequeño porcentaje comparado con el costo de los bienes o maquinas que alberga dicha nave, por otra parte estas naves en su mayoría están

⁴ ASD : “*Allowable Stress Design*”

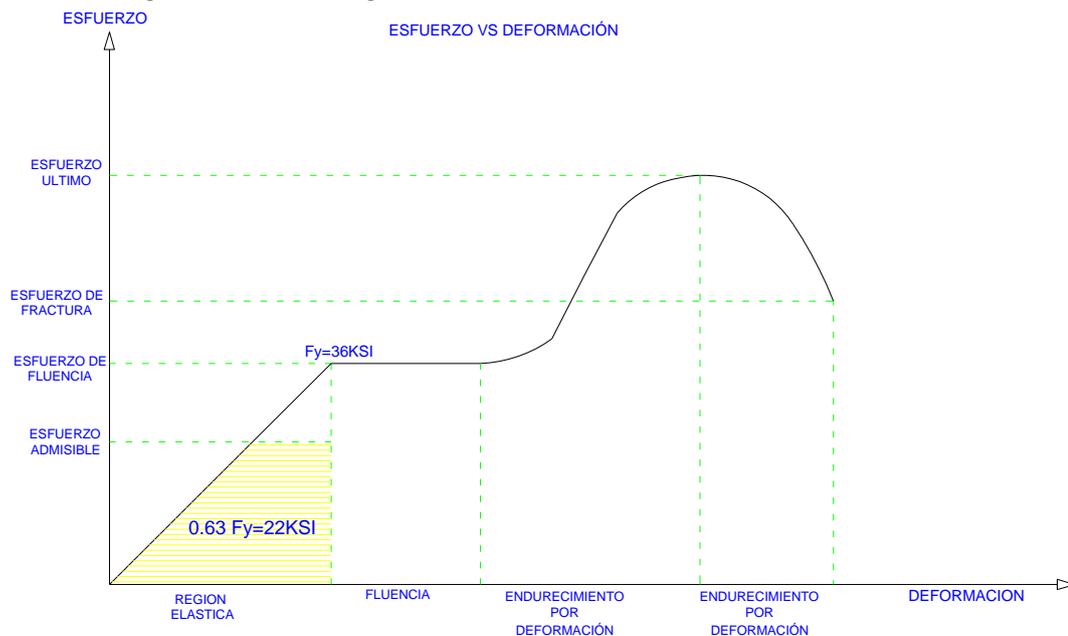
⁵ LRDF: “*Load and Resistance Factor Design*”

expuestas a ambientes agresivos propios del proceso productivo o de condiciones climatológicas extremas, el mantenimiento de estas naves no es tan frecuente siempre en cuando cumplan con un diseño estructural en base a las normas que lo regulan y con el aseguramiento de calidad en su fabricación y montaje.

El punto de partida para el diseño de una nave industriales con una grúa puente es determinar la capacidad máxima estática por rueda esto quiere decir que se combinará entre las cargas muertas del equipo y las cargas viva para el cual está diseñado y obtener las reacciones en cada rueda de la grúa puente. El ingeniero calculista deberá contemplar el método de estudio y deberá elegir cualquiera estos métodos ASD o el LRFD: “Diseño por esfuerzos Permisibles”, conocido por sus siglas **ASD** (Allowable Stress Design), o el “Diseño por Factores de Cargas y Resistencia ó Estados Límites”, Conocido por sus siglas **LRFD** (Load and Resistance Design). En este proyecto de tesis seremos conservadores con el diseño por el cual usaremos el método de estudio ASD, se diseñará de tal manera que las tensiones calculadas por efectos de las cargas máxima estática por rueda producido por la grúa puente no superen los valores máximos permisibles de acuerdo a las especificaciones establecidas, este estudio deberá estar basado en el estado elástico del acero sin llegar al estado plástico, por lo tanto estos elementos deberán ser diseñados para comportarse elásticamente sin

sobrepasar el esfuerzo admisible, de acuerdo a la relación existente entre el nivel de esfuerzo y deformación descrita en la figura 2.1.

Figura Nro. 2.1 - Diagrama de esfuerzo vs deformación del acero A-36



(Fuente: R.C Hibbeler)

El material utilizado en esta nave es de acero estructural A-36 de acuerdo a sus especificaciones técnicas por lo mismo posee 36KSI como valor en su esfuerzo de fluencia. Este tipo de acero es una aleación de acero al carbono utilizado en la construcción, la manufactura y otras industrias, es una de las variedades más comunes por el bajo costo y su alta resistencia. Podemos mencionar que este material es propenso a la corrosión, la cual se debe inhibir mediante algún tipo de arenado y un recubrimientos con pintura epoxica de alto contenido de sólido para conservar todos los componentes de la nave en buen estado.

Tabla Nro. 2.1
 Límite de fluencia y esfuerzos máximos del acero A-36

Límite de fluencia mínimo		0.26% Máx			
Mpa	PSI	PSI		Mpa	
		Min	Máx	Min	Máx
250	36000	58000	80000	400	550

(Fuente: R.C. Hibbeler)

Los cálculos de ingeniería estarán basados de acuerdo a la norma AISC, AISE Technical Report N°13, y relacionados con el CMAA-70 norma exclusivo de grúas, se incorporará la combinación de cargas vivas de acuerdo al RNE E-90, de tal forma que deberá cumplir con todos estos requisitos para lograr una estabilidad de la nave en todas sus direcciones. Se deberá tener en cuenta los ciclos de trabajo que viene generando la grúa puente con las cargas verticales, cargas laterales, cargas de impacto, cargas longitudinales para establecer los parámetros de diseño de acuerdo al AISE Technical Report N°13.

Tabla Nro. 2.2
 Ciclos de trabajo para el acero por un periodo de 50 años

Building Class	Loading Condition	Number of Loading Cycles	
		From	To
D	N/A		
C	1	20,000(a)	100,000(b)
B	2	100,000	500,000(c)
A	3	500,000	2,000.000(d)
A	4	Over 2,000.000	

(Fuente: AISE technicalre report No 13)

- (a) About 1 application per day for 50 year
- (b) About 5 applications per day for 50 years.

- (c) About 25 applications per day for 50 year
- (d) About 100 applications per day for 50 year

*Tabla Nro. 2.3
Deflexión máxima para vigas sometidas a cargas*

Class A building	1/1000
Class B building	1/1000
Class C building	1/600
Class D building	1/600

(Fuente: AISE technicalre report No 13)

Máxima deflexión de una viga por las fuerzas de una grúa sin impacto vertical y
Cualquier otro directo aplicado a la viga no superara los porcentajes de su longitud
En su tramo

Los elementos que componen una nave industrial para el funcionamiento de una grúa puente son las zapatas de concreto, columnas, vigas carrileras, arriostres longitudinales, arriostres diagonales, pórticos metálicos para el techo, arriostres en el techo, correas de amarre, cobertura y la grúa puente.

1.1 Definición de términos básicos.

a) Zapata de concreto:

Son bloques de concreto armado que soportan toda la estructura de la nave industrial por cada columna, para nuestro caso son zapatas continuas de concreto armado con vista de planta en la cimentación de forma rectangular con un pedestal de forma cuadrado.

Figura Nro. 2.2 - Zapata de concreto



(Fuente: Fotografía propia)

b) Columnas:

Las columnas son elementos verticales de acero cuya función es distribuir las cargas muertas y las cargas vivas hacia la cimentación, se considera carga muerta al peso propio del edificio y carga viva a las fuerzas producidas por la grúa puente, presión del viento, carga nieve etc.

Figura Nro. 2.3 - Columnas de una nave industrial



(Fuente: Fotografía propia)

c) Vigas Carrileras:

Son los elementos que soportan el desplazamiento de la grúa puente, estas están sometidos a situaciones simultaneas de fuerzas dinámicas verticales y horizontales, estas vigas carrileras se diseña y se dimensionan como vigas isostáticas, las cargas que deben soportar son cargas verticales, cargas transversales, cargas longitudinales cargas de freno.

Figura Nro. 2.4 - Vigas carrileras



(Fuente: propia)

d) Arriostres Longitudinales y Diagonales

Son elementos estructurales a manera de amarres longitudinales y diagonales usados para aumentar la rigidez de la estructura y su capacidad de resistir cargas laterales, tales como los movimientos sísmicos, presión del viento y lo más desfavorable para nuestro caso cargas generados por la grúa puente.

*Figura Nro. 2.5
Arriostramiento entre columnas*



(Fuente: Fotografía propia)

e) Pórtico Metálico del techo

Están compuestos por vigas de alma llena a dos aguas que están soportados en cada extremo en las columnas de la nave, los nudos o rodilla se refuerzan con cartelas que rigidizan y ayudan a contrarrestar el empuje que ejerce el pórtico hacia el exterior.

Figura Nro. 2.6 - Cobertura de techo



(Fuente: Fotografía propia)

f) Correas de amarre:

Son elementos metálicos que se instalan tanto en el techo como en las paredes, la función principal es prestar el soporte para la instalación de la cobertura.

Figura Nro. 2.7 - Cobertura de techo)



(Fuente: Fotografía propia)

g) Cobertura:

La cobertura es la parte más delicada en toda construcción de una nave industrial, el diseño e instalación de la cubierta metálica exigen fiabilidad y durabilidad con el tiempo.

Figura Nro. 2.8 - Cobertura lado exterior



(Fuente: Fotografía propia)

h) Grúa Puente:

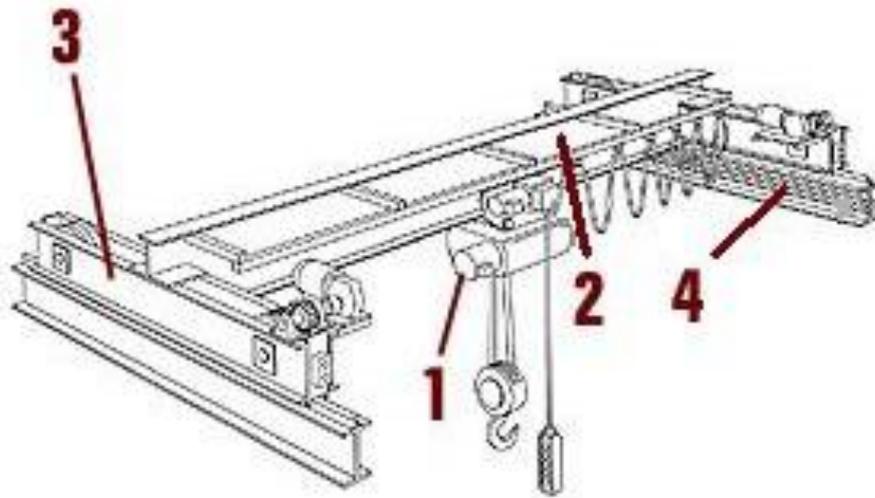
Las grúas puente son máquinas para elevación y transporte de materiales, tanto como interior como exterior, de uso muy común tanto el almacenes industriales, como talleres, se trata de una estructura elevada formada por una o varias vigas metálicas que lo llamamos puentes, con un sistema de desplazamiento de 4 ruedas o más sobre rieles instalados en las vigas carrileras y que son movidas por los testers de desplazamiento del puente que cuentan con uno o dos motores eléctricos, también cuentan con un sistema de elevación central mediante un polipasto y gancho.

Figura Nro. 2.9- Vista de una grúa puente Monoviga



(Fuente: Fotografía propia)

Figura Nro. 2.10 - Grúa Puente Monoviga



(Fuente: Imagen propia)

Tabla Nro. 2.4 - Partes principales de una grúa puente

Ítem	Descripción
1	Mecanismo de elevación
2	Viga principal
3	Viga testero
4	Viga Carrilera

(Fuente: propia)

La diferencia de una grúa puente monoviga con una grúa puente doble viga es la cantidad de viga que soporta al mecanismo de elevación en

este caso las grúas puentes monovigas poseen una sola viga tipo cajón y las grúas puente birrail poseen dos vigas tipo cajón, por lo demás la configuración es la misma para grúa estándar tanto en la parte mecánica como la parte eléctrica.

III. VARIABLES E HIPOTESIS

3.1 Variables de la Investigación:

El diseño descriptivo explicativo será el esquematizado de la forma siguiente:

Variables Independiente X= Recuperación funcional de una nave industrial mediante el análisis de su estructura.

Variables Dependientes Y = Operatividad de dos grúas puente.

Alineamiento de rieles.

Equivalencia de luces de puente y luces de nave.

Donde:

Recuperación funcional de una nave industrial: Es la variable que se modificará a través de las adecuaciones de las variables dependientes.

En ese sentido, definiremos a la nave industrial como un edificio construido de acero, cuya versatilidad en las adecuaciones y modificaciones en su estructura son su principal característica (Arnedo Peña, 2016).

Grúas puente: equipo fundamentalmente caracterizado por la carga nominal de izado en el gancho, la luz de la nave y el modo de operar (Arnedo Peña, 2016).

Alineamiento de rieles: Ajustar los rieles en línea para su correcto funcionamiento.

Luz puente: Distancia horizontal entre los apoyos de un arco o viga.

3.2 Operacionalización de variables:

Tabla Nro. 3.1

Variable	Dimensiones	Indicadores
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE "X"</p> <p>Recuperación funcional de una nave industrial mediante el análisis de su estructura.</p>	Método de estudio	<ul style="list-style-type: none"> - Esfuerzo máximos permisibles. - Verificación de esfuerzos y deformaciones. - Carga por fatiga por ciclos de trabajo.
	Ventajas comparativas de costos	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de inversión a mediano plazo. - Plan Inversión para compra de otros activos si no se construye una nave nueva
	Normatividad de diseño estructural	<ul style="list-style-type: none"> - AISC "American Institute of Steel Construction" - AISETechnical Report No. 13 - CMAA 70 "Crane Manufacturers Association of America" - RNE: "Reglamento Nacional de Edificaciones"
<p>VARIABLES DEPENDIENTES "Y"</p> <p>Operatividad de dos grúas puente por todo el recorrido de la nave industrial</p>	Inspección de grúas	<ul style="list-style-type: none"> - Formatos de inspección electromecánico de grúa.
	Alineamiento de rieles	<ul style="list-style-type: none"> - Formatos de alineamiento de rieles. - Normatividad de tolerancias de alineamiento de acuerdo al CMAA70
	Pruebas en vacío con la grúa	<ul style="list-style-type: none"> - Formato de pruebas en vacío de la grúa. - Toma de datos de la parte eléctrica
	Pruebas con carga	<ul style="list-style-type: none"> - Pesas de 2.5t para las pruebas.

3.3 Hipótesis

3.3.1 Hipótesis General:

¿A través del análisis de estructuras, se conseguirá la operatividad de la nave industrial para recuperación funcional de dos grúas puente en la Minera Yanacocha, Cajamarca?

3.3.2 Hipótesis Especifico:

Al utilizar el método de estudio de esfuerzos máximos permisibles se logrará la recuperación de la nave industrial.

Las ventajas de costo influyen en recuperar o construir una nueva nave industrial, por lo cual se preferirá recuperar la nave industrial.

Al utilizar las normas técnicas adecuadas, se garantizará trabajar dentro de los parámetros de diseño para recuperar la nave industrial.

IV. METODOLOGIA:

4.1 Tipo de Investigación

El desarrollo de la investigación será de tipo tecnológica aplicada a nivel descriptivo, esto quiere decir que se orientará a la implementación de los conocimientos y métodos disponibles en la academia ingenieril en un proyecto de rediseño estructural de una nave industrial a partir de la data primaria disponible en la minera Yanacocha, la presente investigación busca describir el proceso idóneo de re- estructuración ingenieril del diseño de la nave industrial.

4.2 Diseño de Investigación

El diseño de la Investigación será de campo en la minera Yanacocha, que consistirá en la recolección de datos de la realidad donde ocurren los hechos sin manipular o controlar variable alguna. El diseño de investigación estará esquematizado de la siguiente manera:



X= Total de información disponible sobre la nave a re-diseñar

Y = Información relevante para el análisis estructural ASD.

4.2.1 Parámetros básicos de investigación:

El diseño de reforzamiento estará basado bajo el Reglamento Nacional de Edificaciones de las mismas formas bajo la norma AISC, AISE Technical Report N°13 y el CMAA-70, el ingeniero calculista deberá de conocer e interpretar estas normas para el uso óptimo de los resultados

4.2.2 Etapas de Investigación.

- Elección del tipo de análisis estructural a partir del cual se realizará el re-diseño de la nave.
- Toma de datos de campo.
- Procesar los datos de campo mediante un informe y reportes fotográficos.

- Realizar el cálculo estructural basado en los datos obtenidos en campo.
- Elaborar planos de reforzamiento de acuerdo al cálculo estructural

4.2.3 Detalles de Investigación.

- Realizar las combinaciones de carga de acuerdo a los ciclos de trabajo del puente grúa y las condiciones geográficas donde está ubicado esta nave industrial.
- Por petición del cliente se tomará en cuenta la combinación de cargas más desfavorables para el edificio y esto sucede cuando las grúas trabajan en simultáneo con las cargas máximas en el mismo paño.

4.3 Población y Muestra

Nuestra población y muestra para este caso solo comprenderá el área de la nave estructural siendo este 32m x 112m total $3,584m^2$ puesto que es un caso atípico que no se da comúnmente en naves industriales con operación de dos grúas puente.

4.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

4.4.1 Observación

Se aplicará esta técnica utilizando unos formatos de registro de información, relacionada con: Condiciones de columnas, arriostres, zapatas, largueros, techos,

4.4.2 Medición

Se aplicarán formatos de medición relacionados a las estructuras existentes, la toma de dato deberá ser en campo componente por componente, para determinar los componentes de la nave industrial más críticos.

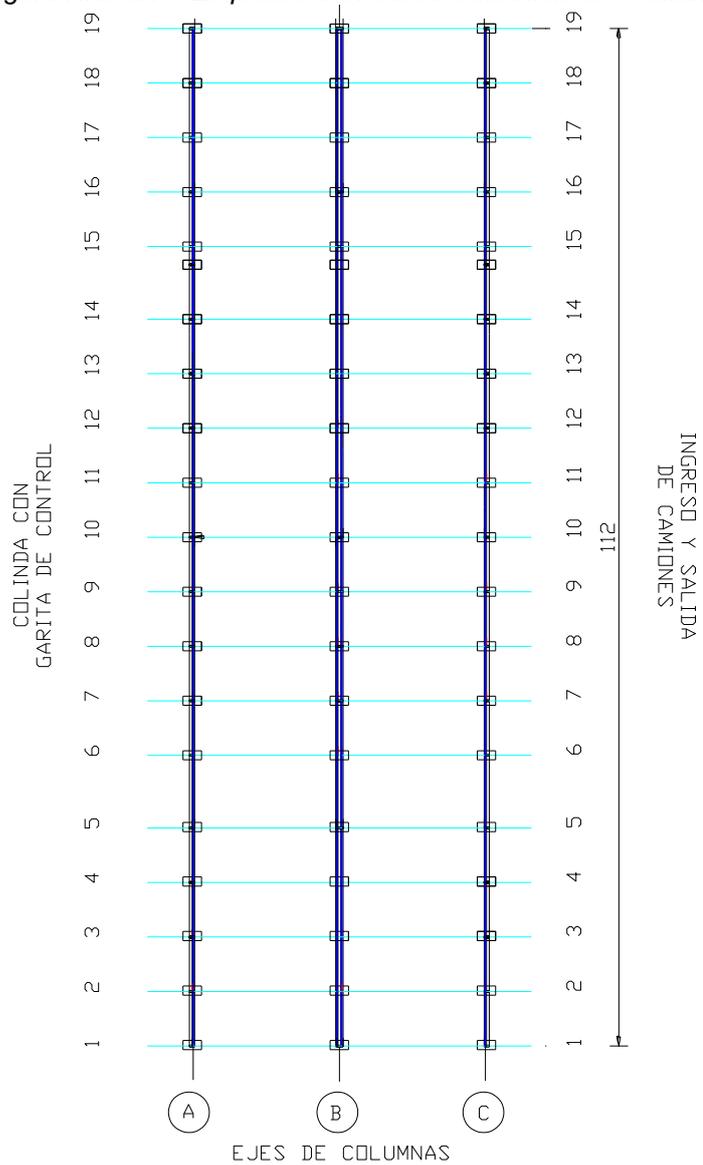
4.4.3 Análisis documentario y estadístico

No aplica en la presente investigación ya que es un estudio de tecnológica aplicada en un caso específico, por lo cual no se puede generalizar de manera absoluta los datos, pero sí generar patrones de evaluación de componentes.

