



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA NAVE INDUSTRIAL
PARA MEJORAR ESTÁNDARES DE ALMACENAMIENTO
DE CONCENTRADOS DE MINERAL EN LA UNIDAD
MINERA TOMA LA MANO, CARHUAZ - 2021”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Jorge Manuel Carranza Carranza

Asesor:

Ing. Neicer Campos Vásquez

Lima - Perú

2021

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	34
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	76
CAPÍTULO III: RESULTADOS	135
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES	140
RECOMENDACIONES	142
REFERENCIAS	143
ANEXOS	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción minera metálica.	18
Tabla 2. Empleo minero según tipo de empleador – N° de trabajadores.	19
Tabla 3. Relación de calicatas.	28
Tabla 4. Resultados de densidad in situ.	30
Tabla 5. Parámetros índices de los suelos.	31
Tabla 6. Propiedades geotécnicas de la cimentación.	31
Tabla 7. Factores de resistencia que emplea el LRFD.	39
Tabla 8. Factores de forma (C).	41
Tabla 9. Factores de zona Z.	45
Tabla 10. Categoría de las edificaciones y Factor U.	45
Tabla 11. Factor de Suelo S.	46
Tabla 12. Períodos T_p y T_L .	47
Tabla 13. Coeficiente de reducción sísmica.	48
Tabla 14. Relación ancho-espesor para elementos sometidos a compresión axial.	54
Tabla 15. Límites de deflexión.	65
Tabla 16. Rango de densidad, Ángulo de reposo y Producción promedio anual estimada de concentrado.	78
Tabla 17. Dimensiones de la Pila Cónica para el concentrado de plomo y zinc.	80
Tabla 18. Valores del Factor k.	84
Tabla 19. Carga de viento en cada superficie exterior.	88
Tabla 20. Desplazamiento relativo en el eje X.	93

Tabla 21. Desplazamiento relativo en el eje Y.	93
Tabla 22. Cargas actuantes sobre el pedestal.	130
Tabla 23. Características de la anterior nave industrial y la actual.	136
Tabla 24. Elementos estructurales de la nave industrial.	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la empresa.	13
Figura 2. Exportaciones mineras peruanas.	18
Figura 3. Precio mensual de concentrado de plata 2019-2020.	19
Figura 4. Precio mensual de concentrado de plomo 2019-2020.	20
Figura 5. Precio mensual de concentrado de zinc 2019-2020.	21
Figura 6. Plano de ubicación de las calicatas.	29
Figura 7. Clasificación de perfiles estructurales: laminados en caliente y plegados.	36
Figura 8. Mapa Eólico del Perú.	42
Figura 9. Zonas Sísmicas.	44
Figura 10. Esquema de sección HSS rectangular.	49
Figura 11. Bloque de cortante	51
Figura 12. Momento nominal en función de la longitud, no soportada lateralmente, del patín de compresión.	59
Figura 13. Placa base.	67
Figura 14. Placas de base resistente a momento de columna.	70
Figura 15. Diagrama de flujo del proceso de diseño.	77
Figura 16. Pila cónica de concentrado.	78
Figura 17. Vista de planta de la nave industrial.	81
Figura 18. Vista de elevación de la nave industrial.	82
Figura 19. Viento transversal a la nave industrial.	88
Figura 20. Modelo 3D de la Nave Industrial.	91

Figura 21. Desplazamiento por sismo en el eje X.	92
Figura 22. Desplazamiento por sismo en el eje Y.	92
Figura 23. Secuencia para obtener estados de carga con el Sap2000.	94
Figura 24. Posición de tijerales con mayor estado de carga.	95
Figura 25. Posición de las vigas con mayor estado de carga.	99
Figura 26. Posición de columnas con mayor estado de carga.	103
Figura 27. Posición de correas con mayor estado de carga.	110
Figura 28. Posición de arriostres con mayor estado de carga.	113
Figura 29. Posición de arriostres de techo con mayor estado de carga.	118
Figura 30. Parámetros sobrescritos para considerar el efecto de los tensores sobre las correas.	120
Figura 31. Posición de plancha base con mayor estado de carga.	121
Figura 32. Cargas últimas actuantes sobre la plancha base.	123
Figura 33. Área de compresión efectiva.	125
Figura 34. Posición del pedestal con mayor estado de carga.	129
Figura 35. Dimensiones del pedestal.	130

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación de diseño del estado límite básico del LRFD.	37
Ecuación 2. Carga nieve para techos según el ángulo de inclinación.	40
Ecuación 3. Carga nieve para techos según el ángulo de inclinación.	40
Ecuación 4. Carga nieve para techos según el ángulo de inclinación.	40
Ecuación 5. Presión o succión del viento a una altura h.	41
Ecuación 6. Fuerza cortante basal.	43
Ecuación 7. Falla de la deformación por tracción en la sección bruta.	48
Ecuación 8. Fractura por tensión en la sección neta que tienen agujeros de pernos.	49
Ecuación 9. Factor U para secciones tipo W, S y HP.	50
Ecuación 10. Tensión en elementos con placas de empalme.	50
Ecuación 11. Fractura por tensión en elementos con placas de empalme.	50
Ecuación 12. Resistencia de diseño a la fractura por bloque de cortante.	51
Ecuación 13. Resistencia a la tracción de diseño de una barra de tracción.	52
Ecuación 14. Resistencia a la tracción permisible de una barra de tracción.	52
Ecuación 15. Formula de Euler para la carga de pandeo.	53
Ecuación 16. Esfuerzo de pandeo crítico elástico.	53
Ecuación 17. Resistencia a la compresión axial.	54
Ecuación 18. Esfuerzo de pandeo a flexión.	55
Ecuación 19. Esfuerzo de pandeo a flexión.	55
Ecuación 20. Esfuerzo de pandeo crítico elástico para pandeo flexo torsional.	55
Ecuación 21. Pandeo flexo torsional en el eje de simetría.	56

