

INDICE GENERAL
DOCUMENTO N° 4. PROPUESTA TÉCNICA

TOMO		CONTENIDO
TOMO 1		RESUMEN EJECUTIVO
TOMO 2	A	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL DISEÑO DE INGENIERÍA
	A.1.	MEMORIA DESCRIPTIVA DE OBRAS CIVILES, DEL EQUIPAMIENTO DE SISTEMAS Y DEL EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO
	A.2.	CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS OBRAS CIVILES Apéndice 1: Planos
	A.3.	TOPOGRAFÍA DEL PROYECTO Apéndice 1: Planos
TOMO 3	A.4.	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DEL PROYECTO Apéndice 1: Registro de sondeos mecánicos Apéndice 2: Registros de calicatas Apéndice 3: Ensayos de permeabilidad in situ Apéndice 4: Registros de la investigación geofísica
		Apéndice 5: Ensayos de laboratorio Apéndice 6: Cálculos analíticos de estabilidad en el frente Apéndice 7: Planos
TOMO 4		
TOMO 5	A.5.	TRAZO, DISEÑO GEOMÉTRICO Y SUPERESTRUCTURA DE VÍA DE LA LÍNEA PRINCIPAL
	A.5.1.	Diseño del Trazado Apéndice 1: Planos
TOMO 6	A.5.2.	Tipo de Superestructura de vía Apéndice 1: Planos
	A.5.3.	Parámetros de diseño y conservación de la vía férrea incluyendo sus tolerancias geométricas Apéndice 1: Planos
	A.5.4.	Estudio funcional de la superestructura de vía Apéndice : Simulaciones cinemáticas
	A.5.5.	Estudio de ruido y vibraciones Apéndice 1: Estudio de ruido y vibraciones secundario
TOMO 7	A.6.	TUNEL
	A.6.1.	Memoria descriptiva general de túneles Apéndice 1: Planos
	A.6.2.	Selección del diámetro del túnel Apéndice 1. Memoria de cálculo de gálibos UIC505 y determinación de gálibos Apéndice 2. Planos de secciones tipo Apéndice 3. Esquema de evacuación de emergencia
	A.6.3.	Excavación Métodos TBM y NATM en Línea Principal Apéndice 1. Planos
	A.6.4.	Memorie de Cálculo de las Estructuras Permanentes Apéndice 1. Modelización numérica para la comprobación del revestimiento primario Apéndice 2. Obtención de los esfuerzos en el revestimiento por métodos analíticos. Apéndice 3. Modelización numérica revestimiento definitivo Apéndice 4. Dimensionamiento del revestimiento definitivo del túnel de línea Apéndice 5. Dimensionamiento del revestimiento definitivo de cavernas
TOMO 8	A.6.5.	Selección de TBM
	A.6.6.	Pozos de ataque para TBM
	A.6.6.1.	Pozos de ataque para TBM Apéndice 1. Cálculo pozo de ataque Gambetta Apéndice 2. Cálculo pozo Extracción L2. Apéndice 3. Cálculo pozo extracción L4. Apéndice 4. Planos
	A.6.6.2.	Logística TBM Apéndice 1: Planos
	A.6.7.	Medidas de Protección de Edificios y Servicios Públicos. Apéndice 1: Cálculos de subsidencias de la L2 Apéndice 2: Cálculos de subsidencias de la L4 Apéndice 3. Planos
	A.6.8.	Sistema de Monitoreo y Auscultación. Apéndice 1: Planos
TOMO 9	A.6.9.	Excavación en trinchera (método Cut & Cover) Apéndice 1. Cálculos ramales Bocanegra Apéndice 2. Cálculos Terceras Vías Apéndice 3. Cálculos ramales Santa Anita Apéndice 4. Planos
	A.6.10.	Excavación en caverna Apéndice 1. Esfuerzos en el revestimiento por métodos analíticos Apéndice 2. Modelización numérica para la obtención de esfuerzos en el revestimiento definitivo

INDICE GENERAL
DOCUMENTO N° 4. PROPUESTA TÉCNICA

TOMO	CONTENIDO	
	Apéndice 3. Dimensionamiento del revestimiento definitivo de las cavemas Apéndice 4. Planos	
TOMO 10	A.7. ESTACIONES DE PASAJEROS A.7.1. Memoria Descriptiva General por estación Apéndice 1: Planos definición funcional A.7.2. Arquitectura por tipología de estación. Apéndice 1: Planos. Estaciones tipo A.7.3. Excavación y tratamiento de consolidación por tipología Apéndice 1: Planos. Proceso constructivo estaciones	
	A.7.4. Memoria de cálculo de las estructuras permanentes por tipología. Apéndice 1: Dimensionamiento estructural. Estaciones C&C Apéndice 2: Dimensionamiento estructural. Estaciones caverna Apéndice 3: Planos. Estructuras de estación.	
	A.7.5. Accesibilidad del sistema y dimensionamiento de los andenes. Apéndice 1. Cálculos de evacuación Apéndice 2. Niveles de servicio de estaciones tipo Apéndice 3: Planos de rutas de evacuación A.7.6. Instalaciones ferroviarias en estación A.7.6.1. Sistema de alimentación eléctrica A.7.6.2. Sistema de las puertas de andén A.7.6.3. Sistema de control de pasajeros A.7.6.4. Sistema de telecomunicaciones A.7.6.5. Sistema de señalización A.7.6.6. Dimensionamiento de torniquetes	
TOMO 13	A.7.7. Simulaciones del flujo de pasajeros Apéndice 1. Cálculos de Evacuación Apéndice 2. Informes de simulación A.7.8. Instalaciones no ferroviarias o equipamiento electromecánico por tipología de estación A.7.8.1. Instalaciones no ferroviarias. A.7.8.2. Hidrología y drenaje Apéndice 1: Planos A.8. INTEGRACIÓN FÍSICA E INSERCIÓN URBANA A.8. Memoria descriptiva de integración física e inserción urbana Apéndice 1: Matriz de alteración del entorno urbano A.8.1. Estaciones Línea 2 Apéndice 1: Planos de inserción urbana. L-2 A.8.2. Estaciones Línea 4 Apéndice 1: Planos de inserción urbana. L-4	
	A.8.3. Soluciones de ingeniería A.8.4. Pozos de Ventilación y/o Salidas de Emergencia Línea 2 A.8.5. Pozos de Ventilación y/o Salidas de Emergencia Ramal Av. Faucett- Av. Gambetta Línea 4 A.8.6. Patios talleres (Santa Anita y Bocanegra) Apéndice 1: Planos A.9. PATIOS TALLERES Y POZOS DE VENTILACIÓN Y/O SALIDAS DE EMERGENCIA A.9.1. Memoria descriptiva general A.9.2. Diseño funcional y dimensionamiento de los patios taller Apéndice 1: Equipos Apéndice 2: Planos generales	
	A.9.3. Arquitectura de los Patios Talleres y Pozos de Ventilación y/o salidas de emergencia A.9.3.1. Arquitectura de los Patios Taller. Apéndice 1: Planos A.9.3.2. Arquitectura de los Pozos de ventilación y salidas de emergencia Apéndice 1: Planos definición geométrica A.9.4. Estructuras de los Patios Talleres y Pozos de Ventilación y/o Salidas de Emergencia A.9.4.1. Estructuras de los Patios Taller. Apéndice 1: Planos de edificios y nave taller A.9.4.2. Estructuras de los Pozos de ventilación y emergencia Apéndice 1: Planos de estructuras y procedimientos constructivos	
	A.9.5. Memoria de Cálculo para las Estructuras Permanentes A.9.5.1. Memoria de Cálculo para las Estructuras Permanentes. Patios taller A.9.5.2. Memoria de Cálculo para las Estructuras Permanentes. Pozos Apéndice 1: Pozos laterales sin presencia de nivel freático Apéndice 2: Pozos cenitales sin presencia de nivel freático Apéndice 3: Pozo cenital tramo túnel TMB en presencia de nivel freático A.9.6. Esquema ferroviario y superestructura de vía férrea, alimentación eléctrica y señalización de los Patios talleres A.9.6.1. Esquema ferroviario y superestructura de vía de los patios talleres	