4.5 Procedimiento de recolección de datos:

Se procedió la toma de datos en campo especificando el tipo de perfil con que está compuesto todos los elementos de la nave industrial y las características de los materiales del cual se presenta el reporte fotográfico, los cuales serán ubicados en el esquema general de columnas como punto de partida para el análisis de la estructura.

Figura Nro. 4.1 – Esquema General de Ubicación de Columnas



(Fuente: propia)

Arriostres entre columnas ejes B4 - B5 / B13 - B14 / B1 - B2 / A1 a-A2

Se instalaron fierro redondo liso de diámetro $\frac{3}{4}$ " cumpliendo la función de arriostramiento entre columnas, estos se encuentran pandeados sueltos con alto índice de corrosión con agarrotamiento en los pernos de sujeción.

*Figura Nro. 4.2 –
Uso de fierro liso redondo $\varnothing 3/4$ " usado como arriostre entre columnas*



(Fuente Propia)

4.5.1 Arriostres en el techo de nave

Uso de fierro liso redondo de diámetro $\frac{1}{2}$ " como templador, no posee arriostres en el techo, estos elementos poseen alto índice de corrosión.

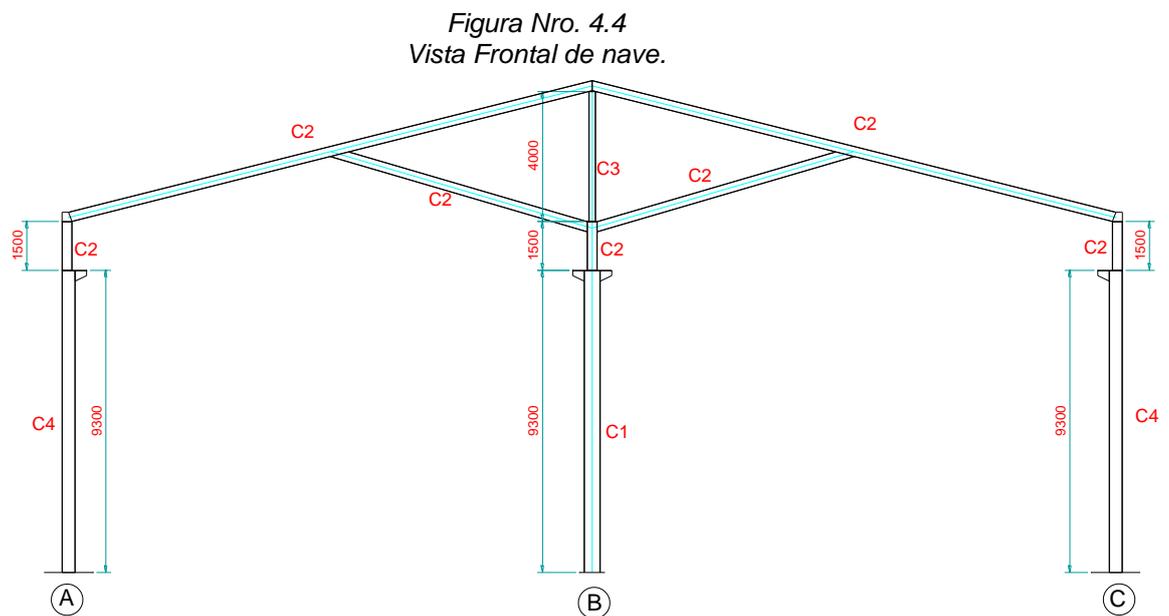
*Figura Nro. 4.3
Templadores de techos sueltos y corroídos.*



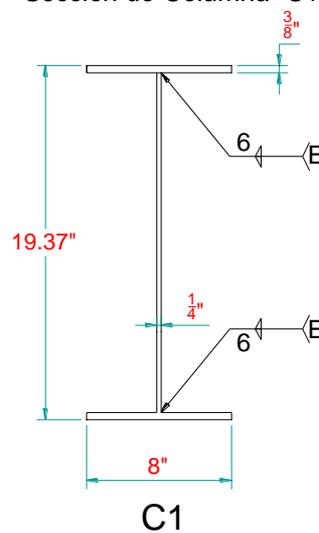
(Fuente Propia)

4.5.2 Columnas Centrales Eje B

Todas las columnas del eje B tienen las mismas dimensiones que se dan a continuación, de la misma forma estas columnas fueron fabricados mediante planchas soldando el ala con el alma.

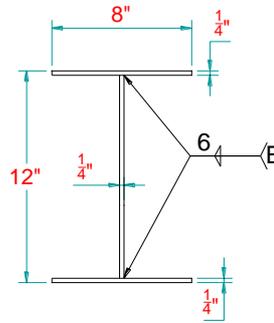


*Figura Nro. 4.5
Sección de Columna C1*



(Fuente: Propia)

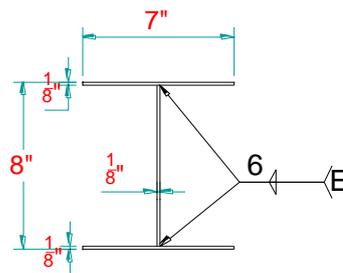
Figura Nro. 4.6
Sección de Columna C2



C2

(Fuente: Propia)

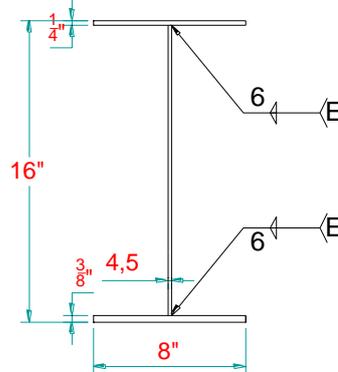
Figura Nro. 4.7
Sección de Columna C3



C3

(Fuente: Propia)

Figura Nro. 4.8
Sección de Columna C4



C4

(Fuente: Propia)

Figura Nro. 4.9
Alto índice de corrosión en empalme de alma C1 eje B



(Fuente: Propia)

Figura Nro. 4.10
Abertura de bridas en arriotramiento en columna C2 Eje B



(Fuente Propia)
Figura Nro. 4.11
Corrosión en columna C3 eje B



(Fuente: Propia)

Figura Nro. 4.12
Columna C4 eje A



(Fuente: Propia)

Figura Nro. 4.13
Columna C4 eje B



(Fuente: Propia)

Figura Nro. 4.14
Eje B Vigas Carrileras desalineadas



(Fuente: Propia)

4.6 Procedimiento estadístico de datos:

Por la naturaleza del trabajo no aplica por ser una investigación descriptiva explicativa no cuantitativa.

V. RESULTADOS.

5.1 Análisis Estructural

Para el presente análisis se usará el método del ASD, esfuerzos máximos permisibles. El análisis estructural que se presenta abarcará la totalidad de la nave industrial del almacén de nitrato de amonio salvo las zapatas de concreto puesto que no se cuenta con los planos de construcción.

Datos técnicos.

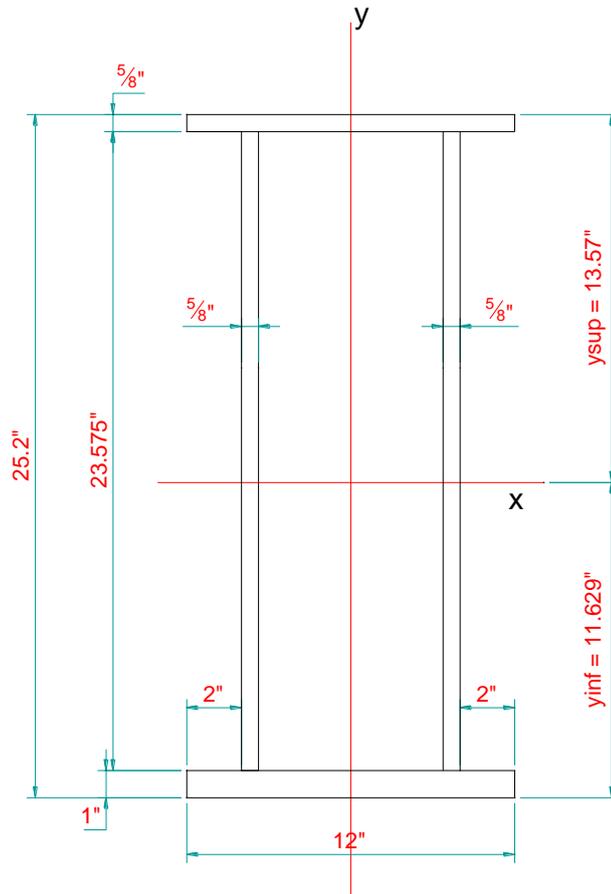
- Longitud de nave : 112m
- Ancho de nave : 32m
- Peso de puente grúa : 3.83t
- Distancia entre ruedas de testera : 2.5m
- Máxima carga estática por rueda : 3.07t
- Capacidad de la grúa : 2.5t
- Clasificación de servicio : M4

a) Análisis de viga tipo cajón para puente grúa

La viga tipo cajón del puente grúa existente está compuesto por placas laterales de espesor de plancha de 5/8" y placas superiores con espesor de plancha de 5/8" y placa inferior con espesor de plancha de 1", todas las uniones están soldadas, la construcción de esta viga tipo cajón es en acero estructural en acero ASTM A-36.

Características mecánicas de la sección de la viga cajón.

Figura Nro. 5.1
Sección de Viga cajón de puente grúas 2.5t



(Fuente: Propia)

- Centroide de la sección

A(in ²)	y(in)	Ay(in ³)
12	24.7	296.4
7.5	0.3125	2.344
29.469	12.4125	365.784
$\sum A = 48.969\text{in}^2$		$\sum Ay = 664.528\text{in}^3$
	$\bar{y} = 13.570\text{ in}$	

- Momento de inercia x-x

A	d	d ²	Ad ²	I _x	I _{x total}
12.00	11.1296	123.868	1486.42	1.00	1487.42
7.50	13.2579	175.772	1381.29	0.24	1318.53
29.469	1.1579	1.34	39.51	1364.85	1404.36
$\sum A$ = 48.969					$\sum I_x$ = 4210.31

- Módulo de sección x-x

$$S_{x.sup} = \frac{4210.31}{13.5704} = 310.26in^3$$

$$S_{x.inf} = \frac{4210.31}{11.6296} = 362.03in^3$$

- Radio de giro x-x

$$r_x = \sqrt{\frac{4210.31}{48.696}} = \sqrt{85.9791} = 9.27in$$

- Momento de Inercia y-y

$$I_y = 144.0 + 90.0 + 0.48 + 29.4469(3.3125)^2(2)$$

$$I_y = 881.67in^4$$

- Módulo de sección y-y

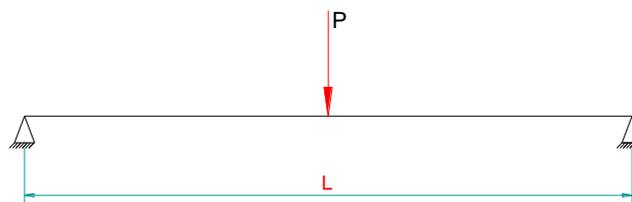
$$S_y = \frac{881.67}{6.00} = 146.94in^3$$

- Radio de giro y-y

$$r_y = \sqrt{\frac{881.67}{48.969}} = \sqrt{18.005} = 4.24 \text{ in}$$

- Momento máximo por carga

Figura Nro. 5.2 Esquema de carga producido por polipasto



(Fuente Propia)

$$L = 15.832 \text{ m}$$

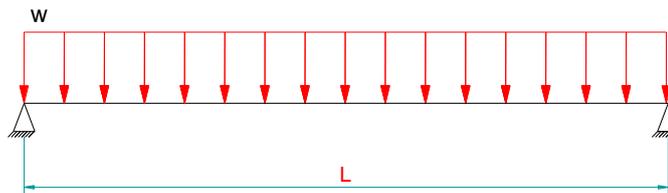
$$P = 2.5 \text{ t}$$

$$M_{max} = \frac{1}{4} PL = \frac{1}{4} (2.5)(15.532) = 9.895 \text{ t} - \text{m}$$

$$M_{max} = 857 \text{ Kip} - \text{in}$$

- Momento máximo por peso propio

Figura Nro. 5.3 Esquema de carga por peso propio



(Fuente Propia)

$$\text{Peso Propio (P.P)} = 3.83 \text{ t}$$

$$w = 0.2419 \frac{\text{t}}{\text{mL}} = 161.3 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} = 13.44 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

$$M_{p,p} = \frac{1}{8} wL^2 = \frac{1}{8} (3.83)(15.832) = 7.58 \text{ t} - \text{m}$$

$$M_{p,p} = 656 \text{ kip} - \text{in}$$

- Momento total máximo

$$M_{T \text{ Max}} = M_{\text{max}} + M_{p.p}$$

$$M_{T \text{ Max}} = 857 \text{kip} - \text{in} + 656 \text{kip} - \text{in} = 1,513.0 \text{kip} - \text{in}$$

- Esfuerzos por carga Vertical

$$F_{b \text{ inf}} = \frac{1,513}{310.26} = 4.18 \text{ KSI} < 24 \text{ KSI OK}$$

$$F_{b \text{ sup}} = \frac{1,513}{310.26} = 4.88 \text{ KSI} < 22 \text{ KSI OK}$$

- Esfuerzos por carga Lateral

$$0.20(P)$$

$$M_{L \text{ max}} = 0.20(M_{\text{max}}) = 0.20(857 \text{kip} - \text{in}) = 174.4 \text{Kip} - \text{in}$$

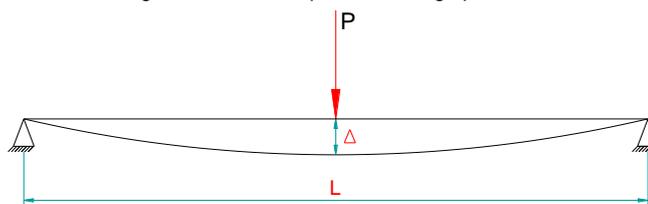
$$F_{bL} = \frac{171.4}{146.94} = 1.166 \text{KSI}$$

$$F_{b \text{ inf}} + F_{b \text{ sup}} = 4.18 + 1.17 = 5.37 \text{ KSI} < 24 \text{KSI}$$

$$F_{b \text{ sup}} + F_{bL} = 4.88 + 1.17 = 6.05 \text{ KSI} < 22 \text{KSI}$$

- Deformación o por carga

Figura Nro. 5.4 Esquema de carga por flexión



(Fuente Propia)

$$L = 15.832 \text{m} = 623.31 \text{in}$$

$$P = 2.5 \text{t} = 5.5 \text{Kips}$$

$$E = 29 \times 10^3 \text{ KSI}$$

$$I_x = 4210.31 \text{ in}^4$$

$$\Delta_{max} = \frac{PL^3}{48EI_x}$$

$$\Delta_{max} = \frac{5.5(623.31)^3}{48(29 \times 10^3)(4210.31)} = 0.228 \text{ in}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{L} = \frac{0.228}{623.31} = \frac{1}{2740} < \frac{1}{1000} \quad OK$$

Deformación por peso propio:

$$w = 13.44 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

$$E = 29 \times 10^6 \text{ PSI}$$

$$L = 623.31 \text{ in}$$

$$\Delta_{max} = \frac{5wL^4}{384EI_x} = \frac{5(13.44)(623.31)^4}{384(29 \times 10^6)(4210.31)}$$

$$\Delta_{max} = 0.216 \text{ in}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{L} = \frac{0.216}{623.31} = \frac{1}{2886} < \frac{1}{1000} \quad OK$$

Sumando deformaciones

$$\Delta_{total} = 0.228 + 0.216 = 0.444 \text{ in}$$

$$\frac{\Delta_{total}}{L} = \frac{0.444}{623.31} = \frac{1}{1404} < \frac{1}{1000} \quad OK$$

$$\Delta_{max L} = \Delta_{max} (0.2) \left(\frac{I_x}{I_y} \right)$$

$$\Delta_{max L} = 0.228 (0.2) \left(\frac{4210.31}{881.67} \right)$$

$$\Delta_{max L} = 0.218 \text{ in}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{L} = \frac{0.218}{623.31} = \frac{1}{2859} < \frac{1}{1000}$$

b) Análisis de Viga Carrilera

Las vigas carrileras poseen dos tipos paños o luz, una de 6m y la otra de 8m. La Sección de viga carrilera (luz 6m) posee en su ala superior un perfil C10x15.3 lb/ft con el ala anterior soldado con plancha de espesor $\frac{1}{2}$ in x 10in y peralte de la viga carrilera 14in

Características mecánicas C15.3lb/ft

$$w = \frac{15.3lb}{ft} = 23.0 \text{ kg/mL}$$

$$A = 4.49in^2$$

$$d = 10.00in$$

$$t_w = 0.240in$$

$$b_f = 2.60in$$

$$t_f = 0.436in$$

$$I_x = 1.16in^4$$

$$S_x = 1.16in^3$$

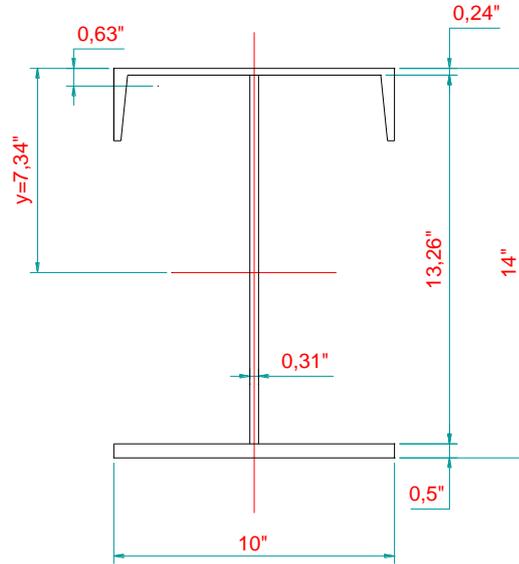
$$r_x = 0.713in^4$$

$$I_y = 67.4in^3$$

$$S_y = 13.5in^3$$

$$r_y = 3.87in^4$$

Figura Nro. 5.5
Sección de Viga Carrilera paño 6m



(Fuente: Propia)