Ecuación 22. Pandeo flexo torsional en el eje de simetría.	56
Ecuación 23. Pandeo flexo torsional en el eje de simetría.	56
Ecuación 24. Relación de momentos de inercia.	57
Ecuación 25. Radio polar de giro alrededor del centro de corte.	57
Ecuación 26. Esfuerzo de pandeo a flexión para un perfil tipo HSS.	57
Ecuación 27. Esfuerzo de pandeo a flexión para un perfil tipo HSS.	57
Ecuación 28. Factor de reducción neto.	58
Ecuación 29. Factor de reducción neto.	58
Ecuación 30. Factor de reducción neto.	58
Ecuación 31. Momento nominal de la sección.	58
Ecuación 32. Momento plástico.	58
Ecuación 33. Límite de la longitud plástica.	60
Ecuación 34. Momento actuante mayorado con respecto al eje x.	60
Ecuación 35. Momento nominal en la zona 2.	60
Ecuación 36. Límite de longitud inelástico.	61
Ecuación 37. Factor para determinación de zona del elemento.	61
Ecuación 38. Factor para determinación de zona del elemento.	61
Ecuación 39. Momento nominal en la zona 3.	62
Ecuación 40. Esfuerzo de pandeo flexo torsional en la zona 3.	62
Ecuación 41. Momento nominal para una sección con patines no compactos.	62
Ecuación 42. Momento nominal para una sección esbelta.	63
Ecuación 43. Esfuerzo cortante nominal.	63
Ecuación 44. Coeficiente de cortante del alma.	63
Ecuación 45. Coeficiente de cortante del alma.	63
Ecuación 46. Coeficiente de cortante del alma.	64

Ecuación 47. Deflexión en el centro del claro de una viga simple con carga uniformemente repartida	64
Ecuación 48. Diseño de vigas por flexión asimétrica.	66
Ecuación 49. Resistencia nominal de contacto del concreto.	68
Ecuación 50. Espesor de la placa base.	69
Ecuación 51. Momento a la derecha del centro del ala.	69
Ecuación 52. Momento último en placa base.	70
Ecuación 53. Reacción mayor sobre la placa base.	70
Ecuación 54. Reacción en el ala del perfil.	70
Ecuación 55. Longitud del triángulo de reacciones sobre la placa base.	70
Ecuación 56. Longitud libre derecho a partir del ala del perfil.	70
Ecuación 57. Reacción última en la placa base.	71
Ecuación 58. Reacción última en la placa base.	71
Ecuación 59. Área de perno de anclaje requerido.	72
Ecuación 60. Resistencia a la compresión de la columna.	72
Ecuación 61. Momento nominal resistente.	73
Ecuación 62. Longitud esforzada a compresión.	73
Ecuación 63. Resistencia de la columna al corte.	74

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

Aghayere, A. O., y Vigil, J. (2020). Structural steel design. Dulles, Virginia: Editorial Mercury Learning and Information.

American Institute of Steel Construction. (2021). About Us. Chicago, EU. Recuperado de <https://www.aisc.org/about-us/>

Cruz, C., Figueroa, P. y Hernández, C. (2012). Estructuración, análisis y diseño estructural de elementos de techo con perfiles metálicos utilizando el método LRFD (tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.

CSI Spain. (2021). Sap2000 – Características y funcionalidades. España. . Recuperado de <https://www.csiespana.com/software/2/sap2000>

E.020 Cargas. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima. Recuperado de <http://page.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=171>

E.030 Diseño Sismoresistente. (2018). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima. Recuperado de <http://page.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=4652>

Giraldo, H. (2002). Predimensionamiento de Estructuras Metálicas: Metodología para Arquitectos. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Gutarra, M. (2016). Mejoramiento de almacenes autosoportados con elementos de acero estructural nacionales (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro Del Perú, Huancayo, Perú.

McCormac, J. y Brown, R. (2018). Diseño de concreto reforzado, 10ma Edición. México: Alfaomerga.

McCormac, J. y Csernak, S. (2016). Diseño de estructuras de acero, 5ta Edición. México: Alfaomerga.

Ministerio de Energía y Minas (2021). Boletín estadístico minero, edición N°12-2020. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2020/BEMdic2020.pdf>

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2019). Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Productos Mineros, Año 8 - N°14. Recuperado de https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Reportes_de_Mercado/Osinergmin-RSMMM-I-2019.pdf

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2020). Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Productos Mineros, Año 9 - N°16. Recuperado de https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Reportes_de_Mercado/Osinergmin-RSMMM-I-2020.pdf

- Recio, F. (2012). Calculo de nave industrial mediante Cype Metal 3d clásico para almacenamiento de materiales de construcción (tesis de pregrado). Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España.
- Tong, Á. (2014). Factibilidad del uso de estructuras metálicas en el diseño de viviendas multifamiliares (tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Vinnakota, S. (2006). Estructuras de Acero: Comportamiento y LRFD, 1era edición. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Vizueta, M. (2013). Cálculo y diseño de una nave industrial con cubierta fotovoltaica y entreplanta (tesis de pregrado). Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España.
- Zapata, L. (2004). Diseño Estructural en Acero, Lima-Perú.