INDICE GENERAL
DOCUMENTO Nº 4. PROPUESTA TÉCNICA

TOMO	CONTENIDO
TOMO 16	<p>Apéndice 1: Planos</p> <p>A.9.6.2. Esquema alimentación eléctrica de los patios talleres.</p> <p>A.9.6.3. Esquema ferroviario y Señalización de los patios talleres.</p> <p>A.9.7. Instalaciones no ferroviarias de patios taller y pozos de ventilación y emergencia</p> <p>A.10. DESVÍOS</p> <p>Apéndice 1: Planos macrodesvíos</p> <p>B DISEÑO, SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES</p> <p>B1 Equipos y materiales para el proyecto, las obras civiles y el equipamiento</p> <p><u>Equipos</u></p> <p>B.1.a.1 Selección de procedencia y tecnología</p> <p>B.1.a.2 Seguridad, oportunidad y optimización</p> <p>B.1.a.3 Gestiones y ruta crítica</p> <p>Gestiones. Transporte a pie de obra</p> <p>Gestiones. Importación</p> <p>Gestiones. Requerimientos de montaje y desmontaje</p> <p>Ruta crítica.Cronograma de suministro</p> <p><u>Materiales</u></p> <p>B.1.b.1 Selección de procedencia y tecnología</p> <p>B.1.b.2 Seguridad, oportunidad y optimización</p> <p>B.1.b.3 Gestiones y ruta crítica</p> <p>Gestiones. Transporte a pie de obra</p> <p>Gestiones. Importación</p> <p>Gestiones. Acopios</p> <p>Ruta crítica.Cronograma de suministro</p>
TOMO 17	<p>C DISEÑO, SUMINISTRO E INSTALACIÓN DEL EQUIPAMIENTO DE SISTEMA Y DEL EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO</p> <p>C.1 INSTALACIONES FERROVIARIAS</p> <p>C.1.1. Diseño, suministro e instalación de la superestructura de vía</p> <p>Apéndice 1: Planos</p> <p>C.1.2. Instalaciones ferroviarias</p> <p><u>Diseño</u></p> <p>C.1.2.1 Señalización y control</p> <p>C.1.2.2 Puertas de andén</p> <p>C.1.2.3 Mando y control centralizado</p> <p>C.1.2.3.1 SCADA-DWH</p> <p>C.1.2.3.2 iWS</p> <p>C.1.2.3.3 Service Availability</p> <p>C.1.2.4 Control de pasajeros</p> <p>C.1.2.5 Sistema de Alimentación</p> <p>C.1.2.6 Sistema de tracción eléctrica</p> <p>C.1.2.7 Sistemas de telecomunicaciones</p> <p>C.1.2.7.1 Subsistema de Radiocomunicaciones (radio tierra-tren)</p> <p>C.1.2.7.2 Subsistema de Video Vigilancia</p> <p>C.1.2.7.3 Subsistema de Relojería</p> <p>C.1.2.7.4 Subsistema de Paneles de Indicación (SPI)</p> <p>C.1.2.7.5 Subsistema de Difusión Sonora</p> <p>C.1.2.7.6 Subsistema de Comunicación Primaria</p> <p>C.1.2.7.7 Subsistema de Telefonía Automática de Servicio</p> <p>C.1.2.7.8 Subsistema de Telefonía de Emergencia y de Interfonía</p> <p>C.1.2.7.9 Subsistema Data Communication System (DCS)</p> <p>C.1.2.7.10 Subsistema Integrated Communication Control System (ICCS)</p> <p>C.1.2.7.11 Fleet Data Collector</p> <p>C.1.2.7.12 Subsistema de a bordo</p> <p>C.1.2.8 Puesto Central de comando y control</p> <p>C.1.2.9 PLAN PRELIMINAR DE RAMS DEL SISTEMA</p> <p><u>Suministro e instalación</u></p> <p>C.1.2.10 Suministro e instalación</p>
TOMO 18	<p>C.2 INSTALACIONES NO FERROVIARIAS</p> <p>C.2.1. Diseño de las instalaciones no ferroviarias</p> <p>Apéndice 1: Cálculos</p>
TOMO 19	<p>Apéndice 1: Cálculos</p>
TOMO 20	<p>Apéndice 1: Cálculos</p>
TOMO 21	<p>Apéndice 1: Cálculos</p> <p>Apéndice 2: Planos</p>
TOMO 22	<p>Apéndice 2: Planos</p>

INDICE GENERAL
DOCUMENTO N° 4. PROPUESTA TÉCNICA

TOMO	CONTENIDO	
TOMO 22	C.2.2.	Suministro e instalación
TOMO 23	D	DISEÑO, FABRICACIÓN Y PRUEBAS DEL MATERIAL RODANTE
	D1	DISEÑO, FABRICACIÓN, PRUEBAS DE ACEPTACIÓN EN FABRICA, TRANSPORTE, ENSAMBLE Y ACOPLE, PRUEBAS DE PUESTA EN MARCHA E INTEGRACIÓN DEL MATERIAL RODANTE
	D.1.1.	Configuración del tren
	D.1.2.	Vida útil de los trenes y ciclos de servicio.
	D.1.3.	Gálibo
	D.1.4.	Capacidad de transporte del tren
	D.1.5.	Características de los trenes
	D.1.6.	Prestaciones de los trenes
	D.1.7.	Sistema de diagnóstico y transmisión de fallas de los trenes al Puesto Central de Operaciones. Sistema de señalización y comunicación
	D.1.8.	Salidas de emergencia del tren
	D.1.9.	Composición estructural de las cajas
	D.1.10.	Cronograma de suministro del Material Rodante para Primera Etapa A, Primera Etapa B y Segunda Etapa del Proyecto
D.1.11.	Design Book	
TOMO 24	E	METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO
	E.1.	METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES, PROVISION DE MATERIAL RODANTE, DE LA OPERACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL CONTRATO Y RELACIÓN DE REPUESTOS ESTRATÉGICOS Y CRÍTICOS
	E.1.a	Memoria descriptiva
	E.1.a.1	Plan de construcción de las obras civiles Metodología constructiva de las obras civiles Informe técnico del procedimiento de construcción de túneles Metodología constructiva con tuneladora Estrategia del uso de tuneladoras.Planta de dovelas
	E.1.a.2	Relación de repuestos estratégicos y críticos
	E.1.b	Procedimiento de construcción para los túneles y la planta de dovelas
	E.1.c	Listado de equipos y herramientas especiales
	E.1.d	Diagrama espacio-tiempo del desarrollo del proyecto
	E.2	RELACIÓN DE REPUESTOS ESTRATÉGICOS Y CRÍTICOS
	E.3	LA PROVISIÓN DEL MATERIAL RODANTE Y OPERACIÓN
TOMO 25	F	ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO EN LAS DISTINTAS FASES DEL PROYECTO
	F.1.	Organización del equipo de trabajo en las distintas fases del proyecto
	G	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS
	G.1.	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS
	H	PROPUESTA DE OPERACIÓN DEL PROYECTO
	H.1	PROPUESTA DEL MODELO DE EXPLOTACIÓN POR BUCLES
	H.2	TIEMPO DE VIAJE PROPUESTO
	H.3	CAPACIDAD DE TRANSPORTE DEL SISTEMA EN PASAJEROS POR HDRA POR DIRECCIÓN
	H.4	FRECUENCIAS DE SERVICIO
	H.5	PROPUESTA DE NIVELES DE SERVICIO POR CADA ETAPA
	H.6	FLEXIBILIDAD EN LA OPERACIÓN
	H.7	PLAN DE ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN DEL PERSONAL
	H.8	PROPUESTA DE ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL DE LA CONCESIÓN
	H.9	DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO EN LA OPERACIÓN
H.10	PLAN DE EXPLOTACIÓN (OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO), DE SEGURIDAD Y CONTINGENCIAS.	
H.11	PLAN DE DESARROLLO COMERCIAL DE LAS ESTACIONES Y TRENES	
I	PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y DEL MATERIAL RODANTE	
I.1	ESTÁNDARES Y NORMAS TÉCNICAS A SER ADOPTADAS	
I.2	INDICADORES DE MANTENIMIENTO	
I.3	TIPOS DE INTERVENCIÓN POR CADA SUBSISTEMA	
I.4	EQUIPAMIENTO E INSTALACIONES REQUERIDAS PARA EL MANTENIMIENTO	
I.5	TECNOLOGÍA APLICABLE	
I.6	AUTOMATIZACIÓN PARA EL CDNTROL DE LA INTERFACE RUEDA - RIEL IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES Y TELECDMUNICACIONES DEL SISTEMA. DIAGNÓSTICO COMPUTARIZADO DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA FÉRREA Y CATENARIA.	
I.7	PERSONAL REQUERIDO	
I.8	LISTADO DE EQUIPOS FIJOS Y MÓVILES	

INDICE GENERAL
DOCUMENTO N° 4. PROPUESTA TÉCNICA

TOMO	CONTENIDO			
	I.9	OTROS QUE SE CONSIDERARAN APLICABLES		
TOMO 26	J	PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD		
	J.1.	PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD		
	J.1.1.	Plan General de Calidad. Apéndice 1. Certificados de Calidad		
	J.1.2.	Plan de Calidad de Diseño		
	J.1.3.	Plan de Calidad durante la ejecución de las obras		
	J.1.4.	Plan de Calidad de la Tecnología del Sistema y de Equipamientos Civiles		
	J.1.5.	Plan de Calidad del Material Rodante		
J.1.6.	Plan de Calidad en Explotación			
	J.2.	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL CONTENIDO DEL MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD		
TOMO 27	K	PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD Y SALUD		
	K.1.	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL MANUAL DE SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE		
	K.1.1.	Gestión Ambiental		
	K.1.1.1	Gestión Ambiental Diseño y Construcción Apéndice 1: Identificación y evaluación del cumplimiento legal. Apéndice 2: Matrices ambientales Apéndice 3: Fichas ambientales Apéndice 4: Cartas dirigidas al grupo de interés Apéndice 5: Plan de gestión de residuos Apéndice 6: Planes de emergencia medioambientales Apéndice 7: Informe de evaluación arqueológica Subapéndice 7.1: Procedimientos administrativos Subapéndice 7.2: Fichas de evacuación arqueológica Subapéndice 7.3: Fichas técnicas de registro Subapéndice 7.4 : Fichas técnicas de hallazgos Apéndice 8: Planos de gestión ambiental Apéndice 9: Planos arqueología		
		K.1.1.2	Gestión Ambiental Explotación Apéndice 1: Certificados de Gestión Ambiental	
		K.1.2.	Plan de Seguridad y Salud	
		K.1.2.1	Plan de Seguridad y Salud de diseño y construcción Apéndice 1: Fichas de inspección	
		K.1.2.2	Plan de Seguridad y Salud en Explotación Apéndice 1: Certificados de Seguridad y Salud	
	TOMO 28		K.1.1.2	Gestión Ambiental Explotación Apéndice 1: Certificados de Gestión Ambiental
			K.1.2.	Plan de Seguridad y Salud
		K.1.2.1	Plan de Seguridad y Salud de diseño y construcción Apéndice 1: Fichas de inspección	
		K.1.2.2	Plan de Seguridad y Salud en Explotación Apéndice 1: Certificados de Seguridad y Salud	
TOMO 29	L	PROTOCOLOS PARA LA EJECUCIÓN DE PRUEBAS		
	L.1.	MEMORIA DESCRIPTIVA DE LOS PROTOCOLOS PARA LA EJECUCIÓN DE PRUEBAS		
	M	MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y MATERIAL RODANTE		
	M.1.	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA.		
	M.2.	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MATERIAL RODANTE		
	N	DESCRIPCIÓN DETALLADA DE HITOS (OBRAS Y MATERIAL RODANTE)		