- Control de la sección

A(in ²)	y(in)	Ay(in ³)
4.49	0.634	2.85
5	13.75	68.75
4.144	6.87	28.47
$\sum A = 13.634\text{in}^2$		$\sum Ay = 100.07\text{in}^3$

$$\tilde{y} = 7.34 \text{ in}$$

✓ Momento de inercia x-x

A	d	d ²	Ad ²	I _x	I _{x total}
4.490	6.706	44.97	201.92	2.28	204.2
5.00	6.410	41.088	205.44	0.10	205.54
4.144	0.470	0.221	0.92	60.72	61.64
$\sum A = 13.634\text{in}^2$					$\sum I_x = 471.38\text{in}^4$

- Módulo de sección x-x

$$S_{x.sup} = \frac{471.38}{7.34} = 64.22in^3$$

$$S_{x.inf} = \frac{471.38}{6.66} = 70.78in^3$$

- Radio de giro x-x

$$r_x = \sqrt{\frac{471.38}{13.634}} = \sqrt{34.574} = 5.88in$$

- Momento de Inercia y-y

$$I_y = 67.4 + 41.7 + 0.03$$

$$I_y = 109.1in^4$$

- Módulo de sección y-y

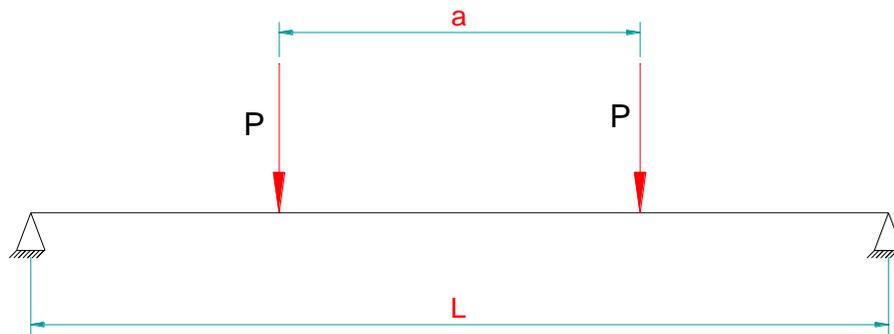
$$S_y = \frac{109.1}{5.00} = 21.82in^3$$

- Radio de giro y-y

$$r_y = \sqrt{\frac{109.1}{13.634}} = \sqrt{8.002} = 2.83in$$

- Momento máximo por carga

Figura Nro. 5.6
Esquema de carga para momento máximo luz 6m



(Fuente: Propia)

$$L = 6.00m$$

$$a = 2.5m$$

$$P = 3.07t$$

$$M_{max} = \frac{P}{2L} \left(L - \frac{a}{2}\right)^2 = \frac{3.07}{2(6.00)} (6.00 - 1.25)^2$$

$$M_{max} = 5.77 t - m = 500 \text{ kip} - in$$

Momento máximo por peso propio

$$w = 70 \text{ Kg/mL}$$

$$M_{p.p} = \frac{1}{8} w L^2 = \frac{1}{8} (0.070)(6)^2 = 0.315 t - m = 27 \text{ Kip} - in$$

Momento Total

$$M_T = 500 + 27 = 527 \text{ Kip} - in$$

- Esfuerzos por carga verticales

$$F_{b \text{ inf}} = \frac{527}{70.78} = 7.45 \text{ KSI} < 24 \text{ KSI OK}$$

$$F_{b \text{ sup}} = \frac{527}{64.22} = 8.21 \text{ KSI} < 22 \text{ KSI OK}$$

- Para verificar hay que combinar con cargas laterales

$$0.10(P)$$

$$M_{L\ max} = 0.10(M_{max}) = 0.10(500\ kip - in) = 50\ Kip - in$$

$$F_{bL} = \frac{50}{21.82} = 2.29\ KSI$$

$$F_{b\ inf} + F_{b\ sup} = 8.21 + 2.29 = 10.50\ KSI < 22KSI$$

$$L = 6\ m = 236\ in$$

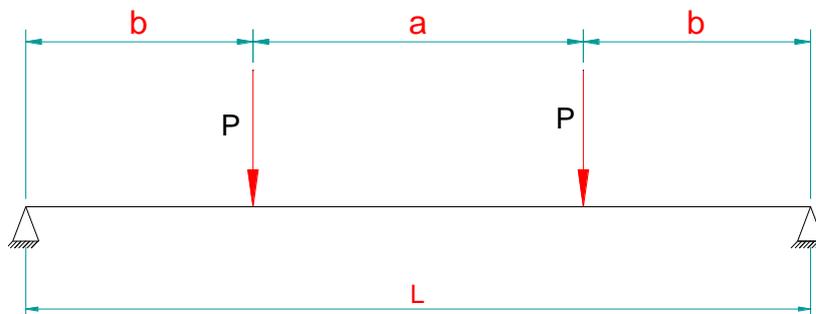
$$\frac{L}{r_y} = \frac{236}{2.83} = 83.4$$

$$F_a = 14.97\ KSI > 10.5\ KSI\ OK$$

Esfuerzos estáticos OK

- Deformación por carga

Figura Nro. 5.7
Esquema de carga por flexión luz 6m



(Fuente Propia)

$$L = 6\ m = 236\ in$$

$$P = 3.07\ t = 6.75\ Kips$$

$$b = \frac{(L - a)}{2} = \frac{(6 - 2.5)}{2} = 1.75\ m = 68.9\ in$$

$$E = 29 \times 10^3\ KSI$$

$$I_x = 471\ in^4$$

$$\Delta_{max} = \frac{Pb}{24EI_x}(3L^2 - 4b^2)$$

$$\Delta_{max} = \frac{6.75(68.9)(3(236)^2 - 4(68.9)^2)}{24(29 \times 10^3)(471.28)}$$

$$\Delta_{max} = \frac{1.417(167,088 - 18,989)}{10^6}$$

$$\Delta_{max} = 1.417(0.1418) = 0.2099in$$

$$\frac{\Delta_{max}}{L} = \frac{0.2099}{236} = \frac{1}{1124} < \frac{1}{1000} \text{ OK}$$

- Deformación por peso propio

$$w = 70 \frac{Kg}{m} = 46.7 \frac{lb}{pie} = 3.89 \frac{lb}{in}$$

$$E = 29 \times 10^6 \text{ PSI}$$

$$I_x = 471.38in^4$$

$$L = 236in$$

$$\Delta_{max} = \frac{5wL^4}{384EI_x} = \frac{5(3.89)(236)^4}{384(29 \times 10^6)(471.38)} = 0.0106in$$

$$\Delta_T = 0.2099in + 0.0106in = 0.2205in$$

$$\frac{\Delta_T}{L} = \frac{0.2205}{236} = \frac{1}{1070} < \frac{1}{1000} \text{ OK}$$

$$\Delta_L = \Delta_{max}(0.1) \frac{I_x}{I_y} = \frac{0.2099(0.1)(471.38)}{109.1}$$

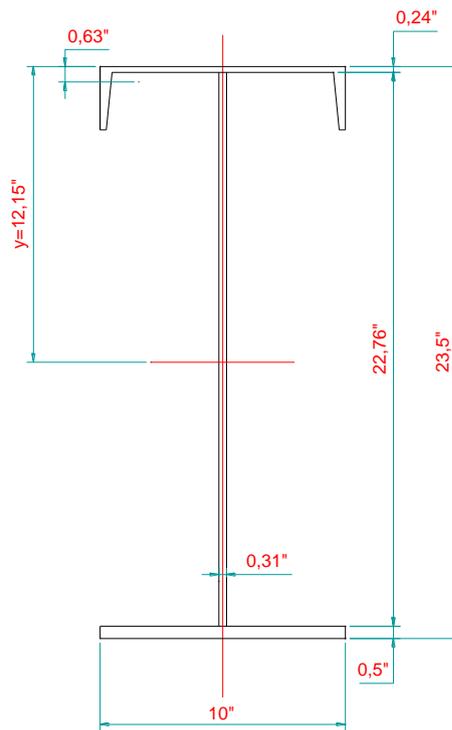
$$\Delta_L = 0.0906in$$

$$\frac{\Delta_L}{L} = \frac{0.0906}{236} = \frac{1}{2605} < \frac{1}{1000} \text{ OK}$$

Deformaciones OK

La sección de viga carrilera (luz 8m) posee en su ala superior un perfil C10x15.3 lb/ft con el ala anterior soldado con plancha de espesor 1/2 in x 10in y peralte de la viga carrilera de 23.5 in.

Figura Nro. 5.8
Sección de Viga Carrilera luz 8m



(Fuente: propia)

- Control de la sección:

$A(\text{in}^2)$	$y(\text{in})$	$Ay(\text{in}^3)$
4.49	0.634	2.85
5	23.250	116.25
7.113	11.62	82.65
$\sum A = 16.603\text{in}^2$		$\sum Ay = 201.75\text{in}^3$
$\bar{y} = 12.151\text{in}$		

- Momento de inercia x-x

A	d	d ²	Ad ²	I _x	I _{x total}
4.490	11.517	132.641	595.56	2.28	597.84
5.00	11.099	123.188	615.94	0.10	616.04
7.113	0.531	0.282	2.01	307.03	309.04
$\sum A$ = 16.603in ²					$\sum I_x$ = 1522.92in ⁴

- Módulo de sección x-x

$$S_{x.sup} = \frac{1522.92}{12.151} = 125.33in^3$$

$$S_{x.inf} = \frac{1521.92}{11.349} = 134.19in^3$$

- Radio de giro x-x

$$r_x = \sqrt{\frac{1522.92}{16.603}} = \sqrt{91.726} = 9.58in$$

- Momento de Inercia y-y

$$I_y = 67.4 + 41.7 + 0.06$$

$$I_y = 109.2in^4$$

- Módulo de sección y-y

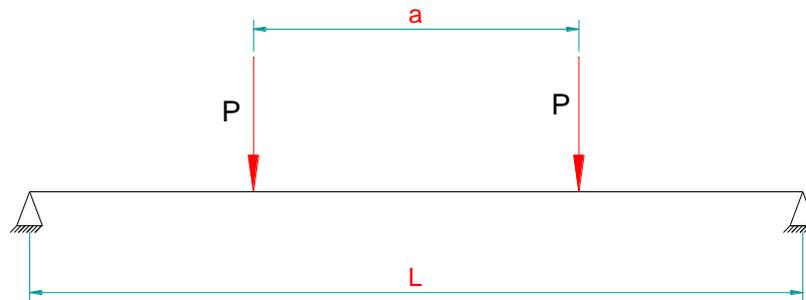
$$S_y = \frac{109.2}{5.00} = 21.84in^3$$

- Radio de giro y-y

$$r_y = \sqrt{\frac{109.2}{16.603}} = \sqrt{6.577} = 2.56in$$

- Momento máximo por carga

Figura Nro. 5.9
Esquema de carga para momento máximo luz 8m



(Fuente: Propia)

$$L = 8.00m$$

$$a = 2.5m$$

$$P = 3.07t$$

$$M_{max} = \frac{P}{2L} \left(L - \frac{a}{2} \right)^2 = \frac{3.07}{2(8.00)} (8.00 - 1.25)^2$$

$$M_{max} = 8.74 t - m = 757.70 \text{ kip} - in$$

- Momento máximo por peso propio

$$w = 85 \text{ Kg/mL}$$

$$M_{p,p} = \frac{1}{8} wL^2 = \frac{1}{8} (0.085)(8)^2 = 0.68 t - m = 59 \text{ Kip} - in$$

- Momento Total

$$M_T = 757 + 59 = 816 \text{ Kip} - in$$

Esfuerzos por carga vertical

$$F_{b \text{ inf}} = \frac{816}{134.19} = 6.08 \text{ KSI} < 24 \text{ KSI OK}$$

$$F_{b \text{ sup}} = \frac{816}{125.33} = 6.51 \text{ KSI} < 22 \text{ KSI OK}$$

- Para verificar hay que combinar con cargas laterales

$$0.10(P)$$

$$M_{L\ max} = 0.10(M_{max}) = 0.10(757\ \text{kip} - \text{in}) = 75.7\ \text{Kip} - \text{in}$$

$$F_{bL} = \frac{75.7}{21.84} = 3.47\ \text{KSI}$$

$$F_{b\ inf} + F_{b\ sup} = 6.51 + 3.47 = 9.98\ \text{KSI} < 22\ \text{KSI}$$

$$L = 8\ \text{m} = 315\ \text{in}$$

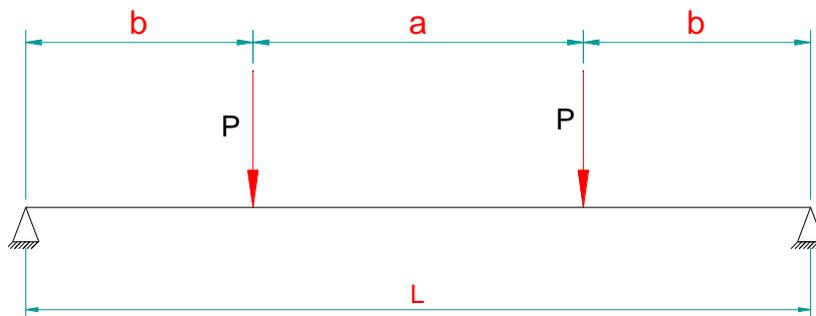
$$\frac{L}{r_y} = \frac{315}{2.56} = 123.0$$

$$F_a = 9.85\ \text{KSI} > 9.98\ \text{KSI} \quad \text{Digamos OK}$$

Esfuerzos estáticos OK

- Deformación por carga

Figura Nro. 5.10
Esquema de carga por flexión luz 8m



(Fuente: Propia)

$$L = 8\ \text{m} = 315\ \text{in}$$

$$P = 3.07\ \text{t} = 6.75\ \text{Kips}$$

$$b = \frac{(L - a)}{2} = \frac{(8 - 2.5)}{2} = 2.75\ \text{m} = 108.3\ \text{in}$$

$$E = 29 \times 10^3\ \text{KSI}$$

$$I_x = 1522.92\ \text{in}^4$$

$$\Delta_{max} = \frac{Pb}{24EI_x} (3L^2 - 4b^2)$$

$$\Delta_{max} = \frac{6.75(108.5)(3(315)^2 - 4(108.3)^2)}{24(29 \times 10^3)(1522.92)}$$

$$\Delta_{max} = \frac{0.6896(297,675 - 46,916)}{10^6}$$

$$\Delta_{max} = 0.6896(0.25076) = 0.1729in$$

$$\frac{\Delta_{max}}{L} = \frac{0.1729}{3156} = \frac{1}{1822} < \frac{1}{1000} \text{ OK}$$

- Deformación por peso propio

$$w = 85 \frac{Kg}{m} = 56.7 \frac{lb}{pie} = 4.72 \frac{lb}{in}$$

$$E = 29 \times 10^6 \text{ PSI}$$

$$I_x = 1522.92in^4$$

$$L = 315in$$

$$\Delta_{max} = \frac{5wL^4}{384EI_x} = \frac{5(4.72)(315)^4}{384(29 \times 10^6)(1522.92)} = 0.0137in$$

$$\Delta_T = 0.1729in + 0.0137in = 0.1866in$$

$$\frac{\Delta_T}{L} = \frac{0.1866}{315} = \frac{1}{1688} < \frac{1}{1000} \text{ OK}$$

$$\Delta_L = \Delta_{max}(0.1) \frac{I_x}{I_y} = \frac{0.1729(0.1)(1522.92)}{109.2}$$

$$\Delta_L = 0.2411in$$

$$\frac{\Delta_L}{L} = \frac{0.2411}{315} = \frac{1}{1307} < \frac{1}{1000} \text{ OK}$$

Deformaciones OK

c) **Columnas**

Las columnas tienen una altura efectiva al puente grúa de 9.3m, altura a la línea de arriostres 4.8m.

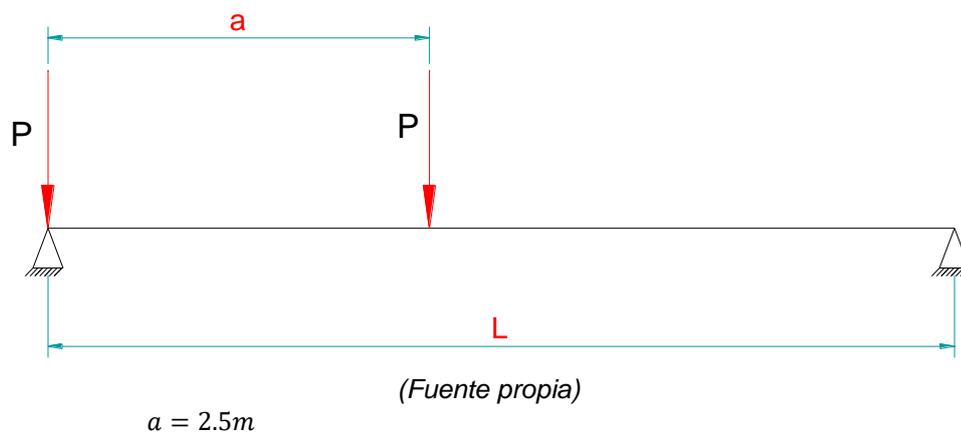
Columnas Centrales C1 son de sección tipo H soldadas con planchas para formar alma y alas; por lo mismo las alas son planchas de espesor 10mm x 200mm y el alma planchas de espesor 6mm soladas con un peralte de 492mm.

Columnas Laterales C4 son de sección tipo H soldadas con planchas para formar el alma y las alas; por lo mismo el ala anterior de espesor 9mm x 200mm y el alma planchas de espesor 4.5mm y ala exterior plancha de 6mm x 200mm con un peralte de 400mm.

- Cargas verticales en columnas.

✓ Luz 6m

Figura Nro. 5.11
Esquema de carga para columnas luz 6m



$$L = 6m$$

$$P = 3.07 t = 6.75 \text{ Kips}$$

$$V_6 = \left(1 + \frac{7}{12}\right)P = \left(\frac{19}{12}\right)(6.75) = 10.69 \text{ Kips}$$

- Luz de 8m

$$a = 2.5m$$

$$L = 8m$$

$$P = 3.07 t = 6.75 \text{ Kips}$$

$$V_8 = \left(1 + \frac{11}{16}\right)P = \left(\frac{27}{16}\right)(6.75) = 11.39 \text{ Kips}$$

- Excentricidad debido a los braquetes

$$e = 11 \text{ in}$$

- Momento debido a la excentricidad

$$M_6 = (V_6)(e) = 10.69(11) = 117.59 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_8 = (V_8)(e) = 11.39(11) = 125.29 \text{ kip} - \text{in}$$

- Cargas laterales de columnas en la dirección longitudinal (y-y)

$$H_L = 0.1P \text{ En cada rueda (2 por eje)}$$

$$H_L = 0.1(2P) = 0.2(6.75) = 1.35 \text{ Kips}$$

$$\text{A } 9.30 \text{ m (366 in) de altura}$$

$$M_L = 1.35(366) = 494.1 \text{ Kip} - \text{in}$$

$$\text{Hay 19 columnas por eje}$$

$$cM_L = \frac{M_L}{19} = \frac{494.1}{19} = 26.0 \text{ Kip} - \text{in}$$

- Cargas laterales de columnas en la dirección Transversal (x-x)

$$H_T = 01(V)$$

hay dos casos segun la luz

$$6H_T = 0.1(V_6) = 0.1(10.69) = 1.069 \text{ Kips}$$

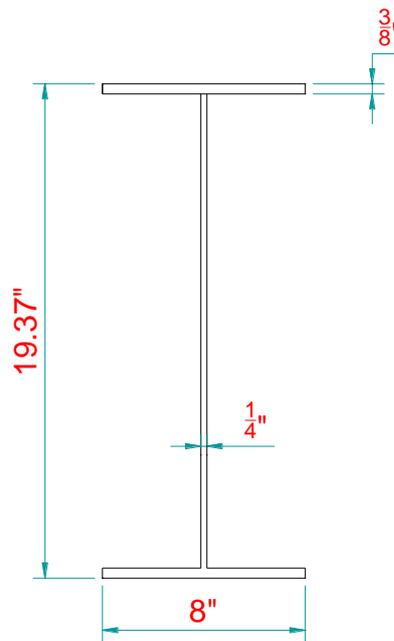
$$8H_T = 0.1(V_8) = 0.1(11.39) = 1.139 \text{ Kips}$$

A 9.30 m (366in) de altura

$$6M_T = 1.069(366) = 391.3 \text{ Kip} - \text{in}$$

$$8M_T = 1.139(366) = 416.9 \text{ Kip} - \text{in}$$

Figura Nro. 5.12
Sección de columna central C1



(Fuente Propia)

$$\hat{y} = 9.6875 \text{ in} \quad \text{Centroide}$$

- Momento de inercia x-x

A	d	d ²	Ad ²	I _x	I _{x total}
3.00	9.50	90.25	270.750	0.035	270.785
3.00	9.50	90.25	270.750	0.035	270.785
4.656	0	0	0	134.60	134.600
$\sum A$ = 10.656in ²					$\sum I_x$ = 676.17in ⁴

- Módulo de sección x-x

$$S_x = \frac{676.17}{9.6875} = 69.80 \text{ in}^3$$

- Radio de giro x-x

$$r_x = \sqrt{\frac{676.17}{10.565}} = \sqrt{63.4544} = 7.97 \text{ in}$$

- Momento de Inercia y-y

$$I_y = 16.00 + 16.00 + 0.024$$

$$I_y = 32.024 \text{ in}^4$$

- Módulo de sección y-y

$$S_y = \frac{32.024}{4.00} = 8.006 \text{ in}^3$$

- Radio de giro y-y

$$r_y = \sqrt{\frac{32.024}{10.656}} = \sqrt{10.656} = 1.734 \text{ in}$$

- Resistencia de Columnas Centrales

$$L_x = 9.3 \text{ m} = 366 \text{ in}$$

$$L_y = 4.8 \text{ m} = 189 \text{ in}$$

$$K_x = 2.10$$

- *Recomendado empotrado y voladizo*

$$K_y = 1.2$$

- *Recomendado Empotrado, desplazamiento libre y rotación restringida*

$$K_x L_x = 366(2.10) = 768.6 \text{ in}$$

$$K_y L_y = 189(1.20) = 226.8 \text{ in}$$

$$\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{768.6}{7.97} = 96.4 < 200 \text{ OK}$$

$$\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{226.86}{1.734} = 130.8 < 200 \text{ OK}$$

$$F_{ax} = 13.43 \text{ KSI}$$

$$F_{ay} = 8.73 \text{ KSI}$$

$$P_{ax} = 13.43(10.656) = 143.11 \text{ Kips}$$

$$P_{ay} = 8.73(10.656) = 93.03 \text{ Kips}$$

$$M_x = 22(69.80) = 1535.6 \text{ Kip} - \text{in}$$

$$M_y = 22(8.006) = 176.13 \text{ Kip} - \text{in}$$

- **Análisis de las Columnas Centrales – Caso Luz 6m**

$$V_6 = 10.69 \text{ Kips}$$

$$M_6 = 117.59 \text{ Kip} - \text{in}$$

$$6M_T = 391.3 \text{ kip} - \text{in}$$

$$cM_L = 26.0 \text{ kip} - \text{in}$$

Sumando Cocientes

$$\frac{10.69}{93.03} + \frac{117.59}{1535.6} + \frac{391.3}{1535.6} + \frac{26.0}{176.13}$$

$$0.1149 + 0.0766 + 0.2548 + 0.1476$$

$$0.5939 < 1.000 \text{ OK}$$

- Cuando se usan las dos grúas a la vez

$$2(0.1149) + (0) + 2(0.2548) + 2(0.1476)$$

$$0.2298 + (0) + 0.5096 + 0.2952$$

$$1.0346 > 1.000 \text{ Inadecuado}$$

Si agregamos el peso propio del edificio

$$P.P = 4.44 \text{ Kips} \quad (\text{Caso paño de 6m})$$

$$\frac{4.44}{93.03} = 0.0477$$

$$1.0346 + 0.0477 = 1.0823 > 1 \text{ NO PASA}$$

- No se ha considerado cargas extraordinarias, como sismo, nieve, viento.

- **Análisis de las Columnas Centrales – Caso Luz 8m**

$$V_8 = 11.39 \text{ Kips}$$

$$M_8 = 125.29 \text{ Kip-in}$$

$$8M_T = 416.9 \text{ kip-in}$$

$$cM_L = 26.0 \text{ kip-in}$$

Sumando Cocientes

$$\frac{11.39}{93.03} + \frac{125.29}{1535.6} + \frac{416.9}{1535.6} + \frac{26.0}{176.13}$$

$$0.1224 + 0.0816 + 0.2715 + 0.1476$$

$$0.6231 < 1.000 \text{ OK}$$

- Cuando se usan las dos grúas a la vez

$$2(0.1224) + (0) + 2(0.2715) + 2(0.1476)$$

$$0.2448 + (0) + 0.5430 + 0.2952$$

$$1.0830 > 1.000 \text{ INADECUADO}$$

- Si agregamos el peso propio del edificio

$$P.P = 5.17 \text{Kips} \quad (\text{Caso paño de 8m})$$

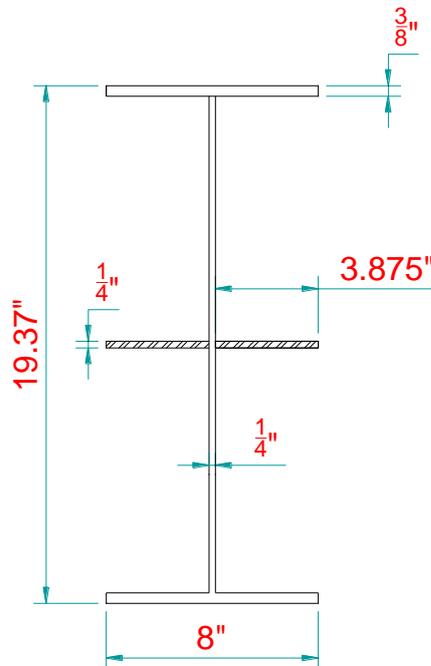
$$\frac{5.17}{93.03} = 0.0556$$

$$1.0830 + 0.0556 = 1.1386 > 1 \text{ NO PASA}$$

- No se ha considerado cargas extraordinarias, como sismo, nieve, viento.

- **Sección de columnas centrales reforzadas**

Figura Nro. 5.13
Sección de columna central reforzada



(Fuente propia)

$$\tilde{y} = 9.6875 \text{ in} \quad \text{Centroide}$$

- Momento de inercia x-x

A	d	d ²	Ad ²	I _x
10.656	0	0	0	676.17
2	0	0	0	0.01
$\sum A$ = 12.656 in ²				$\sum I_x$ = 676.18 in ⁴

- Módulo de sección x-x

$$S_x = \frac{676.17}{9.6875} = 69.80 \text{ in}^3$$

- Radio de giro x-x

$$r_x = \sqrt{\frac{676.17}{12.656}} = \sqrt{53.428} = 7.31 \text{ in}$$

- Momento de Inercia y-y

$$I_y = 16.00 + 16.00 + 10.667 + 0.024$$

$$I_y = 42.691 \text{ in}^4$$

- Módulo de sección y-y

$$S_y = \frac{42.691}{4.00} = 10.673 \text{ in}^3$$

- Radio de giro y-y

$$r_y = \sqrt{\frac{42.691}{12.656}} = \sqrt{3.3732} = 1.837 \text{ in}$$

- Resistencia de Columnas Centrales Reforzadas

$$L_x = 9.3 \text{ m} = 366 \text{ in}$$

$$L_y = 4.8 \text{ m} = 189 \text{ in}$$

$$K_x = 2.10$$

- Recomendado *empotrado y voladizo*

$$K_y = 1.2$$

- Recomendado *Empotrado, desplazamiento libre y rotación restringida*

$$K_x L_x = 366(2.10) = 768.6 \text{ in}$$

$$K_y L_y = 189(1.20) = 226.8 \text{ in}$$

$$\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{768.6}{7.31} = 105.1 < 200 \text{ OK}$$

$$\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{226.86}{1.837} = 123.5 < 200 \text{ OK}$$

$$F_{ax} = 12.32 \text{ KSI}$$

$$F_{ay} = 9.775 \text{ KSI}$$

$$P_{ax} = 12.32(12.656) = 155.92 \text{ Kips}$$

$$P_{ay} = 9.775(12.656) = 123.71 \text{ Kips}$$

$$M_x = 22(69.80) = 1535.6 \text{ Kip} - \text{in}$$

$$M_y = 22(10.673) = 234.8 \text{ Kip} - \text{in}$$

- **Análisis de la columna central (reforzadas) – Caso Luz 6m**

$$V_6 = 10.69 \text{ kips}$$

$$M_6 = 117.59 \text{ kip} - \text{in}$$

$$6M_t = 391.3 \text{ kip} - \text{in}$$

$$cM_L = 26.0 \text{ kip} - \text{in}$$

$$PP. = 4.44 \text{ kips}$$

- Sumando cocientes

$$\frac{10.69}{123.71} + \frac{117.59}{1535.6} + \frac{391.3}{1535.6} + \frac{26.0}{234.8} + \frac{4.44}{123.71}$$

$$0.0864 + 0.0766 + 0.2548 + 0.1107 + 0.0359 = 0.5644$$

$$0.5644 < 1000 \dots OK$$

- Cuando se usan las dos grúas a la vez

$$2(0.0864) + (0) + 2(0.2548) + 2(0.1107) + 0.0359$$

$$0.1728 + (0) + 0.5096 + 0.2214 + 0.0359$$

$$0.9397 < 1.000 \dots OK$$

- **Análisis de la columna central (reforzadas) – Caso Luz 6m**

$$V_8 = 11.39 \text{ Kips}$$

$$\mathbf{M_8 = 125.29 \text{ kip} - \text{in}}$$

$$8M_T = 416.9 \text{ kip} - \text{in}$$

$$cM_L = 26 \text{ kip} - \text{in}$$

$$P.P. = 5.17 \text{ kips}$$

- Sumando cocientes

$$\frac{11.39}{123.71} + \frac{125.29}{1535.6} + \frac{416.9}{1535.6} + \frac{26.0}{234.8} + \frac{5.17}{123.71}$$

$$0.0921 + 0.0816 + 0.2715 + 0.1107 + 0.0418$$

$$0.5977 < 1.000 \dots OK$$

- Cuando se usan las dos grúas a la vez

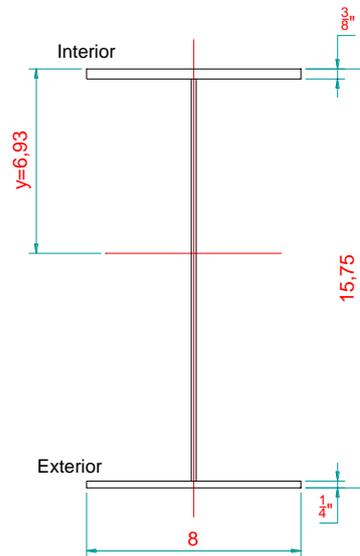
$$2(0.0921) + (0) + 2(0.2715) + 2(0.1107) + 0.0418$$

$$0.1842 + (0) + 0.5430 + 0.2214 + 0.0418$$

$$0.9904 < 1.000 \dots OK$$

- **Sección de columnas laterales C4**

Figura Nro. 5.14
Sección de columna lateral C4



(Fuente: propia)

A	Y	Ay
3.000	0.1875	0.5625
2.000	15.625	31.2500
2.836	7.9375	22.51075
$\Sigma 7.836 in^2$		$\Sigma 54.3232 in^3$

$$\hat{y} = 6.9325 in$$

<i>A</i>	<i>d</i>	<i>d</i> ²	<i>Ad</i> ²	<i>I_x</i>	<i>I_T</i>
3.000	6.745	45.495	136.485	0.035	136.520
2.000	8.6925	75.560	151.120	0.010	151.130
2.836	1.005	1.010	2.865	54.065	56.930
$\Sigma 7.836 in^2$				$\Sigma 344.58 in^4$	

$$S_{x \text{ int.}} = 344.58 / 6.9325 = 49.71 \text{ in}^3$$

$$S_{x \text{ ext.}} = 344.58 / 8.8175 = 39.08 \text{ in}^3$$

$$r_x = \sqrt{344.58 / 7.836} = \sqrt{43.974} = 6.63 \text{ in}$$

$$I_y = 16.000 + 10.667 + 0.008 = 26.675 \text{ in}^4$$

$$S_y = 26.675 / 4.000 = 6.67 \text{ in}^3$$

$$r_y = \sqrt{26.675 / 7.836} = \sqrt{3.4042} = 1.845 \text{ in}$$

- Resistencia de Columnas Centrales

$$L_x = 9.3 \text{ m} \cong 366 \text{ in}$$

$$L_y = 4.8 \text{ m} \cong 189 \text{ in}$$

$$K_x = 2.1 \text{ Recomendado empotrado y voladizo}$$

$$K_y = 1.2 \text{ Recomendado empotrado, desplazamiento libre y rotación restringida}$$

$$K_x L_x = 366 (2.1) = 768.6 \text{ in.}$$

$$K_y L_y = 189 (1.2) = 226.8 \text{ in}$$

$$K_x L_x / r_x = 768.6 / 6.63 = 115.1 < 200 \dots \text{ OK}$$

$$K_y L_y / r_y = 226.8 / 1.845 = 122.9 < 200 \dots \text{ OK}$$

$$F_{ax} = 10.86 \text{ KSI}$$

$$F_{ay} = 9.86 \text{ KSI}$$

$$P_{ax} = 10.86 (7.836) = 85.10 \text{ kips}$$

$$P_{ay} = 9.86 (7.836) = 77.26 \text{ kips}$$

$$M_{x \text{ INT}} = 22(49.71) = 1093.6 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_{y \text{ EXT}} = 22(39.08) = 859.8 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_T = 22(6.67) = 146.74 \text{ kip} - \text{in}$$

- **Análisis de la columna laterales – Caso Luz 6m**

$$V_6 = 10.69 \text{ Kips}$$

$$M_6 = 117.59 \text{ kip} - \text{in}$$

$$6M_T = 391.3 \text{ kip} - \text{in}$$

$$cM_L = 26 \text{ kip} - \text{in}$$

Sumando cocientes

$$\frac{10.69}{77.26} + \frac{117.59}{1093.6} + \frac{391.3}{1093.6} + \frac{26.0}{146.74}$$

$$0.1384 + 0.1075 + 0.3578 + 0.1772$$

$$0.7809 < 1.000 \dots OK$$

- Si se considera el peso propio del edificio.

$$P.P. = 1.50 \text{ kips} \dots \text{ Caso luz } 6.00 \text{ m}$$

$$1.50/77.26 = 0.0194$$

$$0.7801 + 0.0194 = 0.8003 < 1.000 \dots OK$$

- **Análisis de la columna laterales – Caso Luz 6m**

$$V_8 = 11.39 \text{ Kips}$$

$$M_8 = 125.29 \text{ kip} - \text{in}$$

$$8M_T = 416.9 \text{ kip} - \text{in}$$

$$cM_L = 26 \text{ kip} - \text{in}$$

- Sumando cocientes

$$\frac{11.39}{77.26} + \frac{125.29}{1093.6} + \frac{416.9}{1093.6} + \frac{26.0}{146.74}$$

$$0.1474 + 0.1146 + 0.3812 + 0.1772$$

$$0.8204 < 1.000 \dots OK$$

- Si se considera el peso propio del edificio.

$$P.P. = 1.75 \text{ kips} \dots \text{ Caso luz } 8.00 \text{ m}$$

$$1.75/77.26 = 0.0227$$

$$0.8204 + 0.0227 = 0.8431 < 1.000 \dots OK$$

- **Sección de vigas pórticos de techo C2**

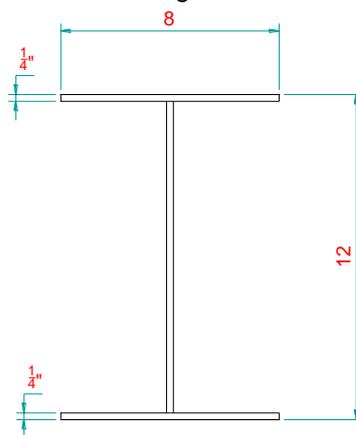
Área

$$8 \times 1/4 = 2.00$$

$$8" \times 1/4" = 2.975$$

$$\Sigma 6.875 \text{ in}^2$$

Figura Nro. 5.15
Sección de viga de techo C2



Fuente Propia

A	d	d^2	Ad^2	I_x	I_T
2.000	5.875	34.5156	69.03	0.01	69.04
2.000	5.875	34.5156	69.03	0.01	69.04
2.675	0	0	0	31.68	31.68
$\Sigma 6.875 \text{ in}^2$					$\Sigma 169.76 \text{ in}^4$

$$S_x = 169.76/6.000 = 28.29 \text{ in}^3$$

$$r_x = \sqrt{169.76/6.875} = \sqrt{24.69} = 4.97 \text{ in}$$

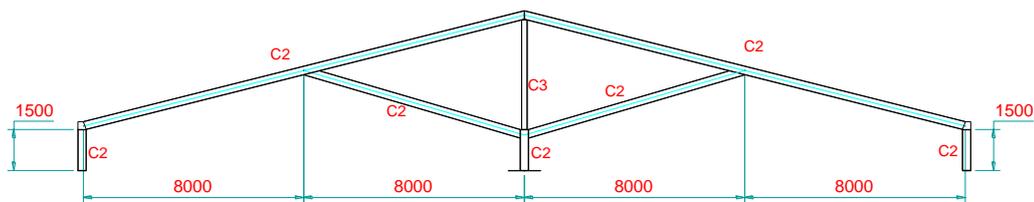
$$I_y = 10.67 + 10.67 + 0.01 = 21.35 \text{ in}^4$$

$$S_y = 21.35/4.000 = 5.34 \text{ in}^3$$

$$r_y = \sqrt{21.35/6.875} = \sqrt{3.105} = 1.762 \text{ in}$$

d) Verificación de vigas pórtico de techo.