INDICE GENERAL
DOCUMENTO N° 4. PROPUESTA TÉCNICA

TOMO	CONTENIDO	
	N.1. N.2.	HITOS DE OBRAS POR ETAPAS HITOS DE PROVISIÓN DE MATERIAL RODANTE POR ETAPAS
TOMO 30	O	INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A
	O.1. O.1.1. O.1.2.	ESTUDIOS BÁSICOS Topografía de detalle Apéndice 1: Planos Estudio geotécnico Apéndice 1: Registro de sondeos mecánicos Apéndice 2: Registro de calicata Apéndice 3: Registro de la investigación geofísica Apéndice 4 Ensayos de laboratorio
TOMO 31	O.1.3.	Apéndice 4 Ensayos de laboratorio Apéndice 5: Planos Análisis de riesgo sísmico Apéndice 1: Mapa neotectónico del Perú Apéndice 2: Curvas de probabilidad de excedencia para aceleración espectral $T=0$ s. Apéndice 3: Espectros de peligro uniforme Apéndice 4: Espectros de diseño sísmico
	O.1.4.	Estudio de desvíos de tráfico Apéndice 1: Planos
	O.1.5.	Estudio de interferencias Apéndice 1: Planos
	O.2. O.2.1.	GEOMETRIA (Trazado) Trazado de las vías Apéndice 1: Planos
TOMO 32	O.3	TÚNELES
	O.3.1.	Memoria descriptiva con definición de los métodos constructivos
	O.3.2.	Diseño de las secciones tipo de túnel Apéndice 1. Modelización numérica (flac3d) revestimiento primario. Apéndice 2. Obtención de los esfuerzos en el revestimiento por métodos analíticos. Apéndice 3. Modelización numérica (phase2d) revestimiento definitivo. Apéndice 4. Dimensionamiento revestimiento definitivo del túnel de línea Apéndice 5. Cálculos de daños a estructuras sensibles. Apéndice 6. Cálculos de la cubeta de subsidencias. Apéndice 7. Planos
	O.3.3	Diseño de la conexión subterránea con Patio Santa Anita (Ramal a Talleres) Apéndice 1: Cálculos de ramales Santa Anita Apéndice 2: Planos
	O.3.4.	Pozos de ataque (ventilación) Apéndice 1: Planos
	O.4	ESTACIONES
	O.4.1.	Memoria descriptiva de las estaciones Apéndice 1. Planos
	O.4.2. O.4.3.	Arquitectura de estaciones Accesibilidad del sistema y dimensionamiento de los andenes. Apéndice 1. Cálculos de evacuación Apéndice 2: Planos Apéndice 3: Simulaciones de flujo en estación
TOMO 33	O.4.4.	Estructuras Apéndice 1: Memoria de cálculo estructural. Estación de Evitamiento
TOMO 34		Apéndice 2. Memoria de cálculo estructural. Estación Ovalo Santa Anita Apéndice 3. Planos
TOMO 35	O.5.	PATIO TALLER SANTA ANITA
	O.5.1.	Memoria descriptiva del Patio de Santa Anita. Descripción funcional Apéndice 1: Planos
	O.5.2	Excavaciones y muros de contención. Estructuras Apéndice 1: Planos
	O.5.3.	Arquitectura del Patio Taller Santa Anita Apéndice 1: Planos
	O.5.4	Plan de movimiento de tierras
O.6	CRONOGRAMA	
	O.6.1.	Cronograma detallado Primera Etapa A

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL




O.4.4. Estructuras

013288

O.4.4 Nº DOCUMENTO	O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A TIPO DE DOCUMENTO
-----------------------	---

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

O.4.4. ESTRUCTURAS


CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL 



1. Introducción	1
2. Propiedades de los materiales	3
2.1.1 Concreto.	3
2.1.2 Acero de refuerzo.	3
2.1.3 Recubrimiento mínimo de refuerzo.	3
3. Estados de cargas	4
3.1.1 Cargas muertas y cargas vivas	4
3.1.2 Carga de tren	5
3.1.2.1 Cargas vivas verticales de tren.	5
3.1.2.2 Cargas vivas horizontales de tren	5
3.1.2.3 Cargas dinámicas	5
3.1.3 Cargas térmicas	6
3.1.4 Viento	6
3.1.5 Carga sísmica	6
3.1.6 Construcción y montaje	6
3.1.7 Presión de tierra	6
3.1.8 Presión de agua	8
3.1.8.1 Empuje lateral y subpresión	8
3.1.9 Sobrecargas por edificación existente	8
4. Combinaciones de carga	8
4.1.1 Denominación de cargas	8
4.1.2 Combinaciones ELU	9
4.1.3 Combinaciones ELS	9
5. Verificación estructural	10
5.1.1 Criterios de deflexión	10
5.1.1.1 Losas de piso y techos	10
5.1.1.2 Muros de contención	10
5.1.2 Durabilidad	10
5.1.2.1 Clases de exposición	10
5.1.2.2 Ancho de las fisuras	11
5.1.3 Resistencia a fuego	11
6. Modelos de cálculo	11
7. Bibliografía y referencias	11

APÉNDICE 1: MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL. ESTACIÓN DE EVITAMIENTO
 APÉNDICE 2: MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL. ESTACIÓN DE OVALO SANTA ANITA
 APÉNDICE 3: PLANOS

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL



O.4.4. Estructuras

1. INTRODUCCIÓN

013290

La denominada Etapa 1ª está integrada por la ingeniería de diseño de las estaciones; Evitamiento, Óvalo Santa Anita, La Cultura, Colectora Industrial y Mercado Santa Anita.

Para posibilitar el temprano comienzo de las obras en el tramo de la Etapa 1A es preciso que los estudios correspondientes a dichos tramos puedan ser aprobados en tiempos muy breves, y consecuentemente iniciar las obras a los pocos meses de la firma del contrato de concesión. Para ello, el esquema de licitación prevé que las ofertas técnicas de los postores contengan el Estudio de Factibilidad Revisado (EFR), así como los Estudios Detallados de Ingeniería (EDI) correspondientes a las infraestructuras de la Etapa 1A (Obras del Tramo 5). En particular, se solicita el dimensionamiento estructural de los muros del recinto perimetral (muros, pantallas o pilotes laterales), las losas de fondo y las cubiertas.

Dentro de los trabajos realizados por la Concesionaria, se encuentra el cálculo estructural y el establecimiento de los procedimientos constructivos necesarios para determinar las dimensiones, materiales y cuantías de todos los elementos estructurales de las estaciones, tanto del tramo 5 como del resto de tramos del contrato. Esto ha permitido realizar las plantas de replanteo de las estaciones de la Primera Etapa A, lo que facilitará un rápido inicio de los trabajos en las cinco estaciones. Adicionalmente y para las estaciones de Evitamiento y Ovalo Santa Anita, se han realizado cálculos estructurales completos y planos de armado de pantallas y losas, si bien las características de los elementos estructurales (materiales, dimensiones y cuantías), como ya se ha comentado anteriormente, están determinadas para todas las estaciones del tramo. En caso de que la concesionaria obtenga la Buena Pro, se procederá inmediatamente a completar los estudios del resto de las estaciones de la Primera Etapa A para garantizar que los Estudios Detallados de Ingeniería de las Obras Civiles estén elaborados a tiempo para que una vez superados los procesos de aprobación establecidos, puedan iniciarse las obras en la fecha prevista en el contrato.

Estas cinco estaciones están diseñadas para ser ejecutadas por medio de excavación en trinchera o cut & cover. Son estaciones enmarcadas sobre un recinto apantallado, cuyo espesor de pantallas oscila entre 120cm y 100cm, según el caso.

Se podría diferenciar las estaciones en dos grandes grupos: a) Estaciones con losa de cubierta materializada como una losa maciza de concreto reforzado y b) Estaciones con losa de cubierta que se materializan por medio de vigas prefabricadas con losa de compresión.

Dentro del primer grupo se encuentran las estaciones Evitamiento y Óvalo San Anita, dejando las otras tres estaciones como estaciones del segundo grupo. A continuación se muestra unas secciones tipo para cada caso.





O.4.4. Estructuras

- Dinteles.
 - Losa maciza de Concreto Reforzado, de 135cm
 - Vigas prefabricadas tipo AASHTO de 135cm de canto y 210cm.
- Losa Intermedia.
 - Losa Maciza de Concreto Reforzado de 90cm de canto.
- Losa de Fondo.
 - Losa Maciza de Concreto Reforzado de 60cm de canto.
- Pilares de 1000x800x30 cimentados en módulos de pantallas de 4.00m de ancho, cuya profundidad respecto de la losa de fondo es 10m.

2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Atendiendo a A6-18.2.8., se emplean los siguientes materiales para la construcción de las obras en hormigón reforzado.

2.1.1 Concreto.

Para su empleo en las distintas clases de obra y de acuerdo con su resistencia mínima a la compresión, determinada según la norma MTC E 704, se establecen las siguientes clases de concreto:

Clase	Resistencia mínima a la compresión a 28 días
Concreto pre y post tensado	
A	34,3 MPa (350 Kg/cm ²)
B	31,4 Mpa (320 Kg/cm ²)
Concreto reforzado	
C	27,4 MPa (280 Kg/cm ²)
D	20,6 MPa (210 Kg/cm ²)
E	17,2 MPa (175 Kg/cm ²)
Concreto simple	
F	13,7 MPa (140 Kg/cm ²)
Concreto ciclópeo	
G	17,2 MPa (175 Kg/cm ²)
H	13,7 MPa (140 Kg/cm ²)
	Se compone de concreto simple Clase E y F, y agregado ciclópeo, en proporción de 30% del volumen total, como máximo.

Clase de Concreto y Resistencia mínima a la Compresión, Normas MTC E704

2.1.2 Acero de refuerzo.

Para el diseño de hormigón reforzado se proyectan varillas corrugadas (ASTM A-706), como se puede observar en la siguiente tabla:

Grado	ASTM	f_y min (kg/cm ²)	f_y max (kg/cm ²)	f_u min (kg/cm ²)	f_u/f_y (min)
40	A 615	2,800	--	4,200	--
60	A 615	4,200	--	6,300	--
75	A 615	5,300	--	7,000	--
60	A 706	4,200	5,500	5,600	1.25

Calidades del acero de refuerzo que cubre la Normas ASTM

2.1.3 Recubrimiento mínimo de refuerzo.

Se atiende a lo establecido en A6-18.2.10.





0.4.4. Estructuras

El recubrimiento mínimo para el refuerzo no debe ser menor al mínimo entre el recubrimiento requerido por resistencia al fuego (de acuerdo con la Norma A.130 Requisitos de Seguridad) y los siguientes:

- 013293
- a) Concreto vaciado contra el suelo o en contacto con agua de mar: 75 mm(3)
 - b) Concreto expuesto a suelo o a la intemperie:
 - o Barras 5/8" o menores □ de 40 mm
 - o Barras 3/4" o mayores □ de 50 mm
 - c) Concreto no expuesto al ambiente:
 - o Losas o aligerados
 - Barras de 1 11/16" y 2 1/4" 40 mm(2)
 - Barras de 1 3/8" y menores 30 mm(1)(*)
 - o Muros o muros de corte
 - Barras de 1 11/16" y 2 1/4" 40 mm(2)
 - Barras de 1 3/8" y menores 30 mm(1)(*)
 - o Vigas y columnas (*) 40 mm
 - o Cáscaras y láminas plegadas 30 mm(1)(*)

(*) El recubrimiento deberá medirse al estribo.

(1) Recubrimiento mínimo por fuego

(2) E.60 2009

(3) condicionado por pliego Anejo 6 – 6.20 – 3.5

3. ESTADOS DE CARGAS.

3.1.1 Cargas muertas y cargas vivas

Las cargas muertas y cargas vivas a aplicar en el cálculo de las estaciones según las Especificaciones Técnicas del Concurso (A6 - 18.1.3, 18.1.17), son las siguientes:

Area	Cargas permanentes (CMT) KN/m ²	Carga viva Uniforme (CVU) KN/m ²	Carga viva Concentrada (CVC) KN/m ² (30x30) cm
Pública	6	5	5
No públicas (oficinas, salas personal, baños, etc). No salas de máquinas.	6	3,5	5
Debajo de plataforma	2,5	10	10
Escaleras y rellanos	2,5	5	5
Salas de máquinas	2,5	10	10

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





0.4.4. Estructuras

En el caso de las losas de techo, las cargas vivas uniformes se definen atendiendo a A6-18.1.3.2 c), y A6-18.1.16:

Area	Cargas permanentes (CM) KN/m ²	Carga viva uniforme (CV) KN/m ²	Carga viva concentrada (CVC) KN en 300x300 mm
Bajo zonas verdes	H x 20 KN/m ³ ⁽¹⁾	10 ^{(2) (3)}	100
Bajo vías con tráfico	H x 20 KN/m ³ ⁽¹⁾	20 ⁽²⁾	100

(1) Se considera un espesor mínimo de tierras de 2 m según norma OS.060 6.3.2. f5, y a A3-18.3.2
Se considera una densidad de tierras de 20 KN/m³

(2) Aplicada en toda la superficie

(3) Para los techos bajo zonas verdes, en caso de duda sobre futuro tráfico, se emplea la sobrecarga de 20 KN/m² para el cálculo.

3.1.2 Carga de tren

3.1.2.1 *Cargas vivas verticales de tren*

Se ha considerado una carga vertical equivalente al tren de cargas de 750 kN/m².

3.1.2.2 *Cargas vivas horizontales de tren*

No se consideran en losas apoyadas en el terreno, ya que no generarán ningún esfuerzo apreciable en la losa.

3.1.2.3 *Cargas dinámicas*

Se obtiene usando, del lado de la seguridad, el valor más desfavorable de entre los obtenidos entre estos dos criterios:

EC 1-2 6.4:

(b) Para vías con mantenimiento normal:

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{I_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad (6.5)$$

con $1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$

Fórmula de Eisenmann:

As per Railway literature the impact load is dependent of the train speed and track quality.

The dynamic factor can therefore be calculated by Eisenmann formula :

$$\gamma = t \cdot \varphi \cdot \left(1 + \frac{V - 60}{140}\right) = 2 \cdot 0,2 \cdot \left(1 + \frac{80 - 60}{140}\right) \approx 0,46$$

Where :

t: multiplication factor of standard deviation = 2 :

φ: factor depending of track quality = 0.2 (good quality) :

V: train speed = 80 km/h.





0.4.4. Estructuras

3.1.3 Cargas térmicas

No se consideran al tratarse de una estructura enterrada.

3.1.4 Viento

No se consideran al tratarse de una estructura enterrada.

3.1.5 Carga sísmica

Se aplica la formulación de Word siguiendo:

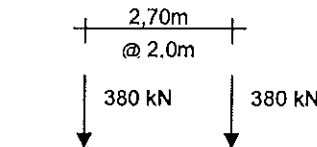
- o Carga uniforme de valor: $\Delta Pd' = \alpha \cdot S \cdot Y \cdot H$

A continuación se justifican los parámetros a adoptar para la definición del valor de la carga:

- o Se adopta como valor de $ag/g=Z=0.40$ al encontrarse predominantemente la línea de metro en Zona 3.
- o En base al Anexo 104-GEN-GEO-I-001-2.docx, en el cual se recoge una microzonificación de Lima y alrededores, se concluye que en el peor de los casos el suelo se clasifica como S2, de manera que el factor de suelo, $S=1.20$
- o En la formulación de Wood, se entiende el valor de H, como la altura del marco enterrado. Del lado de la seguridad, se considerara la diferencia de alturas entre el TN y la máxima excavación.

3.1.6 Construcción y montaje

Dado el proceso constructivo planteado, en el que la tuneladora cruza las estaciones en vacío apoyada en la losa de fondo, se considera un tren de cargas correspondiente a dos cargas puntuales de 380 kN separadas 2.70m entre sí en el sentido transversal, y cada 2.00m en el sentido longitudinal:



3.1.7 Presión de tierra

Los empujes de tierras se consideran en el cálculo a partir de los parámetros geotécnicos que se indican a continuación. Al tratarse de material granular, no existe distinción de estos parámetros entre el corto y el largo plazo.

Unidad geotécnica (síntesis)	Descripción litológica general	γ_d (KN/m ³)	γ_{ap} (KN/m ³)	c' (KPa)	ϕ (°)	Coefficient e de Poisson estático ν	Módulo de Young estático E (MPa)		
R	RELLENOS	15.2	16.7	0	28	0.3	17	-	3,500
	Relleno, mezcla de suelos poco compactados y contaminados								

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.4. Estructuras

Categoría		Descripción litológica general	γ_d (KN/m ³)	γ_{ap} (KN/m ³)	c (kPa)	ϕ (°)	Coefficiente de Poisson ν	Módulo de Young E (MPa)	Coefficiente de balasto vertical K_v para el cálculo de losas K (KN/m ³)	Coefficiente de balasto horizontal K_h para el cálculo de pantallas
CL/CM	ARCILLAS Y LIMOS	Arcilla inorgánica de baja a media plasticidad y limo inorgánico de baja plasticidad.	13.25	17.38	8	26	0.25	23	-	10,000
SM	ARENA	Arenas limosas.	14.6	16.95	5	30	0.3	35	-	12,000
GP-S	GRAVA	Grava pobremente graduada con arena, arcilla y limo, y con arena limosa y arcillosa.	19	20	15	34	0.3	42	-	12,500
GP-S f	GRAVA	Grava pobremente graduada con arena, arcilla y limo, y con arena limosa y arcillosa.	21	22	32	39	0.3	183	10,000-15,000	55,000
D	ARCILLAS Y LIMOS	Dioritas y tonalitas	-	-	-	-	-	-	-	-

Parámetros Recomendados.

Id	PVw	Pvs	Ka	Ko	Kp	C	ϕ	Da	Dp	Re
	kN/m ³	kN/m ³	-	-	-	Kpa	°	-	-	Kpa/m
R	16.7	6.7	0.331	0.531	3.546	0	28	0.33	0.33	3500
CL/CM	17.38	7.38	0.359	0.562	3.19	8	26	0.33	0.33	10000
SM	16.95	6.95	0.305	0.500	3.955	5	30	0.33	0.33	12000
GP-S	20	10	0.257	0.441	4.989	15	34	0.33	0.33	12500
GP-s f	22	12	0.206	0.371	6.869	32	39	0.33	0.33	55000

Parámetros RIDO.