Figura Nro. 5.16
Vigas pórtico de techo



Fuente Propia

$$L = \sqrt{8^2 + 2^2} = \sqrt{64 + 4} = 8.245 \text{ m} \cong 325''$$

$$L/r_y = 325/1.762 = 184.5 < 200 \dots \text{OK}$$

$$F_a = 4.385 \text{ KSI}$$

$$P_a = 4.385(6.875) = 30.15 \text{ kips} \dots \text{OK}$$

$$M_x = F_b S_x = 22(28.29) = 622.4 \text{ kip-in} \cong 7.187 \text{ ton-m}$$

$$M_T = (1/8)WL^2$$

$$\text{Donde: } L = 16.00 \text{ m}$$

$$W = 8 M/L^2 = 8(7.187)/(16)^2 = 0.225 \text{ ton/mL}$$

$$\text{ANCHO TRIBUTARIO } b = 6.00$$

$$W = w/b = 225/6.00 = 37.5 \text{ kg/m}^2 \quad \dots \quad \text{OK}$$

e) Elementos de arriostres para estabilizar la nave

La nave se estabilizará con 04 elementos de arriostres

- **1-T** En diagonales: en 2 tamaños

A. longitud 5.66 m para los h=4.5m

B. longitud 5.41m para los h=4.5m

Se usarán en algunos paños de 6.00m, en los ejes de columnas A, B , C. (entre 1 y 2, 5 y 5, 6 y 7, 13 y 14, 15 y 16, 18 y 19), también en todos los paños de 6.00 m con longitud de 5.41m entre las vigas pórticos de los techos (eje B)

- **2-T** En dinteles arriostrados: serán de 6m y están **arriostrados por las citadas diagonales a 3m.**
- **3-T** En dinteles sin arriostrar: son de 6m y están a la misma altura que los anteriores, en los ejes a, b, c.
- **4-T** En dinteles de puertas: son de 8m también se encuentran en los paños de 8m entre las vigas pórticos de los techos (eje B)

- **Arriostres 1-T en diagonales**

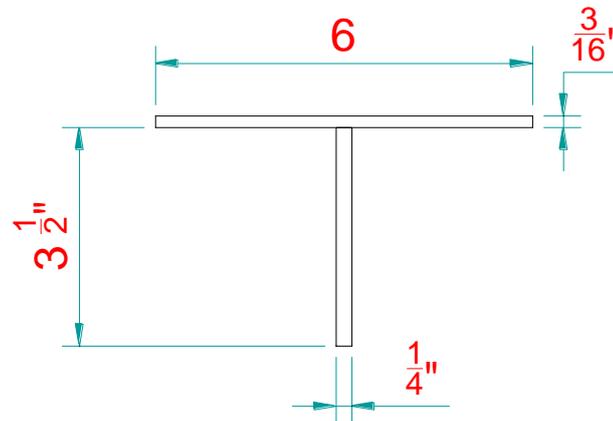
Área

$$6" \times 3/16" = 1.125$$

$$3 \frac{1}{2}" \times 1/4" = 0.875$$

$$\Sigma 2.00 \text{ in}^2$$

Figura Nro. 5.17
Sección de viga 1-T



(Fuente: Propia)

A	Y	Ay
1.125	0.09375	0.1055
0.875	1.9375	1.6953
$\Sigma 2.00 \text{ in}^2$		$\Sigma 1.8008 \text{ in}^3$

$$\hat{y} = 0.9004 \text{ in}$$

A	d	d ²	Ad ²	I _x	I _T
1.125	0.80665	0.6507	0.7320	0.0033	0.7353
0.875	1.0371	1.0756	0.9411	0.8932	1.8343
$\Sigma 2.000 in^2$				$\Sigma 2.5696 in^4$	

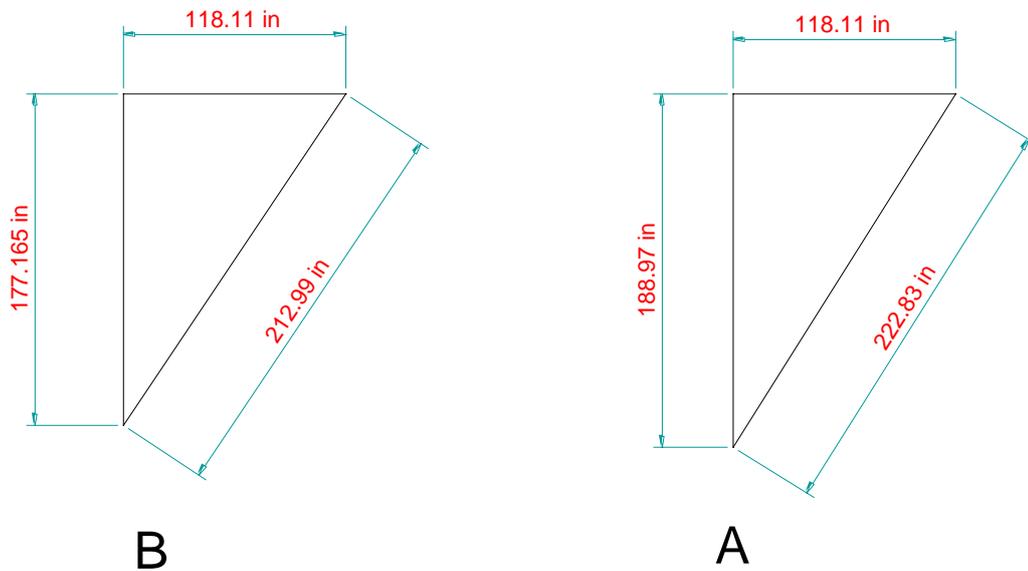
$$r_x = \sqrt{2.5696/2.000} = \sqrt{1.2848} = 1.133 \text{ in}$$

$$I_y = 3.375 + 0.005 = 3.380 \text{ in}^4$$

$$r_y = \sqrt{3.380/2.000} = \sqrt{1.69} = 1.3 \text{ in}$$

$$L_{\max} = 200 r_x = 200(1.133) = 226.6" \cong 5.76 \text{ m}$$

Figura Nro. 5.18
Longitud de arriostamiento 1-T



(Fuente: Propia)

$$B = 5.41 < 5.76 \dots OK$$

$$A = 5.66 < 5.76 \dots OK$$

- Arriostres 2-T en diagonales

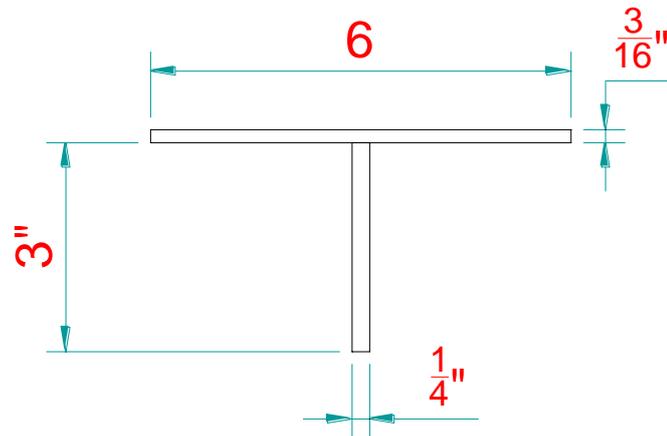
Área

$$6" \times 3/16" = 1.125$$

$$3" \times 3/16" = 0.5625$$

$$\Sigma 1.6875 \text{in}^2$$

Figura Nro. 5.19
Sección de viga 2-T



(Fuente: Propia)

A	Y	Ay
1.125	0.09375	0.1055
0.5625	1.6875	0.94922
$\Sigma 1.6875 \text{in}^2$		$\Sigma 1.05469 \text{in}^3$

$$\hat{y} = 0.625 \text{ in}$$

A	d	d ²	Ad ²	I _x	I _T
1.125	0.53125	0.282	0.3175	0.0033	0.3208
0.5625	1.0625	1.129	0.6350	0.4219	1.0569
$\Sigma 1.6875 \text{ in}^2$				$\Sigma 1.3777 \text{ in}^4$	

$$r_x = \sqrt{1.3777/1.6875} = \sqrt{0.8164} = 0.904 \text{ in}$$

$$I_y = 3.375 + 0.00165 = 3.37665 \text{ in}^4$$

$$r_y = \sqrt{3.37665/1.6875} = \sqrt{2.001} = 1.415 \text{ in}$$

$$L_{x \text{ max}} = 200 r_x = 200(0.904) = 180.8" \cong 4.59 \text{ m}$$

$$L_{y \text{ max}} = 200 r_y = 200(1.415) = 283" \cong 7.19 \text{ m}$$

$$L_{x \text{ max}} = 4.59 \text{ m} > 3 \text{ m} \dots \text{ OK}$$

$$L_{y \text{ max}} = 7.19 \text{ m} > 6 \text{ m} \dots \text{ OK}$$

- Arriostres 3-T en diagonales**

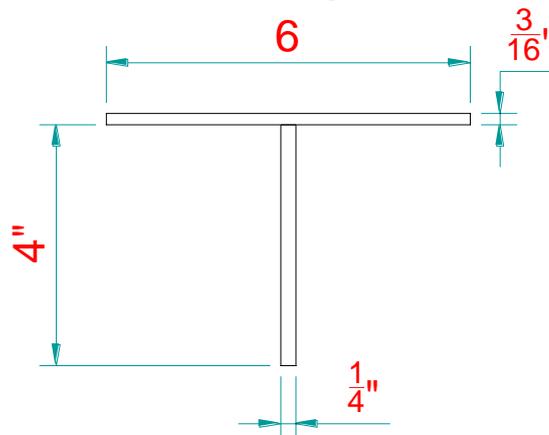
Área

$$6" \times 3/16" = 1.125$$

$$4" \times 1/4" = 1$$

$$\Sigma 2.125 \text{ in}^2$$

Figura Nro. 5.20
Sección de viga 2-T



(Fuente: Propia)

A	Y	Ay
1.125	0.09375	0.1055
1.000	2.1875	2.1875
$\Sigma 2.125 \text{ in}^2$		$\Sigma 2.2930 \text{ in}^3$

$$\hat{y} = 1.079 \text{ in}$$

A	d	d ²	Ad ²	I _x	I _T
1.125	0.98525	0.971	1.0921	0.0033	1.0954
1.000	1.1085	1.2288	1.2288	1.3333	2.5621
$\Sigma 2.125 \text{ in}^2$					$\Sigma 3.6575 \text{ in}^4$

$$r_x = \sqrt{3.6575/2.125} = \sqrt{1.7212} = 1.312 \text{ in}$$

$$I_y = 3.375 + 0.005 = 3.380 \text{ in}^4$$

$$r_y = \sqrt{3.380/2.125} = \sqrt{1.5906} = 1.261 \text{ in}$$

$$L_{\text{MAX}} = 200 r_y = 200(1.261) = 252.2" \cong 6.41 \text{ m}$$

$$L_{\text{MAX}} = 6.41 \text{ m} > 6 \text{ m} \dots \text{OK}$$

- Arriostres 4-T en diagonales**

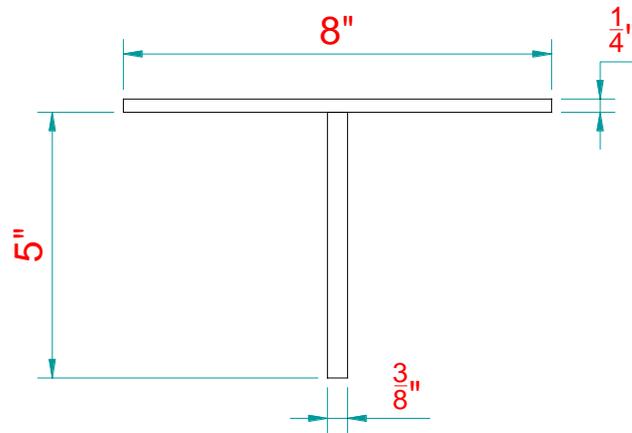
Área

$$8" \times 1/4" = 2.00$$

$$5" \times 3/8" = 1.875$$

$$\Sigma 3.875 \text{ in}^2$$

Figura Nro. 5.21 Sección de viga 2-T



Fuente Propia

A	Y	Ay
2.00	0.125	0.250
1.875	2.75	5.156
$\Sigma 3.875 \text{ in}^2$		$\Sigma 5.406 \text{ in}^3$

$$\hat{y} = 1.395 \text{ in}$$

A	d	d ²	Ad ²	I _x	I _T
2.00	1.27	1.6129	3.2258	0.010	3.2362
1.875	1.355	1.8360	3.4425	3.9063	7.3488
$\Sigma 3.875 \text{ in}^2$					$\Sigma 10.5850 \text{ in}^4$

$$r_x = \sqrt{10.5850/3.875} = \sqrt{2.732} = 1.653 \text{ in}$$

$$I_y = 10.6666 + 0.0220 = 10.6887 \text{ in}^4$$

$$r_y = \sqrt{10.6887/3.875} = \sqrt{2.758} = 1.661 \text{ in}$$

$$L_{\text{MAX}} = 200 r_y = 200(1.653) = 330.6" \cong 8.40 \text{ m}$$

$$L_{\text{MAX}} = 8.40 \text{ m} > 8 \text{ m} \dots \text{OK}$$

5.2 Resumen de resultados.

Se ha realizado un análisis estructural del cual se desprende los siguientes resultados:

5.2.1 Puente Grúa

Características Observadas	Estado:
Esfuerzos estáticos verticales y laterales del puente grúa.	Ok
Deformaciones estáticas	Ok

5.2.2 Viga Carrilera

Hay dos casos para analizar, para una luz de 6m y para una luz de 8m (En las puertas). Cuando la luz es de 6m, el peralte de la viga carrilera es 14", Cuando la luz es de 8m, el peralte de la viga carrilera es de 23.5"

Características observables	Condiciones sometidas	
	Luz 6m	Luz 8m
Esfuerzos estáticos Verticales	Ok	Ok
Esfuerzos estáticos laterales	Ok	Ok
Deformaciones estáticas verticales	Ok	Ok
Deformaciones estáticas laterales	Ok	Ok

Elaboración propia, datos tomados de los cálculos de la página 53 al 63.

Las vigas carrileras no sobrepasan los esfuerzos máximos permisibles.

5.2.3 Arriostres entre columnas

El arriostramiento de los pórticos laterales consiste en un elemento horizontal (a 4.8m del piso) y diagonales en algunos paños, el arriostramiento horizontal se interrumpe en las puertas.

- Chequeo de esfuerzos en elemento horizontal **OK**
- Chequeo de esfuerzos en elementos diagonales: **No pasa**

Debido a estos resultados no se puede estabilizar la nave cuando se realizan las cargas con el puente grúa.

5.2.4 Columnas

Hay dos tipos de columnas, las laterales y la central. Las secciones de las columnas son H de planchas soldadas.

Se han analizado tres estados de carga, el peso propio, el puente grúa en la parte izquierda y el ´puente grúa en la parte derecha. Se ha combinado el peso propio mas la grúa en la izquierda, el peso propio mas la grúa en la derecha y el peso propio mas ambas grúas.

Características Observables	Laterales	Central
Esfuerzos en columnas	OK	No pasa
Deformaciones en columnas	Ok	No pasa

Elaboración propia, ver cálculos realizados de la página 64 a la 77.

Las columnas centrales no cumplen las normativas referentes a los esfuerzos admisibles, tampoco a la flexión admisibles.

5.2.5 Vigas de pórtico a dos aguas

- Son de sección H con planchas soldadas: **OK**. De acuerdo con los cálculos de la página 77 a la 79.

5.2.6 Conexiones

Dado el acceso restringido al centro de operaciones no se pudo evaluar de manera empírica el estado de las soldaduras y empernados, sin embargo, a partir de la información proporcionada a través de fotografías proporcionadas por la compañía minera se puede determinar que no pasa la evaluación de idoneidad.

DISCUSIÓN DEL RESULTADO.

Esta investigación tuvo como propósito recuperar la funcionalidad de una nave industrial mediante el análisis de su estructura y la operatividad de dos puentes grúa. Para obtener los resultados de esta investigación se tuvo que realizar trabajos de campo en la unidad minera Yanacocha, Cajamarca, Perú; así se obtuvo las dimensiones de los elementos estructurales que componen dicha nave, evidenciando el estado de estos:

- El puente grúa se encuentra en óptimas condiciones respecto a los esfuerzos estáticos verticales y horizontales, es decir las deformaciones estáticas se encuentran dentro de los límites permisibles.
- Las vigas carrileras se encuentran en óptimo estado tanto las de luz de 6m y las de 8m.

- Debido a los arriostes en las columnas no se consigue la estabilidad requerida al momento de alzar las cargas, esto incrementa el riesgo operativo de la nave industrial, ya que se almacena material explosivo.
- Las vigas pórtico de techo a 2 aguas se encuentran en óptimas condiciones, no siendo necesario intervenirlas.

Además, se hace mención que no se pudo obtener datos al nivel del techo por lo complejo para llegar a esa altura por el cual se trabajó con los planos emitidos por el usuario que también son válidos puesto que contrasta medidas de otros componentes, las medidas tomadas en campo fueron mediante un flexómetro de 30m, un flexómetro de 8m y un vernier de 200mm de largo; no se tocó para el análisis las placas de conexión, los pernos de sujeción y la cimentación. Con respecto a la cimentación no se realizó ningún cálculo, puesto que no se contó con los planos de construcción, pero se pudo evidenciar que esta nave posee zapatas conectadas. El método de análisis fue realizado por esfuerzos máximos admisibles con parámetros que regulan el CMAA 70 y el AISCE. Para este cálculo se consideró las cargas cíclicas generados por el puente grúas y la carga por peso propio, no se consideran las cargas de nivel, tampoco las cargas de viento, puesto que el análisis establece que se evalúe el caso más desfavorable cuando las dos grúas trabajan en simultaneo en el mismo paño.

Este estudio de reforzamiento se puede aplicar a cualquier nave donde opera un puente grúa cuyos elementos estructurales estén compuestos por acero de bajo carbono A-36. El modelo del cálculo está basado en el principio de la mecánica de materiales combinado con las normas que amparan estos cálculos, los cuales describimos detalladamente en las páginas anteriores. Por otro lado, desde el punto de vista financiero, el costo total de reforzamiento de esta nave de almacén de nitrato asciende a \$402,752.17 (Ver anexo 03), monto que será recuperado al cuarto año de realizada la reparación. Por otro lado, continuar operando con los montacargas que se han instalado en vista de la in-operatividad de la nave industrial significa un sobre costo de \$ 89,750, tan y como se muestra en la tabla comparativa adjunta.

CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS ANUALES

USO DE PUENTE GRÚA				
item	Descripción	P.U	Cant.	P.T
1	Mantenimiento preventivo 4 veces por año por 2 grúas	850	8	6800
2	Mantenimiento correctivo	3000	2	6000
3	Consumo eléctrico (Potencia de polipasto 4Kw, trabajo 3h) Costo 0.71\$/Kw.h 12Kw x 2	17.04	365	6219.6
4	Operador de grúa puente 9 \$/h, 4h de trabajo diario, total \$36x2	72	365	26280
				\$ 45,300

USO DE MONTACARGA				
item	Descripción	P.U	Cant.	P.T
1	Aquiler de montacarga de 5t x 4hx2unid x 365 días = 2920h (Incluye combustible, operador y mantenimientos)	35	2920	102200
2	Vigia de montacarga 5\$/h, 6h de trabajo diario, total \$30x2	60	365	21900
3	Ayudante para corte de bolsa de nitrato 5\$/h, 6h de trabajo diario, total \$30	30	365	10950
				\$ 135,050

Diferencia de costo anual		\$ 89,750.4
Costo de reforzamiento		\$402,752.0
Retorno de inversión	años	4.5
Tiempo de garantía al reforzamiento	años	10
Ahorro despues de recuperado la inversión es 4.6 años x \$89,750	ahorro	\$494,752.0

VI. CONCLUSIONES

- Con el método de estudio ASD (Allowable Stress Design) o esfuerzos máximos permisibles se pudo sustentar los cálculos estructurales para cada componente de la nave industrial.
- La ventaja comparativa en costo entre mantener la misma nave industrial mediante un reforzamiento o fabricar una nueva nave nos da un valor de 6 veces al costo del reforzamiento. Costo de reforzamiento \$402,752.17 (Ver anexo 03).
- Al usar las normas tales como el, AISC “American Institute of Steel Construction”, AISC Technical Report No. 13, CMAA 70 “Crane Manufacturers Association of America”, RNE: “Reglamento Nacional de Edificaciones” se garantizan los parámetros de diseño de la nave industrial a reforzar.

VII. RECOMENDACIONES

- Al construir naves industriales para uso de puente grúa, el diseño deberá contemplar todas las cargas recomendados por el AISCE y el AISE Reporte 13 y el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- El ingeniero calculista siempre debe solicitar el dato de la carga máxima estática por rueda de los puentes grúa cuando diseñe una nave industrial con equipo de elevación trabajando.
- Se debe Verificar estructuralmente toda nave industrial que puedan presentar sonidos anómalos producidos por los ciclos de trabajo de los puentes grúa para poder recuperarlos en el tiempo.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2008)

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. Lima - Peru:

Diario el Peruano.

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. (año 2005).

Specification for structural steel buildings. Chicago, Illinois

60601 - 1802, Estados Unidos de America .

ASSOCIATION OF IRON AND STEEL ENGINEERS. (2003). *Guide for the*

design and construction of mill buildings (Quinta Ed. ed.).

Pittsburgh, Pennsylvania.

CRANE MANUFACTURERS ASSOCIATION OF AMERICA. (año 2000).

Material Handling Industry. Estados Unidos de America .

HIBBELER, R. (2012). **Analisis Estructural** (Octava Ed. ed.). Mexico:

Editorial Pearson Educación.

RODRIGUES PEÑA, D. (1992). **Diseño Practico de estructuras de**

Acero. Mexico: LIMUSA.

SOLDEXA. (2009). **Manual de soldadura.** Lima Perú: Editorial Lebal

Perú.

DR. ROBERTO AGUILAR FALCONI, **Reforzamiento sísmico de naves**

industriales con vigas de san Andrés, Centro de investigación

científica, Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador.

Orihuela Dávila, Junior Didi; Dávila Ríos, Riccardo Francesco. (2018)

Cálculo y diseño estructural de una nave industrial aplicando la normativa aisc en la ciudad de Juliaca, provincia de san román. Universidad de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú.

Carrasco Angulo, Cristian. (2011) ***Metodología para el análisis estático y dinámico de estructuras metálicas aplicando el método de los elementos finitos*** . Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) Lima, Perú.

Silva Proaño, Cesar y Morales Santiago. (2011) ***Diseño de una grua tipo de 5 toneladas de capacidad para la industria metalmecánica.*** Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

ANEXOS

1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES DE ESTUDIO	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>Problema General ¿Cómo realizar la recuperación funcional de una nave industrial mediante el análisis de su estructura para la operatividad de dos grúas puente en Minera Yanacocha?</p> <p>Problemas Específicos ¿Qué método de estudio se deberá tomar en cuenta para sustentar la viabilidad de recuperar la nave industrial? ¿Qué ventajas comparativas en costo tendrá entre recuperar la nave o construir una nueva? ¿Qué normativa se deberá cumplir para recuperar la nave</p>	<p>Objetivo General Recuperar funcionalmente la nave industrial mediante el análisis de su estructura para la operatividad de dos grúas puentes en Minera Yanacocha – Cajamarca.</p> <p>Objetivo Específico Seleccionar un método de estudio que se deberá tomar en cuenta para sustentar la viabilidad de recuperar la nave industrial. Establecer las ventajas comparativas de costos que tendrá entre recuperar la nave o construir una nueva nave. Establecer la</p>	<p>Hipótesis General Se podrá recuperar la funcionabilidad de la nave industrial mediante el análisis de su estructura para la operatividad de dos grúas puente en Minera Yanacocha - Cajamarca</p> <p>Hipótesis Específico El método de estudios seleccionado podrá sustentar la viabilidad de recuperar la nave industrial. Se podrá tener ventajas comparativas entre recuperar la nave o construir una nave nueva. Las normas seleccionadas serán suficientes para recuperar la nave y obtener un buen funcionamiento del mismo.</p>	<p>Variable Independiente Recuperación funcional de una nave industrial mediante el análisis de su estructura.</p> <p>Variables Dependientes Operatividad de dos grúas puente. Alineamiento de rieles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Método de diseño - Cálculo de ingeniería - Software de diseño. - Experiencia del ingeniero calculista. - Normas de diseño <ul style="list-style-type: none"> - Formato de inspección electromecánica de la grúa. - Formato de alineamiento de rieles. - Normatividad de tolerancia de alineamiento de rieles de acuerdo al CMAA 70. - Formatos e prueba en vacío de la grúa. - Toma de datos de los motores eléctricos en funcionamiento. - Pesa de 2.5t para las pruebas con carga. 	<p>Tipo El desarrollo de la investigación será de tipo descriptivo tecnológico</p> <p>Método: El método que se utilizará será la investigación aplicada descriptiva.</p> <p>Diseño de Investigación El diseño descriptivo tecnológico empleado será el tipo constructivo o utilitario, esquematizado de la siguiente manera: Variables: $X \longrightarrow Y$ X = Muestra con la que se realizará la investigación Y = -Operatividad de dos grúas puente. -Alineamiento de rieles.</p>

<p>industrial y así estar dentro de los parámetros admisibles de diseño?</p>	<p>normatividad que se deberá cumplir para la recuperación de la nave y así estar dentro de los parámetros de diseño</p>		<p>Equivalencia de luces de puente y luces de nave.</p>		<p>-Equivalencia de luces de puente y luces de nave.</p>
------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	---------------------------------------------------------	--	----------------------------------------------------------

2 SOFTWARE ETABS

Reporte de cálculo de reforzamiento SOFTWARE ETABS

Vibraciones de la estructura reforzada

Se han analizado 180 modos de vibración, desde un periodo de 0.57 segundos hasta 0.036 segundos con una participación del 99.65% en X, del 98.72% en Y, del 99.53% en Torsión en Z, del 99.70% en Rotación en X, y del 98.74% en Rotación en Y.

En la dirección X (la de los pórticos a dos aguas) en modo fundamental de vibración es de un periodo de 0.569652 segundos con una participación del 92.21% de participación.

El principal periodo en Torsión es de 0.55513 segundos con el 75.56% de participación.

En la dirección Y (longitudinal) el principal periodo es de 0.433156 segundos con el 30.67% de participación, con una Rotación en X del 50.05% de participación.

Sigue un cuadro con los 53 modos más significativos.

Tabla Nro. 5.1 –
Vibraciones de la estructura reforzada

VIBRACIONES DE LA ESTRUCTURA REFORZADA

MODO	PERIODO	Ux	Uy	Rx	Ry	Rz
1	0.56970	82.21	0	0	95.12	0
2	0.55510	0	0	0	0	75.56
3	0.48550	1.37	0	0	1.46	0
4	0.43320	0	30.67	50.05	0	0
7	0.32690	0	3.44	6.85	0	0
26	0.14510	1.05	0	0	0.07	0
53	0.11650	0	0	0	0	1.03
57	0.11110	0	16.81	12.22	0	0
61	0.09560	0	31.84	27.26	0	0
62	0.09550	0	0	0	0	6.49
98	0.06293	0	0	0	0	2.55
99	0.06290	1.37	0	0	0.05	0
100	0.06273	0	0	0	0	1.82
101	0.06270	3.92	00	0	0.13	0
115	0.06040	1.47	0	0	0.04	0
129	0.05880	0	0	0	0	2.06
141	0.05480	0	4.55	0.82	0	0
155	0.04718	0	5.72	0.68	0	0
156	0.04718	0	0	0	0	1.17
165	0.04250	0	2.12	0.71	0	0
167	0.03905	0	0	0	0	1.55
168	0.03902	2.04	0	0	0.02	0
178	0.03690	0	3.47	1.04	0	0
Σ		93.43	98.62	99.63	96.89	92.23
UNIDADES: 23		7	8	8	7	8

PRINCIPALES MODOS DE VIBRAR DE LOS ANALIZADO

UNIDADES: 180	54	15	14	48	56
Σ	99.65	98.72	99.70	98.74	99.53

De los cuales 57 son despreciables

(Fuente Propia Software ETABS)

Tabla Nro. 5.2
Vibraciones de la estructura reforzada

Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
0,569652	82,2104	0	0	82,2104	0	0	0	95,1204	0	0	95,1204	0
0,55513	0	0	0	82,2104	0	0	0	0	75,5582	0	95,1204	75,5582
0,485454	1,3675	0	0	83,5779	0	0	0	1,4599	0	0	96,5803	75,5582
0,433156	0	30,6723	0	83,5779	30,6723	0	50,0507	0	0	50,0507	96,5803	75,5582
0,386034	0	0	0	83,5779	30,6723	0	0	0	0,0223	50,0507	96,5803	75,5806
0,355855	0	0	0	83,5779	30,6723	0	0	0	0,3683	50,0507	96,5803	75,9489
0,326944	0	3,4373	0	83,5779	34,1095	0	6,8529	0	0	56,9036	96,5803	75,9489
0,281998	0,0653	0	0	83,6432	34,1095	0	0	0,071	0	56,9036	96,6513	75,9489
0,250452	0	0	0	83,6432	34,1095	0	0	0	0,0489	56,9036	96,6513	75,9978
0,231964	0,0037	0	0	83,647	34,1095	0	0	0,0003	0	56,9036	96,6516	75,9978
0,211987	0	0	0	83,647	34,1095	0	0	0	0,0081	56,9036	96,6516	76,006
0,194594	0,0011	0	0	83,648	34,1095	0	0	0	0	56,9036	96,6516	76,006
0,183636	0	0	0	83,648	34,1095	0	0	0	0,0166	56,9036	96,6516	76,0226
0,165909	0,0126	0	0	83,6607	34,1095	0	0	0,0119	0	56,9036	96,6635	76,0226
0,158637	0	0	0	83,6607	34,1095	0	0	0	0,1705	56,9036	96,6635	76,1931
0,158325	0,0713	0	0	83,732	34,1095	0	0	0,0756	0	56,9036	96,7391	76,1931
0,157235	0	0	0	83,732	34,1095	0	0	0	0	56,9036	96,7391	76,1931
0,157235	0	0	0	83,732	34,1095	0	0	0	0	56,9036	96,7391	76,1931
0,15426	0	0	0	83,732	34,1095	0	0	0	0,3038	56,9036	96,7391	76,4969
0,154106	0,1131	0	0	83,8451	34,1095	0	0	0,0005	0	56,9036	96,7396	76,4969
0,148028	0	0	0	83,8451	34,1095	0	0	0	0,0618	56,9036	96,7396	76,5587
0,147696	0,1814	0	0	84,0265	34,1095	0	0	0,2061	0	56,9036	96,9457	76,5587
0,146515	0	0	0	84,0265	34,1095	0	0	0	0	56,9036	96,9457	76,5587
0,146509	0	0	0	84,0265	34,1095	0	0	0	0	56,9036	96,9457	76,5587
0,145327	0	0	0	84,0265	34,1095	0	0	0	0,7588	56,9036	96,9457	77,3175
0,145068	1,047	0	0	85,0735	34,1095	0	0	0,0683	0	56,9036	97,0139	77,3175
0,14504	0	0	0	85,0735	34,1095	0	0	0	0	56,9036	97,0139	77,3175
0,145036	0	0	0	85,0735	34,1095	0	0	0	0	56,9036	97,0139	77,3175
0,143467	0	0	0	85,0735	34,1095	0	0	0	0,0036	56,9036	97,0139	77,3212
0,143285	0,0019	0	0	85,0755	34,1095	0	0	0	0	56,9036	97,014	77,3212
0,143162	0	0	0	85,0755	34,1095	0	0	0	0,0489	56,9036	97,014	77,37
0,142949	0,0001	0	0	85,0756	34,1095	0	0	0,0002	0	56,9036	97,0142	77,37
0,140975	0	0	0	85,0756	34,1095	0	0	0	0,0086	56,9036	97,0142	77,3787
0,137214	0	0	0	85,0756	34,1095	0	0	0	0	56,9036	97,0142	77,3787
0,137214	0	0	0	85,0756	34,1095	0	0	0	0	56,9036	97,0142	77,3787
0,137139	0,1625	0	0	85,2381	34,1095	0	0	0,0167	0	56,9036	97,0309	77,3787
0,136899	0	0	0	85,2381	34,1095	0	0	0	0,3636	56,9036	97,0309	77,7422
0,135875	0,0878	0	0	85,3259	34,1095	0	0	0,0081	0	56,9036	97,039	77,7422
0,135863	0	0	0	85,3259	34,1095	0	0	0	0,1761	56,9036	97,039	77,9183
0,130685	0,3825	0	0	85,7085	34,1095	0	0	0,2216	0	56,9036	97,2606	77,9183
0,13008	0,4569	0	0	86,1654	34,1095	0	0	0,3284	0	56,9036	97,589	77,9183
0,129828	0	0	0	86,1654	34,1095	0	0	0	0,428	56,9036	97,589	78,3463
0,126621	0	0	0	86,1654	34,1095	0	0	0	0	56,9036	97,589	78,3463
0,126616	0	0	0	86,1654	34,1095	0	0	0	0	56,9036	97,589	78,3463
0,125371	0	0	0	86,1654	34,1095	0	0	0	0,0103	56,9036	97,589	78,3566
0,125099	0,0428	0	0	86,2081	34,1095	0	0	0,0234	0	56,9036	97,6124	78,3566
0,124561	0	0	0	86,2081	34,1095	0	0	0	0,0353	56,9036	97,6124	78,3919
0,120691	0,3063	0	0	86,5144	34,1095	0	0	0,1683	0	56,9036	97,7807	78,3919
0,118838	0	0	0	86,5144	34,1095	0	0	0	0	56,9036	97,7807	78,3919
0,118833	0	0	0	86,5144	34,1095	0	0	0	0	56,9036	97,7807	78,3919
0,118493	0	0	0	86,5144	34,1095	0	0	0	0,3653	56,9036	97,7807	78,7573
0,118086	0,7945	0	0	87,3088	34,1095	0	0	0,4301	0	56,9036	98,2108	78,7573
0,116465	0	0	0	87,3088	34,1095	0	0	0	1,0302	56,9036	98,2108	79,7875
0,1153	0,2165	0	0	87,5254	34,1095	0	0	0,1065	0	56,9036	98,3174	79,7875

(Fuente Propia Software ETABS)

Tabla Nro. 5.3 – Vibraciones de la estructura reforzada

0,120691	0,3063	0	0	86,5144	34,1095	0	0	0,1683	0	56,9036	97,7807	78,3919
0,118838	0	0	0	86,5144	34,1095	0	0	0	0	56,9036	97,7807	78,3919
0,118833	0	0	0	86,5144	34,1095	0	0	0	0	56,9036	97,7807	78,3919
0,118493	0	0	0	86,5144	34,1095	0	0	0	0,3653	56,9036	97,7807	78,7573
0,118086	0,7945	0	0	87,3088	34,1095	0	0	0,4301	0	56,9036	98,2108	78,7573
0,116465	0	0	0	87,3088	34,1095	0	0	0	1,0302	56,9036	98,2108	79,7875
0,1153	0,2165	0	0	87,5254	34,1095	0	0	0,1065	0	56,9036	98,3174	79,7875
0,113164	0,1327	0	0	87,6581	34,1095	0	0	0,0745	0	56,9036	98,3918	79,7875
0,112924	0	0	0	87,6581	34,1095	0	0	0	0,0074	56,9036	98,3918	79,7949
0,11111	0	16,8102	0	87,6581	50,9197	0	12,2163	0	0	69,1199	98,3918	79,7949
0,1084	0,0197	0	0	87,6778	50,9197	0	0	0,0047	0	69,1199	98,3965	79,7949
0,106224	0	0	0	87,6778	50,9197	0	0	0	0,2505	69,1199	98,3965	80,0455
0,097019	0	0	0	87,6778	50,9197	0	0	0	0,0335	69,1199	98,3965	80,0789
0,095553	0	31,8382	0	87,6778	82,7579	0	27,2592	0	0	96,3791	98,3965	80,0789
0,095549	0	0	0	87,6778	82,758	0	0	0	6,4856	96,3791	98,3965	86,5645
0,094078	0,0047	0	0	87,6825	82,758	0	0	0,0002	0	96,3791	98,3967	86,5645
0,09258	0	0	0	87,6825	82,758	0	0	0	0,0072	96,3791	98,3967	86,5717
0,091126	0,0617	0	0	87,7442	82,758	0	0	0,017	0	96,3791	98,4137	86,5717
0,087341	0	0	0	87,7442	82,758	0	0	0	0	96,3791	98,4138	86,5717
0,077211	0	0	0	87,7442	82,758	0	0	0	0,0405	96,3791	98,4138	86,6122
0,075827	0	0	0	87,7442	82,758	0	0	0	0	96,3791	98,4138	86,6122
0,073013	0	0	0	87,7442	82,758	0	0	0	0	96,3792	98,4138	86,6122
0,073006	0	0	0	87,7442	82,758	0	0	0	0	96,3792	98,4138	86,6122
0,070992	0,0589	0	0	87,8031	82,758	0	0	0,0042	0	96,3792	98,418	86,6122
0,07047	0	0	0	87,8031	82,758	0	0	0	0,0578	96,3792	98,418	86,67
0,068207	0,1132	0	0	87,9163	82,758	0	0	0,007	0	96,3792	98,425	86,67
0,067761	0	0	0	87,9163	82,758	0	0	0	0	96,3792	98,425	86,67
0,06776	0	0,0001	0	87,9163	82,758	0	0,0001	0	0	96,3792	98,425	86,67
0,06772	0	0	0	87,9163	82,758	0	0	0	0	96,3792	98,425	86,67
0,06772	0	0,0001	0	87,9163	82,7581	0	0,0001	0	0	96,3793	98,425	86,67
0,067619	0	0	0	87,9163	82,7581	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,67
0,067619	0	0	0	87,9163	82,7581	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,67
0,066748	0	0	0	87,9163	82,7581	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,67
0,066694	0	0	0	87,9163	82,7581	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,67
0,066595	0	0	0	87,9163	82,7581	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,67
0,066547	0	0	0	87,9163	82,7581	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,67
0,066527	0	0	0	87,9163	82,7581	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,67
0,066525	0	0	0	87,9163	82,7581	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,67
0,066447	0	0	0	87,9163	82,7581	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,67
0,066259	0	0	0	87,9163	82,7582	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,67
0,066173	0	0	0	87,9163	82,7582	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,67
0,066163	0	0	0	87,9163	82,7582	0	0	0	0,004	96,3793	98,425	86,6741
0,066033	0	0	0	87,9163	82,7582	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,6741
0,065916	0	0	0	87,9163	82,7582	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,6741
0,065861	0	0	0	87,9163	82,7582	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,6741
0,065738	0	0	0	87,9163	82,7582	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,6741
0,065523	0	0	0	87,9163	82,7582	0	0	0	0	96,3793	98,425	86,6741
0,064242	0,0594	0	0	87,9758	82,7582	0	0	0,0026	0	96,3793	98,4276	86,6741
0,06369	0	0	0	87,9758	82,7582	0	0	0	0	96,3794	98,4276	86,6741
0,06369	0	0	0	87,9758	82,7582	0	0	0	0	96,3794	98,4276	86,6741
0,062929	0	0	0	87,9758	82,7582	0	0	0	2,5452	96,3794	98,4276	89,2194
0,062901	1,3746	0	0	89,3504	82,7582	0	0	0,0459	0	96,3794	98,4734	89,2194