Se entiende como corto plazo (CP), las acciones derivadas del proceso constructivo. Estas acciones se obtiene de un modelo de Winkler en el que las leyes de empujes de obtienen en cada fase. A CP no se considera los efectos derivados de la acción sísmica, y si se considera la acción de las sobrecargas y cargas permanentes en el trasdós de las pantallas. Las leyes de esfuerzos que se derivan de estos empujes deben ser asumidas, íntegramente, por las pantallas (muros colados / diafragmas).





O.4.4. Estructuras

A largo plazo (LP) para el material granular presente en la traza, se considera un empuje de tierras en reposo, atendiendo a A6-18.1.14. Este empuje se considera actuando sobre la sección teórica conjunta y terminada (A6-19.2.1). En esta fase se considera la posible actuación del sobre-empuje sísmico.

3.1.8 Presión de agua

3.1.8.1 Empuje lateral y subpresión

Según A6-18.1.14, se considera el empuje de agua en los muros laterales y una subpresión en la losa de fondo calculado con un peso unitario de 10 KN/m³, para una posición de nivel freático definido según el siguiente criterio:

- Si el nivel freático, dado por la información disponible, se encuentra a nivel del suelo o hasta una profundidad de 3 m por debajo del nivel natural del suelo; se considerará para el diseño, un nivel freático que coincide con el nivel del terreno natural.
- Si de la información disponible se demuestra la ausencia de nivel freático o su presencia a una profundidad tal que no influya en las obras permanentes (profundidades mayores a 2L donde L es la profundidad de la obra interesada), podrá considerarse para el diseño la ausencia de dicho nivel freático.

De acuerdo con esto, las estaciones en las que aparezca nivel freático (estaciones húmedas) se calculan con presión de agua desde cota de terreno natural. Las estaciones sin nivel freático (estaciones secas) se calculan sin empuje de aguas.

En las estaciones húmedas se realizan las pertinentes comprobaciones de flotabilidad.

Para ello sólo se considera como acción estabilizadora el peso propio de la estructura, el rozamiento con el terreno, el relleno sobre el techo (si existe en la fase de comprobación) descontando 1 m), y del concreto de la primera vía (si existe en la fase de comprobación) descontando 1 m). Como acción desestabilizadora se considera la subpresión.

La comprobación de flotabilidad se realiza para situaciones temporales y permanentes.

La comprobación realizada es (según Eurocódigo 7):

- $0,9 \times \text{Fuerzas estabilizadoras} > 1,0 \times \text{Fuerzas desestabilizadoras}$

A la tangente del ángulo de rozamiento efectivo se le aplica un coeficiente de seguridad de 1,25.

3.1.9 Sobrecargas por edificación existente

Se aplica una carga de 50 KN/m² en el trasdós de las pantallas para tener en cuenta el efecto de la edificación existente. En el caso de que no exista actualmente edificación y se tenga constancia de que no puede existir en el futuro, se aplicará una sobrecarga de 20 KN/m².

4. COMBINACIONES DE CARGA.

De acuerdo con A6-18.1.20, se adoptan las combinaciones definidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, con las observaciones que se indican a continuación.

4.1.1 Denominación de cargas

A continuación se presenta la simbología que adopta la norma peruana para la designación de cargas.

- CM=D Peso Propios y Cargas Muertas.
- CV=L Sobrecargas de Uso. Cargas Vivas, incluida la Nieve.
- Cvi=W Carga de Viento.
- CS=E Carga Sísmica.



0.4.4. Estructuras

- CE Empuje de Suelos, incluido el Agua.
 CL Empuje de Líquidos de altura bien definida.
 CT=T Temperatura, Fluencia, Retracción, Asientos....

Se indican las nomenclaturas que usan las normas E.60 y E.20, que denominan de diferente forma a las mismas acciones (Nombre E.60 = Nombre E.20). Las cargas CE y CL no aparecen explícitamente como cargas muertas o sobrecargas en E.20, sino como "Otras Cargas".

4.1.2 Combinaciones ELU.

A continuación se recogen las combinaciones asociadas a los estados límites últimos, tanto para ELU SIN SISMO como ELU CON SISMO. Se basan en lo establecido para ELU en la norma E.60. No obstante, el RNE está orientado a edificación sobre rasante, de manera que no contemple la simultaneidad de la acción sísmica con los empuje CE y CL.

Por ello, se completa en base a las normas (ENV-UNE y AASHTO) a las que hace referencia las Especificaciones Técnicas Prestacionales:

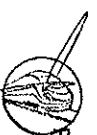
Art	CM	CV	CvI	CE(1)(2)	CL	CT	CS
9.2.1	1.40	1.70					
9.2.2	1.25	1.25	1.25	1.25			
	1.25	1.25	-1.25	1.25			
	0.90		1.25				
	0.90		-1.25				
9.2.3	1.25	1.25		1.25			1.00
	1.25	1.25		1.25			-1.00
	0.90						1.00
	0.90						-1.00
9.2.5	1.40	1.70		1.70			
	0.90			1.70			
9.2.6	1.40	1.70			1.40		
9.2.9	1.05	1.25		1.25		1.05	
	1.40					1.40	

(1) Se considera Situación a Corto y a Largo Plazo según lo enunciado en el epígrafe 3.7.

(2) El empuje de terreno a considerar en las combinaciones sísmicas (interviene CS) es el empuje al reposo (Largo Plazo).

4.1.3 Combinaciones ELS.

A continuación se muestra las combinaciones para los diferentes Estados Límites de Servicio, en base a la norma E.020:




0.4.4. Estructuras

013299

Art.	CM	CV	Cvi	CE(1)(2)	CL	CT	CS
28	1.00						
29	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	
30	1.00						0.70
31	0.75	0.75		0.75	0.75	0.75	0.525
32	0.75	0.75		0.75	0.75		
33	0.75						0.525
34	0.67	0.67		0.67	0.67	0.67	0.469

(1) Se considera Situación a Corto y a Largo Plazo según lo enunciado en el epígrafe 3.7.

(2) El empuje de terreno a considerar en las combinaciones sísmicas (interviene CS) es el empuje al reposo (Largo Plazo).

5. VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL.

Las diferentes estructuras y elementos estructurales se diseñan para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño por lo menos iguales a las resistencias requeridas, calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones anteriormente descritas.

Adicionalmente, se verifica que todas las estructuras y elementos estructurales garantizan un comportamiento adecuado bajo cargas de servicio. A tales efectos, se definen a continuación los criterios seguidos de deflexión y durabilidad.

Por último, se aportan los criterios seguidos para garantizar también la resistencia al fuego requerida durante 120 minutos.

5.1.1 Criterios de deflexión.
5.1.1.1 Losas de piso y techos.

Según establece A6-122.6, para las losas horizontales, la deflexión final debido a todas las cargase, medida desde el nivel bruto de colada de los soportes de pisos, techos y todos los otros miembros horizontales, se limita a la siguiente proporción: (luz libre) / 250.

5.1.1.2 Muros de contención.

Para los muros se establece la siguiente limitación de deformaciones, en función de la tipología de edificación existente en cada zona:

- Pantallas con edificios a mas de 20m, un desplazamiento permitido de 35mm
- Pantallas con edificios entre 10 y 20 metros, un desplazamiento permitido de 25mm.
- Pantallas con edificios entre 2 y 10 metros, un desplazamiento permitido de 20mm.

5.1.2 Durabilidad.

Se establecen los criterios de exposición y ancho de fisura según A6-18.2

5.1.2.1 Clases de exposición.

Clase + XC2 XA2 (ambiente húmedo de agresividad moderada): todas las estructuras en contacto con tierra.

Clase XC3 + XA1 (ambiente de humedad moderada y débil agresión): para las estructuras interiores.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO HUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





O.4.4. Estructuras

5.1.2.2 Ancho de las fisuras.

013300

Atendiendo a A6-18.2.12.2, el ancho máximo de fisura se calcula para que no sobrepase el valor máximo correspondiente definido en esta tabla para las dos clases de exposiciones consideradas:

Elemento	Ancho max. de las fisuras [mm]
Superficie de hormigón en directo contacto con el terreno/relleno	0,33
Elementos internos de hormigón	0,40

5.1.3 Resistencia a fuego.

En base a la norma A-130 – Requisitos de Seguridad (versión aprobada por el Comité Permanente de del RNE), el tiempo de resistencia al fuego será 120 minutos:

Tabla 44-1 TIEMPO DE RESISTENCIA AL FUEGO MÍNIMA PERMITIDA PARA LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES: PORTICOS, MUROS, ARCOS, LOSAS							
Uso de la edificación	Sistema de rociadores	Tiempo de resistencia al fuego mínimo en minutos para:					
		Sótanos		Pisos superiores			
		Profundidad del sótano más bajo (NPT)		Altura del piso superior sobre el nivel de descarga de ocupantes			
		> 10m	≤ 10m	≤ 5m	≤ 21m	≤ 60m	> 60m
	SI	NP	NP	90	120	180	NP
Líquidos inflamables y combustibles ⁽²⁾	NO	NP	NP	120	180	NP	NP
TRANSPORTE Y TELECOMUNICACIONES							
Edificaciones de transporte	NO	180	120	90	120	180	NP
	SI	120	90	60	90	120	180
Estaciones de radio y televisión	NO	180	120	90	120	180	NP
	SI	120	90	60	90	120	180
ESTACIONAMIENTOS VEHICULARES							
	NO	NP	NP	30	60	90	120
	SI	120	90	30	60	90	120
CUALQUIER EDIFICIO CUYO USO COMPLETO O PARCIAL NO HAYA SIDO DESCRITO EN ESTA TABLA							
	NO	180	120	90	120	180	NP
	SI	120	90	60	90	120	180

Para conseguir que la estructura se pueda clasificar como "Resistente al fuego" según la A-130 de junio de 2006, se aplicarán los recubrimientos mínimos indicados en el artículo 47 de dicha norma (han sido considerados en el apartado de definición de recubrimientos del presente documento).