(Fuente Propia: Software ETABS)

Tabla Nro. 5.4
Vibraciones de la estructura reforzada

0,062727	0	0	0	89,3504	82,7582	0	0	0	1,8241	96,3794	98,4734	91,0434
0,062704	3,9221	0	0	93,2725	82,7582	0	0	0,125	0	96,3794	98,5985	91,0434
0,062699	0	0	0	93,2725	82,7582	0	0	0	0,8514	96,3794	98,5985	91,8948
0,062144	0,4921	0	0	93,7646	82,7582	0	0	0,0153	0	96,3794	98,6138	91,8948
0,062031	0	0	0	93,7646	82,7582	0	0	0	0,3017	96,3794	98,6138	92,1965
0,061836	0	0	0	93,7646	82,7582	0	0	0	0	96,3794	98,6138	92,1965
0,061834	0	0	0	93,7646	82,7582	0	0	0	0	96,3794	98,6138	92,1965
0,061545	0,5318	0	0	94,2965	82,7582	0	0	0,0167	0	96,3794	98,6305	92,1965
0,061356	0	0	0	94,2965	82,7582	0	0	0	0	96,3794	98,6305	92,1965
0,061348	0	0	0	94,2965	82,7582	0	0	0	0	96,3794	98,6305	92,1965
0,061219	0,5778	0	0	94,8743	82,7582	0	0	0,0152	0	96,3794	98,6457	92,1965
0,06105	0	0	0	94,8743	82,7582	0	0	0	0	96,3794	98,6457	92,1965
0,06092	0	0	0	94,8743	82,7583	0	0	0	0	96,3794	98,6457	92,1965
0,060912	0	0	0	94,8743	82,7583	0	0	0	0	96,3794	98,6457	92,1965
0,0605	0	0	0	94,8743	82,7583	0	0	0	0,698	96,3794	98,6457	92,8945
0,060434	1,468	0	0	96,3423	82,7583	0	0	0,0351	0	96,3794	98,6808	92,8945
0,060431	0	0	0	96,3423	82,7583	0	0	0	0,0396	96,3794	98,6808	92,934
0,06028	0	0	0	96,3423	82,7583	0	0	0	0	96,3794	98,6808	92,934
0,060258	0	0	0	96,3423	82,7583	0	0	0	0,2297	96,3794	98,6808	93,1637
0,060057	0,0013	0	0	96,3436	82,7583	0	0	0	0	96,3794	98,6808	93,1637
0,059644	0,0462	0	0	96,3898	82,7583	0	0	0,0008	0	96,3794	98,6817	93,1637
0,059524	0	0	0	96,3898	82,7583	0	0	0	0,0507	96,3794	98,6817	93,2144
0,059408	0,0034	0	0	96,3932	82,7583	0	0	0,0011	0	96,3794	98,6828	93,2144
0,05938	0	0	0	96,3932	82,7583	0	0	0	0,0362	96,3794	98,6828	93,2507
0,059316	0	0	0	96,3932	82,7583	0	0	0	0,1096	96,3794	98,6828	93,3602
0,059142	0,0265	0	0	96,4197	82,7583	0	0	0	0	96,3794	98,6828	93,3602
0,058979	0	0	0	96,4197	82,7583	0	0	0	0	96,3794	98,6828	93,3602
0,058937	0	0	0	96,4197	82,7583	0	0	0	0,0209	96,3794	98,6828	93,3811
0,058817	0,8769	0	0	97,2965	82,7583	0	0	0,0266	0	96,3794	98,7094	93,3811
0,058761	0	0	0	97,2965	82,7583	0	0	0	2,0619	96,3794	98,7094	95,443
0,058539	0	0	0	97,2965	82,7583	0	0	0	0	96,3794	98,7094	95,443
0,058536	0,0662	0	0	97,3627	82,7583	0	0	0,0015	0	96,3794	98,7109	95,443
0,058521	0	0	0	97,3627	82,7583	0	0	0	0	96,3794	98,7109	95,443
0,058102	0,0003	0	0	97,363	82,7583	0	0	0,0003	0	96,3794	98,7111	95,443
0,058022	0	0	0	97,363	82,7583	0	0	0	0,1051	96,3794	98,7111	95,5482
0,058007	0,0348	0	0	97,3978	82,7583	0	0	0,0006	0	96,3794	98,7117	95,5482
0,057889	0,0016	0	0	97,3994	82,7583	0	0	0,0003	0	96,3794	98,7119	95,5482
0,057486	0	0	0	97,3994	82,7583	0	0	0	0	96,3794	98,7119	95,5482
0,057407	0	0	0	97,3994	82,7583	0	0	0	0,0016	96,3794	98,7119	95,5498
0,057098	0	0	0	97,3994	82,7583	0	0	0	0,001	96,3794	98,7119	95,5508
0,055162	0,0028	0	0	97,4022	82,7583	0	0	0,0001	0	96,3794	98,7121	95,5508
0,054771	0	4,5458	0	97,4022	87,3041	0	0,8162	0	0	97,1956	98,7121	95,5508
0,051853	0	0	0	97,4022	87,3041	0	0	0	0	97,1956	98,7121	95,5508
0,051853	0	0	0	97,4022	87,3041	0	0	0	0	97,1956	98,7121	95,5508
0,051454	0	0	0	97,4022	87,3041	0	0	0	0,0051	97,1956	98,7121	95,5559
0,050823	0	0	0	97,4022	87,3041	0	0	0	0	97,1956	98,7121	95,5559
0,050814	0	0	0	97,4022	87,3041	0	0	0	0	97,1956	98,7121	95,5559
0,050262	0	0	0	97,4022	87,3041	0	0	0	0	97,1956	98,7121	95,5559
0,050254	0	0	0	97,4022	87,3041	0	0	0	0	97,1956	98,7121	95,5559
0,05024	0,0029	0	0	97,4051	87,3041	0	0	0,0001	0	97,1956	98,7121	95,5559
0,050136	0	0	0	97,4051	87,3041	0	0	0	0,0062	97,1956	98,7121	95,562
0,049497	0,0126	0	0	97,4178	87,3041	0	0	0,0003	0	97,1956	98,7124	95,562

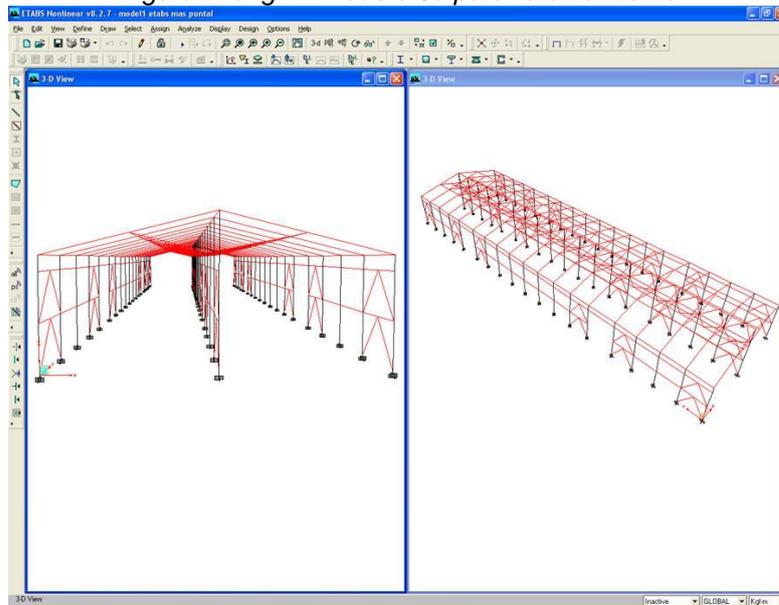
(Fuente Propia: Software ETABS)

Tabla Nro. 5.5
Vibraciones de la estructura reforzada

0,048679	0	0	0	97,4178	87,3041	0	0	0	0,0028	97,1956	98,7124	95,5648
0,04793	0,0024	0	0	97,4201	87,3041	0	0	0,0001	0	97,1956	98,7125	95,5648
0,047643	0	0	0	97,4201	87,3041	0	0	0	0,0024	97,1956	98,7125	95,5672
0,047177	0	5,7249	0	97,4201	93,029	0	0,6799	0	0	97,8755	98,7125	95,5672
0,047177	0	0,0001	0	97,4201	93,029	0	0	0	1,1733	97,8755	98,7125	96,7405
0,047151	0,0022	0	0	97,4223	93,029	0	0	0,0001	0	97,8755	98,7126	96,7405
0,046788	0	0	0	97,4223	93,029	0	0	0	0,0011	97,8755	98,7126	96,7416
0,046761	0,0037	0	0	97,426	93,029	0	0	0,0001	0	97,8755	98,7126	96,7416
0,046626	0	0	0	97,426	93,029	0	0	0	0,0063	97,8755	98,7126	96,7479
0,046623	0,0026	0	0	97,4286	93,029	0	0	0	0	97,8755	98,7127	96,7479
0,046438	0	0	0	97,4286	93,029	0	0	0	0,0001	97,8755	98,7127	96,748
0,046089	0,0001	0	0	97,4287	93,029	0	0	0	0	97,8755	98,7127	96,748
0,04256	0	0	0	97,4287	93,029	0	0	0	0	97,8755	98,7127	96,748
0,042511	0	2,1212	0	97,4287	95,1502	0	0,7141	0	0	98,5896	98,7127	96,748
0,039224	0	0,0819	0	97,4287	95,2321	0	0,0513	0	0	98,6409	98,7127	96,748
0,039048	0	0	0	97,4287	95,2321	0	0	0	1,5512	98,6409	98,7127	98,2992
0,039021	2,043	0	0	99,4717	95,2321	0	0	0,0226	0	98,6409	98,7352	98,2992
0,038907	0,0671	0	0	99,5388	95,2321	0	0	0,001	0	98,6409	98,7362	98,2992
0,038735	0	0	0	99,5388	95,2321	0	0	0	0,482	98,6409	98,7362	98,7812
0,038208	0,0737	0	0	99,6125	95,2321	0	0	0,0011	0	98,6409	98,7373	98,7812
0,038103	0	0	0	99,6125	95,2321	0	0	0	0,0187	98,6409	98,7373	98,7999
0,037997	0,035	0	0	99,6474	95,2321	0	0	0,0005	0	98,6409	98,7378	98,7999
0,037804	0	0	0	99,6474	95,2321	0	0	0	0	98,6409	98,7378	98,7999
0,03779	0	0,0174	0	99,6474	95,2495	0	0,0267	0	0	98,6676	98,7378	98,7999
0,037781	0	0,0004	0	99,6474	95,2499	0	0,0008	0	0	98,6684	98,7378	98,7999
0,037158	0	0	0	99,6474	95,2499	0	0	0	0,013	98,6684	98,7378	98,8129
0,03685	0	3,4711	0	99,6474	98,721	0	1,0363	0	0	99,7047	98,7378	98,8129
0,036849	0	0,0002	0	99,6474	98,7212	0	0,0001	0	0,7121	99,7048	98,7378	99,5251
0,036439	0	0	0	99,6474	98,7212	0	0	0	0	99,7048	98,7378	99,5251

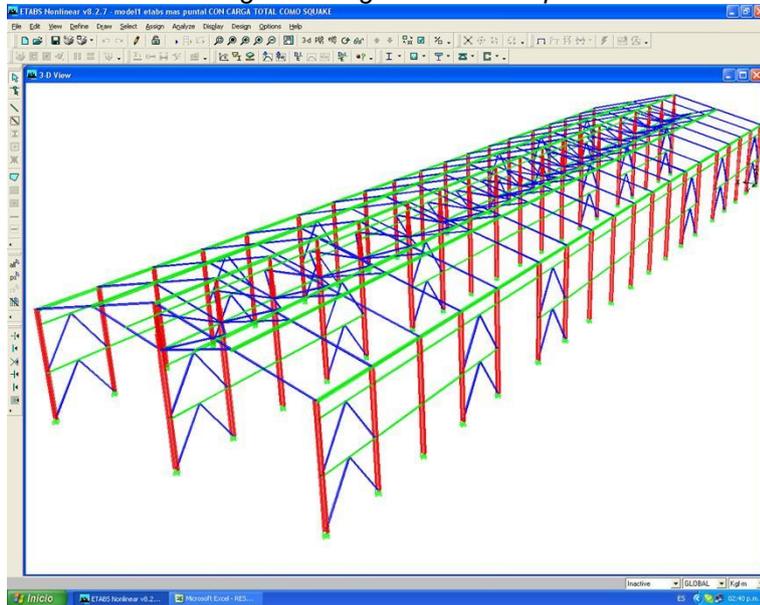
(Fuente Propia Software ETABS)

Figura Nro. g 1 Modelo 3d para reforzamiento



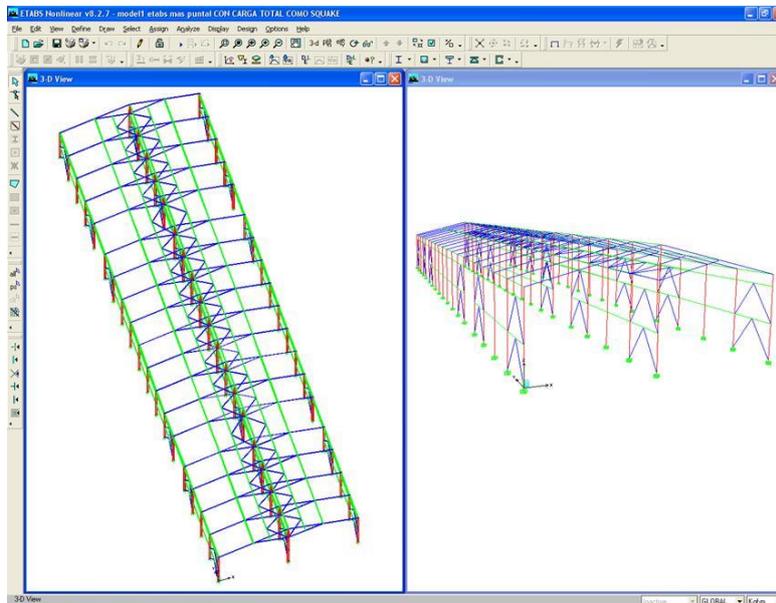
(Fuente Propia Software ETABS)

Figura Nro. g 2 Modelo 3d para reforzamiento



(Fuente Propia Software ETABS)

Figura Nro. g 3 Modelo 3d para reforzamiento de techo



(Fuente Propia Software ETABS)

3 METRADO PARA REFORZAMIENTO

Metrado (Acero para reforzamiento)

19 Columnas centrales (reforzadas)

2 PL $\frac{1}{4}$ "x4"x 9.30 metros

$10.2 \text{ kg/mL} \times 9.30 \times 19 = 1802 \text{ Kg}$

Arrisotres

Diagonal 1-T A \Rightarrow 5.66 metros 10.22 kg/mL

Diagonal 1-T B \Rightarrow 5.41 metros 10.22 kg/mL

Horizontal 2-T \Rightarrow 6 metros 8.61 kg/mL

Horizontal 3-T \Rightarrow 6 metros 10.84 kg/mL

Horizontal 4-T \Rightarrow 8 metros 19.76 kg/mL

Σ Peso 01 = 20,272 Kg

Cartelas 4" x $\frac{1}{4}$ " \Rightarrow 5.10 kg/mL

En columnas centrales L=0.47metros

$6 \times 6 = 36$

$10 \times 4 = 40$

$2 \times 2 = \underline{4}$

$80 \text{ unidades} \times 0.47 = 37.60 \text{ m}$

En Columnas Laterales L= 0.38 metros

$2 \times 80 = 160 \text{ unidades} \times 0.38 = 60.80 \text{ metros}$

En vigas pórtico L= 0.28 metros

$6 \times 16 = 96$ $6 \times 2 = \underline{12}$

$108 \text{ unidades} \times 0.28 = 30.24 \text{ m}$

Peso total de cartelas

$128.64 \text{ m} \times 5.10 \text{ Kg/mL} = 656 \text{ Kg}$

Peso Total:

$20,272 \text{ kg} + 656 \text{ Kg} = \mathbf{20,928 \text{ Kg}}$

4 PRESUPUESTO DE EFORZAMIENTO

COMPAÑÍA MINERA YANACOCHA S.R.L

Ítem	Descripción	Unid	Ctd	P.U \$	P.P US \$
1.-	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN				
1.1	Movilización	Global	1	1,700.00	\$ 1,700.00
1.2	Desmovilización	Global	1	1,700.00	\$ 1,700.00
	Sub Total Movilización y Desmovilización				\$ 3,400.00
2.-	REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL				
2.1	➤ Desmontaje de arriostre de acero en Columnas centrales y columnas Laterales.	Kg.	4,600	0.8	\$ 3,680.00
	➤ Instalación de Nuevos arriostres de en Columnas centrales y columnas Laterales (trabajos en extremo)	Kg.	12,000	3.1	\$ 37,200.00
2.2	➤ Suministro de acero.	Kg.	12,000	1.5	\$ 18,000.00
	➤ Instalación de refuerzos de acero en el alma de las columnas centrales (trabajos En extremo)	Kg.	4,000	3.9	\$ 15,600.00
2.3	➤ Suministro de acero.	Kg.	4,000	1.5	\$ 6,000.00
2.4	➤ Desmontaje de arriostres de acero del Techo (Trabajos en extremo)	Kg.	3,200	0.8	\$ 2,560.00
2.5	➤ Instalación de nuevos arriostres en El techo (Trabajo en extremo)	Kg.	8,000	3.1	\$ 24,800.00
	➤ Suministro de acero				