6. MODELOS DE CÁLCULO.

En los apéndices correspondientes, se describen y muestran los distintos modelos de cálculo utilizados en función de los elementos a analizar.

7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

Adicionalmente a las ya mencionadas Especificaciones Técnicas del Concurso de Proyecto (Anexo 6, en adelante A6) utilizadas para establecer las bases del cálculo, para el diseño de elementos de hormigón y acero se tienen en cuenta las siguientes normas:

- Norma Peruana: "Reglamento Nacional de Edificaciones"
- Norma Euro (EN)

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO HUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL



[13700]

CONSORCIO
NUEVO METRO DE LIMA



0.4.4. Estructuras

- c) Norma ACI (USA)
- d) Norma ASTM (USA)
- e) Estándares internacionales, Códigos y otros.

013301

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



O.4.4. Estructuras



013302

<p>O.4.4</p> <p>Nº DOCUMENTO</p>	<p>O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A</p> <p>TIPO DE DOCUMENTO</p>
----------------------------------	--

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

O.4.4. ESTRUCTURAS

APÉNDICE 1. MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL. ESTACIÓN DE EVITAMIENTO

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL




O.4.2. Estructuras
Índice

013303

1	Introducción.....	1
2	Geometría de la estación.....	1
3	Parámetros geotécnicos.....	3
4	Dimensionamiento estructural.....	4
4.1	Propiedades de los materiales.....	4
4.1.1	Concreto.....	4
4.1.2	Acero de refuerzo.....	5
4.1.3	Recubrimiento mínimo de refuerzo.....	5
4.2	Estados de cargas.....	5
4.2.1	Cargas muertas y cargas vivas.....	5
4.2.2	Carga de tren.....	6
4.2.2.1	Cargas vivas verticales de tren.....	6
4.2.2.2	Cargas vivas horizontales de tren.....	6
4.2.2.3	Cargas dinámicas.....	7
4.2.3	Cargas térmicas.....	7
4.2.4	Viento.....	7
4.2.5	Carga sísmica.....	7
4.2.6	Construcción y montaje.....	8
4.2.7	Presión de tierra.....	8
4.2.8	Presión de agua.....	9
4.2.8.1	Empuje lateral y subpresión.....	9
4.2.9	Sobrecargas por edificación existente.....	10
4.3	Combinaciones de carga.....	10
4.3.1	Denominación de cargas.....	10
4.3.2	Combinaciones ELU.....	10
4.3.3	Combinaciones ELS.....	11
4.4	Verificación estructural.....	11
4.4.1	Criterios de deflexión.....	11
4.4.1.1	Losas de piso y techos.....	11
4.4.1.2	Muros de contención.....	12
4.4.2	Durabilidad.....	12
4.4.2.1	Clases de exposición.....	12
4.4.2.2	Ancho de las fisuras.....	12
4.4.3	Resistencia a fuego.....	12
4.5	Bibliografía y referencias.....	13
5	Dimensionamiento de pantallas.....	13
6	Pantallas tipo 1.....	13
6.1.1	Envoltente de esfuerzos.....	13
6.1.1.1	Momento flector de diseño.....	13
6.1.1.2	Momento flector de servicio.....	16
6.1.1.3	Esfuerzo cortante.....	18
6.1.2	Dimensionamiento del refuerzo.....	20
6.2	Pantallas tipo 2.....	33

 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL



O.4.2. Estructuras

6.2.1	Envolvente de esfuerzos.....	33
6.2.1.1	Momento flector de diseño.....	33
6.2.1.2	Momento flector de servicio.....	34
6.2.1.3	Esfuerzo cortante.....	35
6.2.2	Dimensionamiento del refuerzo.....	36
7	Dimensionamiento del dintel.....	46
7.1	Generalidades.....	46
7.2	Bases de cálculo.....	46
7.2.1	Cargas.....	46
7.2.2	Combinaciones.....	47
7.2.3	Modelo de cálculo.....	47
7.3	Esfuerzos de cálculo.....	47
7.3.1	Momento Y, cuantía inferior.....	48
7.3.2	Momento X, cuantía inferior.....	49
7.3.3	Momento Y, cuantía superior.....	50
7.3.4	Momento X, cuantía superior.....	51
7.3.5	Cortante total.....	52
7.4	Justificación de refuerzos.....	53
7.4.1	Metodología.....	53
7.4.2	Refuerzo transversal inferior (T.I).....	54
7.4.2.1	Estado Límite de Resistencia.....	54
7.4.2.2	Estado Límite de Servicio (fisuración).....	58
7.4.3	Refuerzo longitudinal inferior (L.I).....	61
7.4.3.1	Estado Límite de Resistencia.....	61
7.4.3.2	Estado Límite de Servicio (fisuración).....	66
7.4.4	Refuerzo transversal superior (T.S).....	68
7.4.4.1	Estado Límite de Resistencia.....	68
7.4.4.2	Estado Límite de Servicio (fisuración).....	73
7.4.5	Refuerzo longitudinal superior (L.S).....	75
7.4.5.1	Estado Límite de Resistencia.....	75
7.4.5.2	Estado Límite de Servicio (fisuración).....	78
7.4.6	Cortante.....	80
7.4.7	Punzonamiento.....	82
7.4.8	Zunchos y vigas.....	87





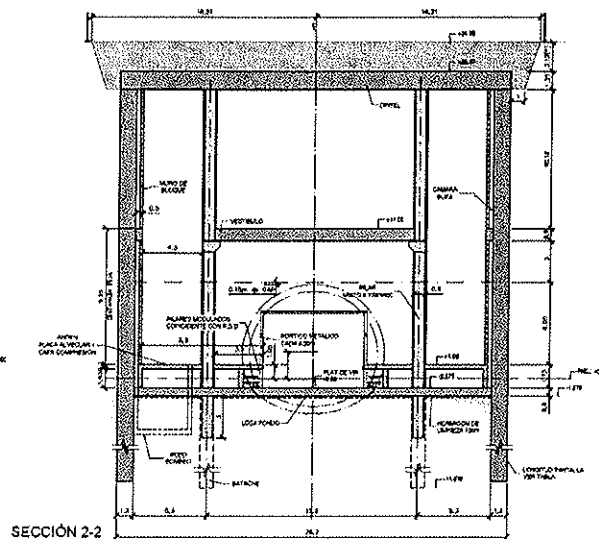
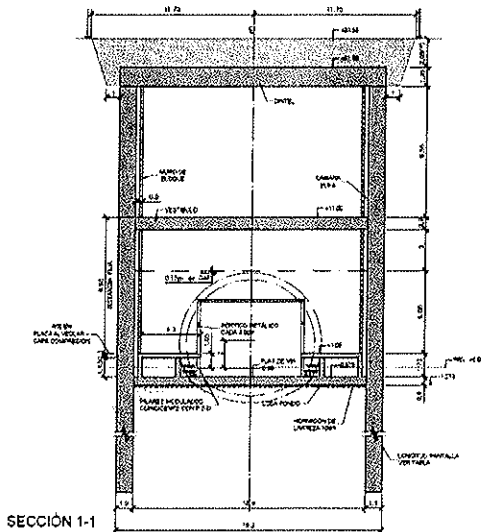
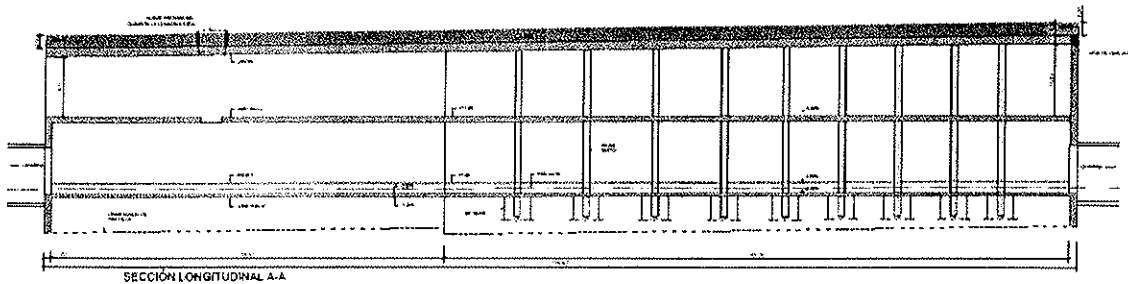
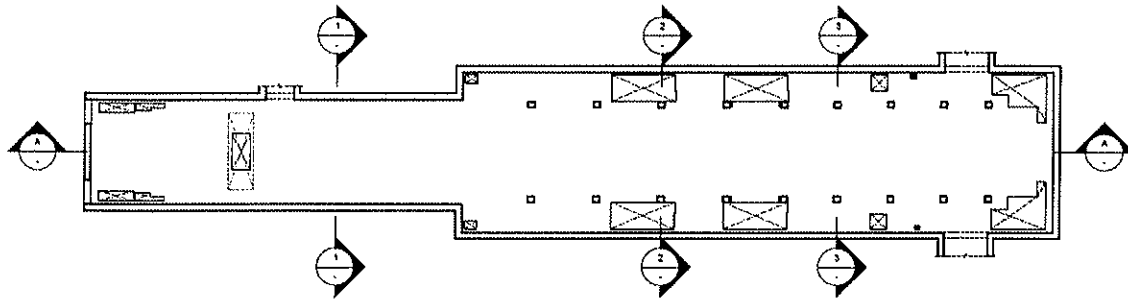
0.4.2. Estructuras

1 INTRODUCCIÓN.

El presente documento tiene como objeto definir el procedimiento de cálculo seguido para el dimensionamiento de los distintos tipos de pantallas y dintel de la Estación Evitamiento, incluida en el proyecto: "Construcción de la Línea 2 y Ramal Av. Faucett-Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao". Provincias de Lima y Callao. Región Lima.

2 GEOMETRÍA DE LA ESTACIÓN.

A continuación se muestra una serie de capturas para aclarar la geometría de la estación, la ubicación y extensión de las zonas con distinto gálibo horizontal así como las cotas en las que se encuentran los distintos niveles de forjado (dintel, vestíbulo y andén).

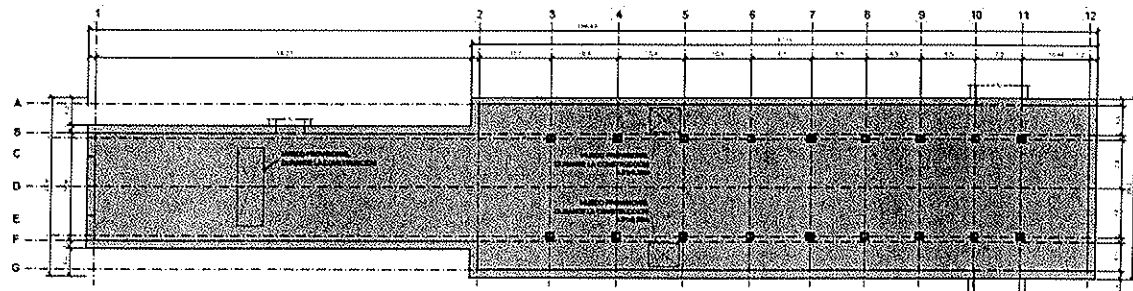
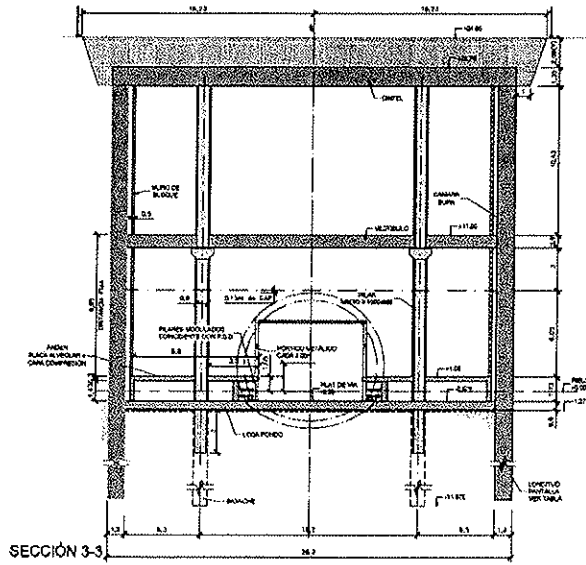


CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

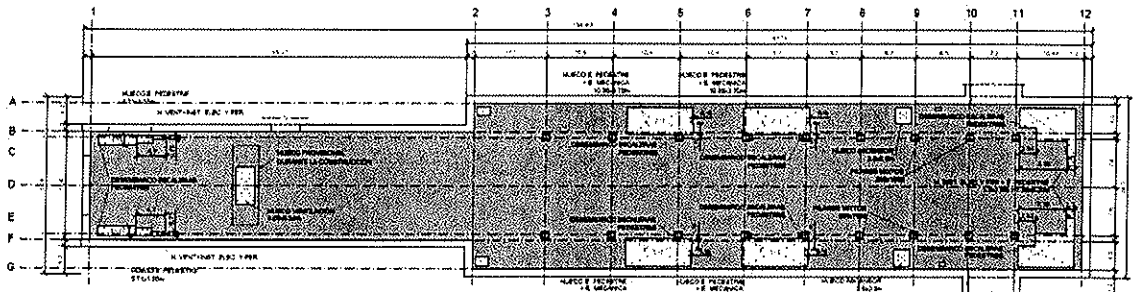




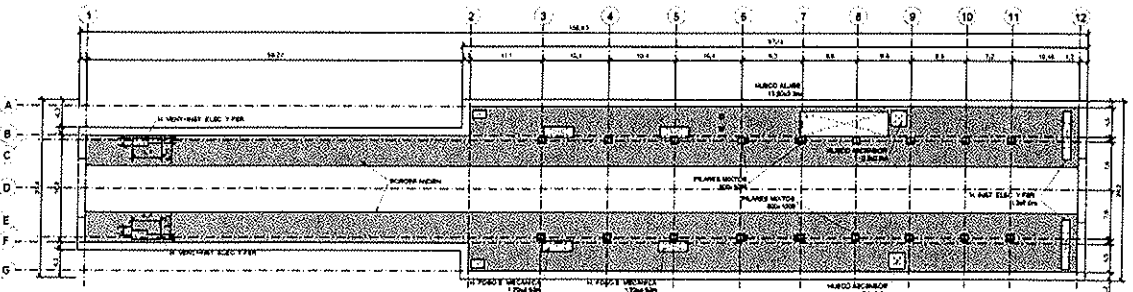
0.4.2. Estructuras



PLANTA LOSA DINTEL



PLANTA LOSA VESTIBULO



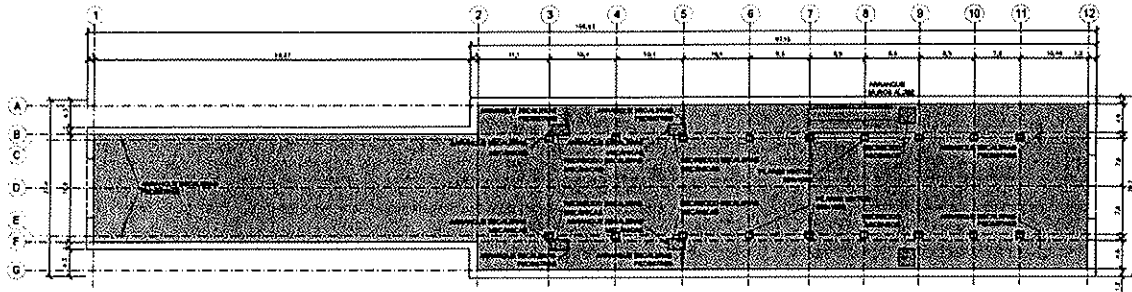
PLANTA LOSA ANDÉN

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASARE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

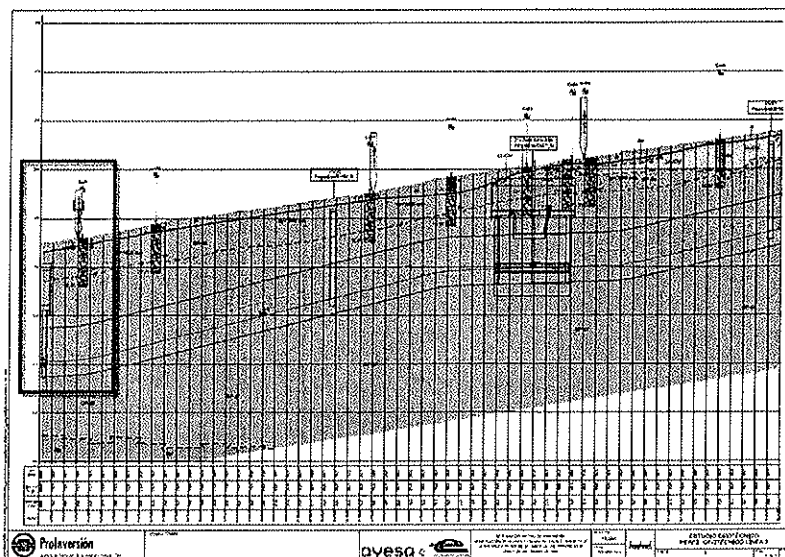
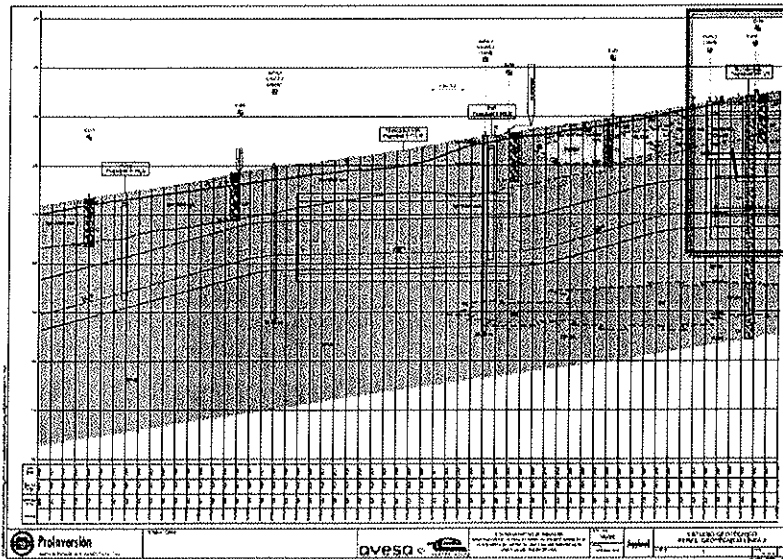


PLANTA LOSA BAJO ANDÉN

El gálibo horizontal entre pantallas en la estación Evitamiento puede ser de 16.80m en la zona de la sección 1 y 25.80m en la zona de las secciones 2 y 3.

3 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.

A partir del documento: 01_GEO_PERFIL_L2 en el que se muestra el perfil geotécnico de la línea 2, se identifica en la ubicación de la estación el perfil estratigráfico de dicho área para su identificación y caracterización.