			Kg.	8,000	1.5	\$ 12,000.00
2.6	➤ Instalación de arriostres de acero entre Carrileras y columnas correspondientes ; una de las dos grúas (trabajo en extremo)		Kg.	500	3.9	\$ 1,950.00
	➤ Suministro de acero		Kg.	500	1.5	\$ 750.00
2.7	➤ Soldeo de todas las uniones empernadas Existentes.		Global	1	1,500.00	\$ 1,500.00
Sub total de reforzamiento Estructural						\$ 124,040.00
3.-	ALINEAMIENTO DE VIGAS CARRILERAS Y RIELES.					
3.1	➤ Alineamiento y nivelación de vigas Carrileras y rieles correspondientes a Cada una de las dos grúas puente		Unid.	4	1,800.00	\$ 7,200.00
Sub total de vigas carrileras						\$ 7,200.00
4.-	REPARACION Y PINTURA DETERIORADA					
4.1	➤ Desmontaje de viguetas de acero (canales) Deterioradas en el extremo derecho del Techo		Kg.	3,000	1.6	\$ 4,800.00
4.1	➤ Instalación de nuevas viguetas de (canales) en el extremo derecho techo (Trabajos en extremo)		Kg.	3,000	3.9	\$ 11,700.00
	➤ Suministro de acero.		Kg.	3,000	1.5	\$ 4,500.00
4.2	➤ Limpieza mecánica, preparación de Superficie dañada y pintura para Estructuras.		m ²	450	44.5	\$ 20,025.00

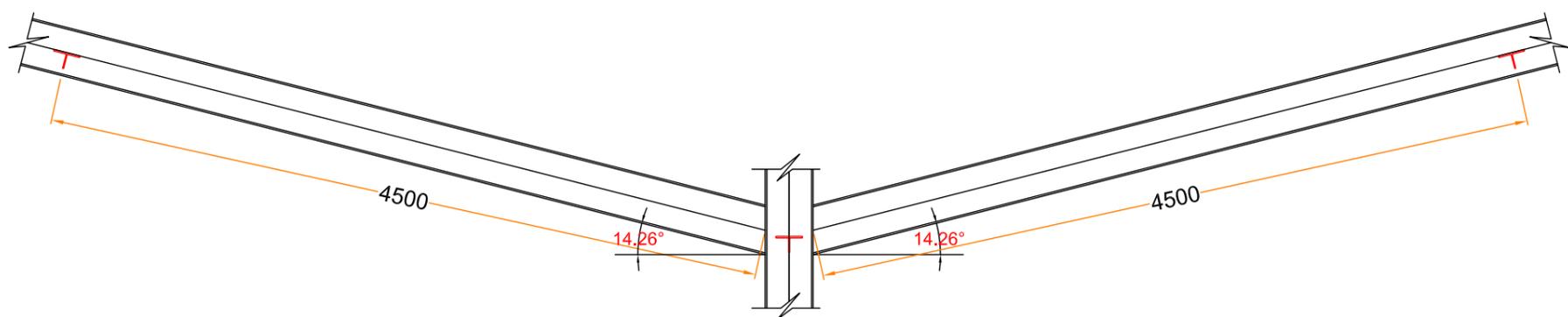
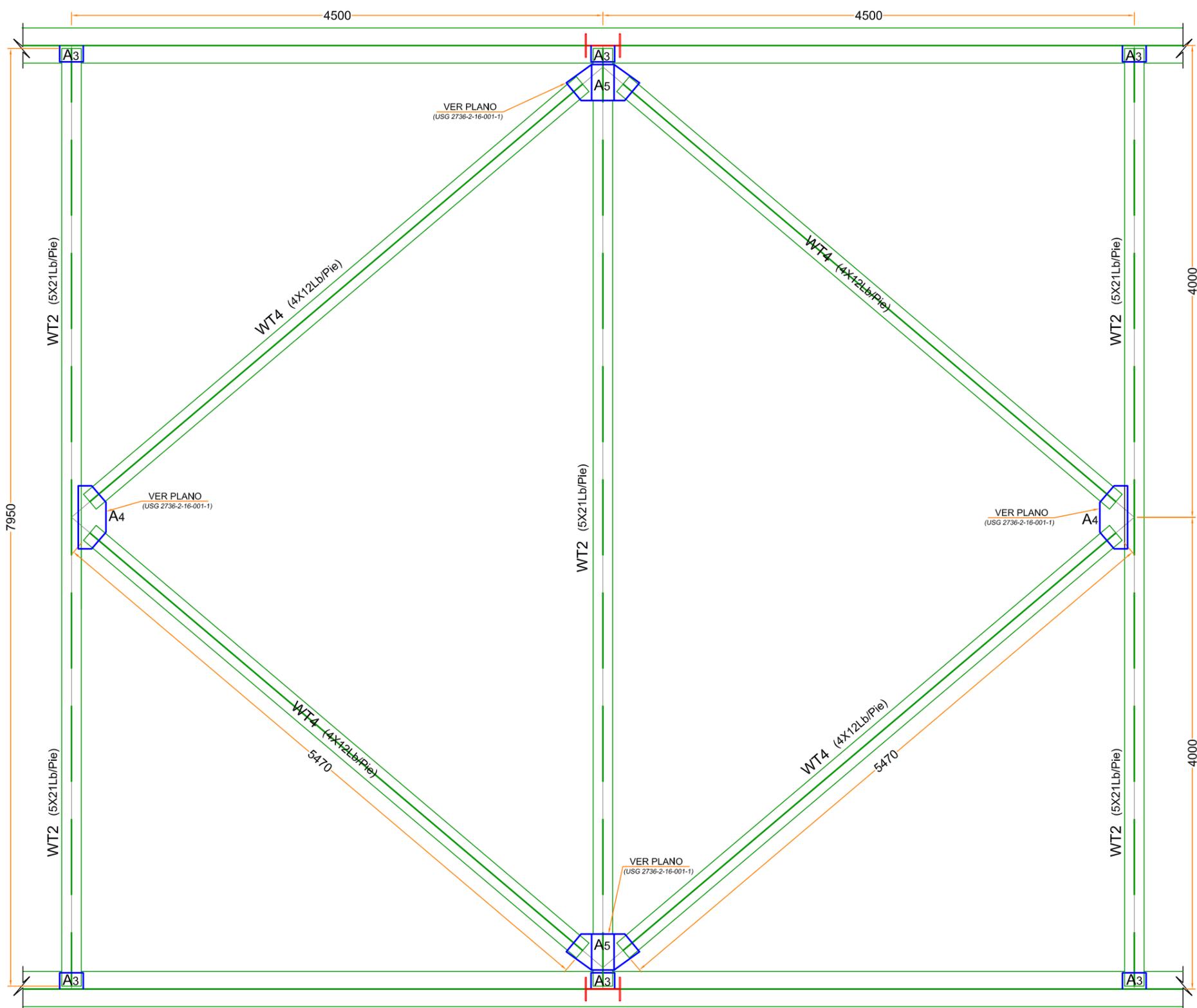
	Sub total de reparación y pintura deteriorada				\$ 41,025.00
5.-	PLANOS AS BUILT				
5.1	➤ Elaboración de Planos As Built	Global	1	\$4,500.00	\$ 4,500.00
5.2	➤ Presentación de informe técnico y de Planos.	unid	1	\$5,300.00	\$ 5,300.00
	Subtotal Planos As Built				\$ 9,800.00
6.-	PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA DE GRUA PUENTE DOWN GRADE				
6.1	➤ Ejecución de pruebas protocolares con La carga nominal prevista de 2.5Tm en En cada una de las grúas puente	Unid	2	2,500.00	\$ 5,000.00
6.2	➤ Ejecución de pruebas protocolares con La carga nominal prevista de 2.5Tm en Forma simultánea y concurrente.	Unid	2	3,000.00	\$6,000.00
6.3	➤ Reporte de pruebas			0.00	\$ 0.00
	Sub total de pruebas y puesta en marcha				11,000.00
7	Supervisión				
7.1	Ingeniero Residente	mes	5	1,500.00	\$ 7,500.00
7.2	Ingeniero de seguridad	mes	5	1,500.00	\$ 7,500.00
	Sub Total Supervisión				\$15,000.00
8	EPP, EXAMENES MEDICOS Y SEGUROS				

8.1	Equipos de protección personal (EPP)	global	1	7,350.00	\$ 7,350.00
8.2	Exámenes médicos	persona	14	85.715	\$ 1,200.00
8.3	Seguros	mes	5	350.00	\$ 1,750.00
	Sub total equipo de protección personal				\$ 10,300.00
9	ALOJAMIENTO Y ALIMENTACION				
9.1	Alojamiento	días	150	73.00	\$ 10,950.00
9.2	Alimentación	días	150	98.00	\$ 14,700.00
	Sub Total Alojamiento y Alimentación				\$ 25,650.00
10	DEPRECIACION DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
10.1	Maquinaria	Global	1	17,500.00	\$ 17,500.00
10.2	Herramientas	Global	1	7,382.00	\$ 7,382.00
10.3	Andamios	global	1	4,800.00	\$ 4,800.00
10.4	Operador de Man Lift (honorario)	días	150	32.00	\$ 4,800.00
	Sub Total Depreciación de maquinaria y Herramientas				\$ 34,482.00
11	MOVILIZACION DEL PERSONAL DIARIO				
11.1	Alquiler de camioneta	días	150	80.00	\$ 12,000.00
11.2	Alquiler de Van (combi)	días	150	85.00	\$ 12,750.00
11.3	Combustible	días	150	50.00	7,500.00
	Sub total Movilización de personal diario				\$ 32,250.00
	SUB TOTAL				\$ 314,147.00

Gastos Administrativos	10%	\$ 31,414.70
		\$ 345,561.7
Gastos Financieros	5%	\$ 17,278.085
		\$ 362,839.79
Utilidad	11%	\$ 39,912.377
		\$ 402,752.17

5 CRONOGRAMA DE TRABAJO

6 PLANOS DE REFORZAMIENTO

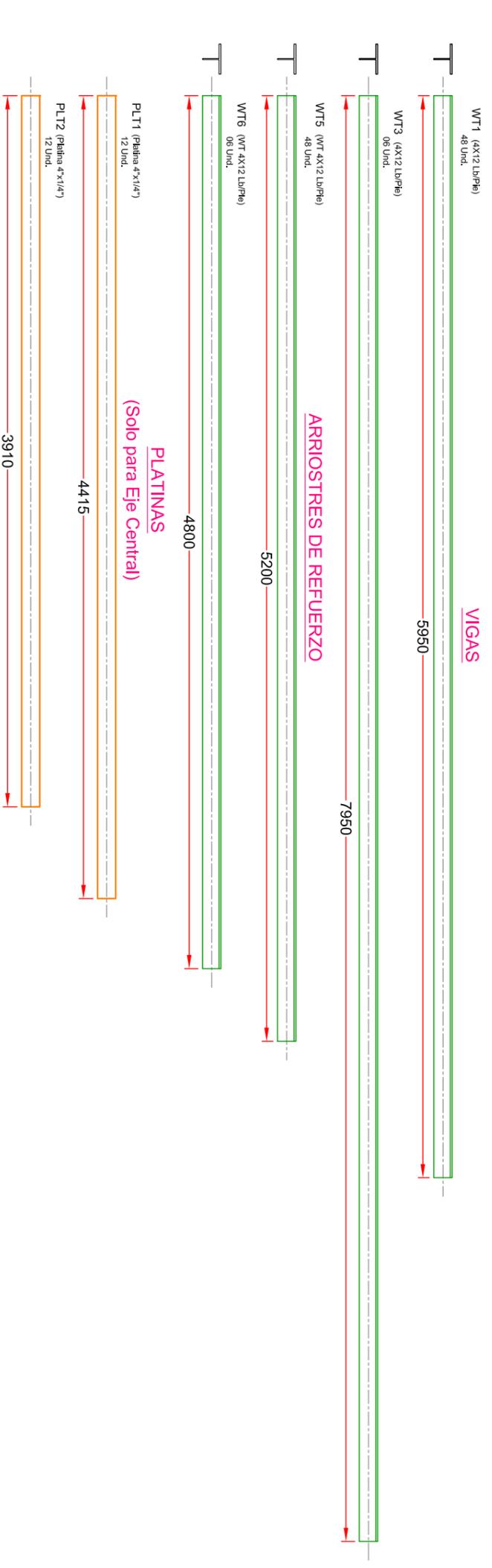
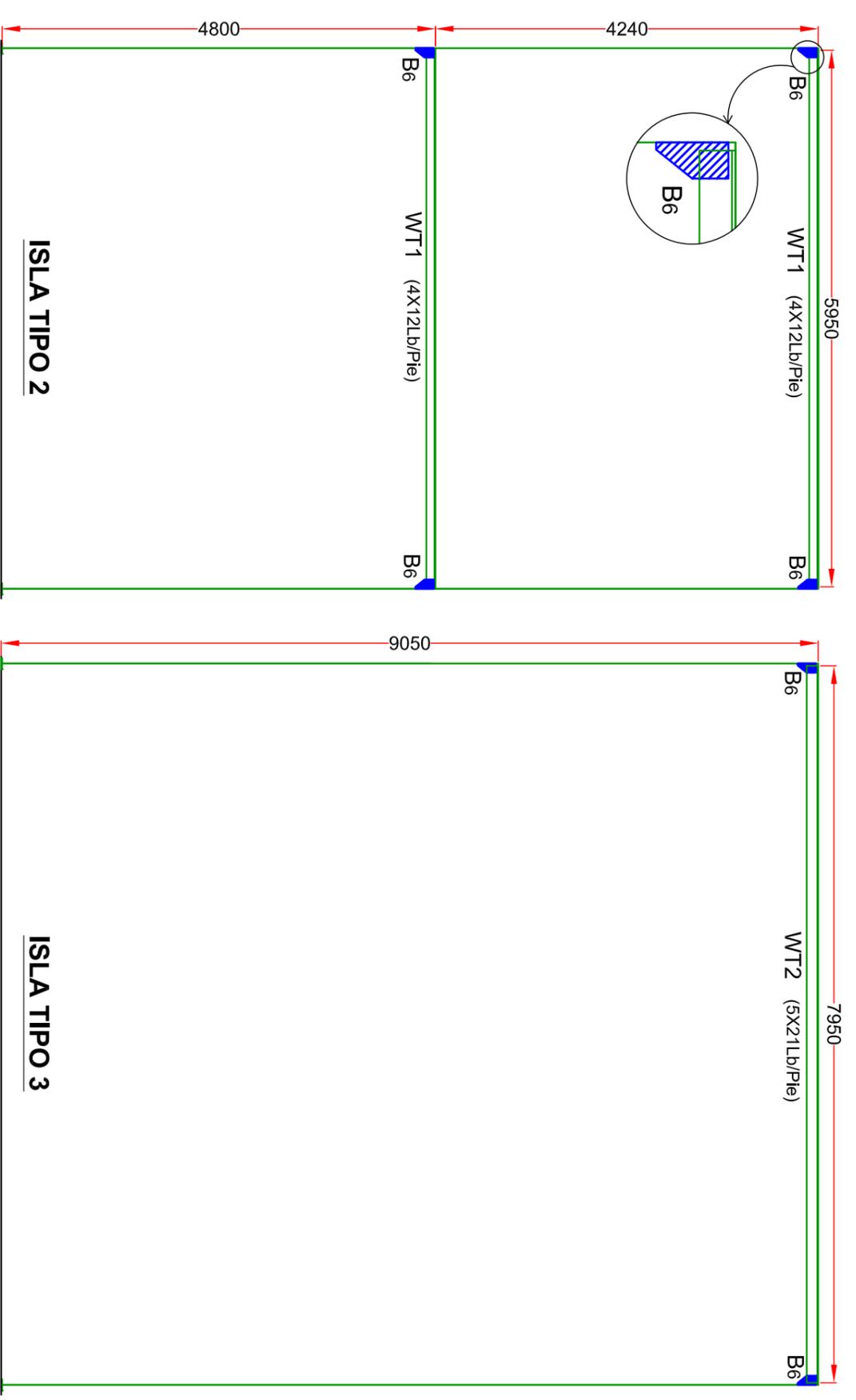
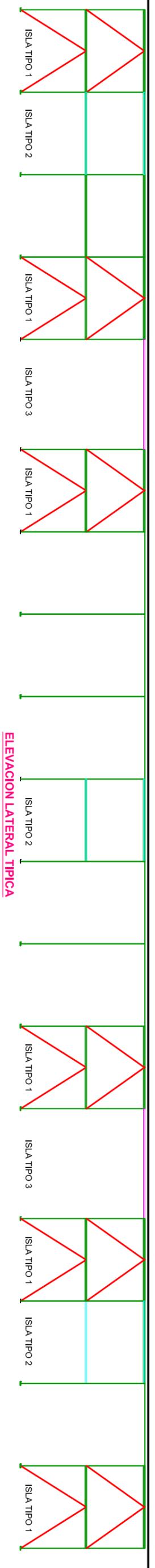


ARMADURA DE TECHO



LISTA DE MATERIALES						
ITEM	DESCRIPCION	Nº PIEZAS	CODIGO	MATERIAL	LONGITUD	UNIDAD
1	VIGA DE TECHO	48	WT1	WT 4x12 Lb/pie	5950	mm
2	VIGA DE TECHO	06	WT2	WT 5x21 Lb/pie	7950	mm
3	ARRIOSTRE TECHO	64	WT3	WT 4x12 Lb/pie	4930	mm
4	ARRIOSTRE TECHO	08	WT4	WT 4x12 Lb/pie	5470	mm
5	CARTELAS	Ver Detalle	-	PLANCHA 3/8"	Ver Detalle	mm

NOTAS			
Rev.	DESCRIPCION	FECHA	POR.
	REVISIONES		
No. PLANO	PLANO DE REFERENCIA		
	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		
	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA		
	FACULTAD DE INGENIERA MECÁNICA		
PROYECTO: REFORZAMIENTO DEL ALMACÉN DE NITRATO			
TITULO: PLANOS DE CONSTRUCCION ESTRUCTURAS DE TECHOS			
DISEÑADO:	NOMBRE: WCS	FECHA: 07.11.2017	AREA:
DIBUJADO:			Nº A.F.E.: ...
REVISADO:			ESCALA: SE
APROBADO:			REV.: A
APROB. CLTE:			No. PLANO: 002-17



LISTA DE MATERIALES						
ITEM	DESCRIPCION	Nº PIEZAS	CODIGO	MATERIAL	LONGITUD	UNIDAD
1	VIGA	54	WT1	WT 4x12 Lb/ple	5950	mm
2	VIGA	06	WT2	WT 5x21 Lb/ple	7950	mm
3	ARRIOSTRE	36	WT5	WT 4x12 Lb/ple	5200	mm
4	ARRIOSTRE	36	WT6	WT 4x12 Lb/ple	4800	mm
5	PLATINAS	12	PLT1	Platina 4"x1/4"	Ver Detalle	mm
6	PLATINAS	12	PLT2	Platina 4"x1/4"	Ver Detalle	mm
7	CARTELAS	Ver Detalle	-	PLANCHAS 3/8"	Ver Detalle	mm

NOTAS

1.- CARTELAS EN LINDERO VIGA - COLUMNA EN LOS EJES LATERALES

RESERVENAS

NO.	DESCRIPCION	FECHA	POR

PROYECTO: REFORZAMIENTO DEL ALMACEN CANCHA DE NITRATO

TITULO: PLANOS DE CONSTRUCCION ESTRUCTURAS DE TECHOS

FECHA: 07-11-2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERJIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

PROFESOR: ...

ALUMNO: ...