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

El perfil estratigráfico considerado utilizado en el estudio y dimensionamiento de las pantallas es: (ver apartado 4.2.7)

R	16.7	6.7	0.331	0.531	3.546	0	28	0.33	0.33	3500
GP-S s	20	10	0.257	0.441	4.989	15	34	0.33	0.33	12500
GP-s f	22	12	0.206	0.371	6.869	32	39	0.33	0.33	55000

R	0	-2.00
GP-S s	-2.00	-4.10
GP-s f	-4.10	-43.80

4 DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL.

En el presente apartado se describen las bases de cálculo a considerar en el cálculo de las estructuras de las estaciones enterradas. Estas bases han sido redactadas siguiendo las Especificaciones Técnicas del Concurso de Proyecto (Anexo 6, en adelante A6).

4.1 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

Atendiendo a A6-18.2.8., se emplean los siguientes materiales para la construcción de las obras en hormigón reforzado.

4.1.1 Concreto.

Para su empleo en las distintas clases de obra y de acuerdo con su resistencia mínima a la compresión, determinada según la norma MTC E 704, se establecen las siguientes clases de concreto:

Clase	Resistencia mínima a la compresión a 28 días
Concreto pre y post tensado	
A	34,3 MPa (350 Kg/cm ²)
B	31,4 Mpa (320 Kg/cm ²)
Concreto reforzado	
C	27,4 MPa (280 Kg/cm ²)
D	20,6 MPa (210 Kg/cm ²)
E	17,2 MPa (175 Kg/cm ²)
Concreto simple	
F	13,7 MPa (140 Kg/cm ²)
Concreto ciclópeo	
G	17,2 MPa (175 Kg/cm ²)
H	13,7 MPa (140 Kg/cm ²)
	Se compone de concreto simple Clase E y F, y agregado ciclópeo, en proporción de 30% del volumen total, como máximo.

Clase de Concreto y Resistencia mínima a la Compresión, Normas MTC E 704

NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

4.1.2 Acero de refuerzo.

Para el diseño de hormigón reforzado se proyectan varillas corrugadas (ASTM A-706), como se puede observar en la siguiente tabla:

Grado	ASTM	f_y min (kg/cm ²)	f_y max (kg/cm ²)	f_u min (kg/cm ²)	f_u/f_y (min)
40	A 615	2,800	--	4,200	--
60	A 615	4,200	--	6,300	--
75	A 615	5,300	--	7,000	--
60	A 706	4,200	5,500	5,600	1.25

Calidades del acero de refuerzo que cubre la Normas ASTM

4.1.3 Recubrimiento mínimo de refuerzo.

Se atiende a lo establecido en A6-18.2.10.

El recubrimiento mínimo para el refuerzo no debe ser menor al mínimo entre el recubrimiento requerido por resistencia al fuego (de acuerdo con la Norma A.130 Requisitos de Seguridad) y los siguientes:

- a) Concreto vaciado contra el suelo o en contacto con agua de mar: 75 mm (3)
- b) Concreto expuesto a suelo o a la intemperie:
 - o Barras de diámetro 5/8" o menores 40 mm
 - o Barras de diámetro 3/4" o mayores 50 mm
- c) Concreto no expuesto al ambiente:
 - o Losas o aligerados
 - Barras de 1 11/16" y 2 1/4" 40 mm (2)
 - Barras de 1 3/8" y menores 30 mm (1) (*)
 - o Muros o muros de corte
 - Barras de 1 11/16" y 2 1/4" 40 mm (2)
 - Barras de 1 3/8" y menores 30 mm (1) (*)
 - o Vigas y columnas (*) 40 mm
 - o Cáscaras y láminas plegadas 30 mm (1) (*)

(*) El recubrimiento deberá medirse al estribo.

(1) Recubrimiento mínimo por fuego

(2) E.60 2009

(3) condicionado por pliego Anejo 6 – 6.20 – 3.5

4.2 ESTADOS DE CARGAS.

4.2.1 Cargas muertas y cargas vivas

Las cargas muertas y cargas vivas a aplicar en el cálculo de las estaciones según las Especificaciones Técnicas del Concurso (A6 - 18.1.3, 18.1.17), son las siguientes:

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

Pública	6	5	5
No públicas (oficinas, salas personal, baños, etc). No salas de máquinas.	6	3,5	5
Debajo de plataforma	2,5	10	10
Escaleras y rellanos	2,5	5	5
Salas de máquinas	2,5	10	10

013310

En el caso de las losas de techo, las cargas vivas uniformes se definen atendiendo a A6-18.1.3.2 c), y A6-18.1.16:

Bajo zonas verdes	$H \times 20 \text{ KN/m}^3$ ⁽¹⁾	10 ⁽²⁾⁽³⁾	100
Bajo vías con tráfico	$H \times 20 \text{ KN/m}^3$ ⁽¹⁾	20 ⁽²⁾	100

(1) Se considera un espesor mínimo de tierras de 2 m según norma OS.060 6.3.2. f5, y a A3-18.3.2

Se considera una densidad de tierras de 20 KN/m^3

(2) Aplicada en toda la superficie

(3) (3) Para los techos bajo zonas verdes, en caso de duda sobre futuro tráfico, se emplea la sobrecarga de 20 KN/m^2 para el cálculo.

4.2.2 Carga de tren

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL



4.2.2.1 *Cargas vivas verticales de tren*

Se ha considerado una carga vertical equivalente al tren de cargas de 750 kN/m^2 .

4.2.2.2 *Cargas vivas horizontales de tren*

No se consideran en losas apoyadas en el terreno, ya que no generarán ningún esfuerzo apreciable en la losa.



0.4.2. Estructuras

013311

4.2.2.3 Cargas dinámicas

Se obtiene usando, del lado de la seguridad, el valor más desfavorable de entre los obtenidos entre estos dos criterios:

EC 1-2 6.4:

(b) Para vías con mantenimiento normal:

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.73 \quad (6.5)$$

con $1.00 \leq \Phi_3 \leq 2.00$

Fórmula de Eisenmann:

As per Railway literature the impact load is dependent of the train speed and track quality.

The dynamic factor can therefore be calculated by Eisenmann formula :

$$r = t \cdot \varphi \cdot \left(1 + \frac{v - 60}{140}\right) = 2 \cdot 0.2 \cdot \left(1 + \frac{80 - 60}{140}\right) = 0.46$$

Where :

t: multiplication factor of standard deviation = 2 :

φ: factor depending of track quality = 0.2 (good quality) :

v: train speed = 80 km/h.

4.2.3 Cargas térmicas

No se consideran al tratarse de una estructura enterrada.

4.2.4 Viento

No se consideran al tratarse de una estructura enterrada.

4.2.5 Carga sísmica

Se aplica la formulación de Word siguiendo:

- o Carga uniforme de valor: $\Delta Pd' = \alpha \cdot S \cdot Y \cdot H$

A continuación se justifican los parámetros a adoptar para la definición del valor de la carga:

- o Se adopta como valor de $ag/g=Z=0.40$ al encontrarse predominantemente la línea de metro en Zona 3.
- o En base al Anexo I04-GEN-GEO-I-001-2.docx, en el cual se recoge una microzonificación de Lima y alrededores, se concluye que en el peor de los caso el suelo se clasifica como S2, de manera que el factor de suelo, $S=1.20$
- o En la formulación de Wood, se entiende el valor de H, como la altura del marco enterrado. Del lado de la seguridad, se considerara la diferencia de alturas entre el TN y la máxima excavación.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL

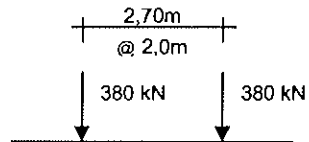


0.4.2. Estructuras



4.2.6 Construcción y montaje

Dado el proceso constructivo planteado, en el que la tuneladora cruza las estaciones en vacío apoyada en la losa de fondo, se considera un tren de cargas correspondiente a dos cargas puntuales de 380 kN separadas 2.70m entre sí en el sentido transversal, y cada 2.00m en el sentido longitudinal:



4.2.7 Presión de tierra

Los empujes de tierras se consideran en el cálculo a partir de los parámetros geotécnicos que se indican a continuación. Al tratarse de material granular, no existe distinción de estos parámetros entre el corto y el largo plazo.

R	RELLENOS	Relleno, mezcla de suelos poco compactados y contaminados.	15.2	16.7	0	28	0.3	17	-	3,500
CL/CM	ARCILLAS Y LIMOS	Arcilla inorgánica de baja a media plasticidad y limo inorgánico de baja plasticidad.	13.25	17.38	8	26	0.25	23	-	10,000
SM	ARENA	Arenas limosas.	14.6	16.95	5	30	0.3	35	-	12,000
GP-S	GRAVA	Grava pobremente graduada con arena, arcilla y limo, y con arena limosa y arcillosa.	19	20	15	34	0.3	42	-	12,500
GP-S f	GRAVA	Grava pobremente graduada con arena, arcilla y limo, y con arena limosa y arcillosa.	21	22	32	39	0.3	183	10,000-15,000	55,000
D	ARCILLAS Y LIMOS	Dioritas y tonalitas	-	-	-	-	-	-	-	-

Parámetros Recomendados.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

R	16.7	6.7	0.331	0.531	3.546	0	28	0.33	0.33	3500
CL/CM	17.38	7.38	0.359	0.562	3.19	8	26	0.33	0.33	10000
SM	16.95	6.95	0.305	0.500	3.955	5	30	0.33	0.33	12000
GP-S s	20	10	0.257	0.441	4.989	15	34	0.33	0.33	12500
GP-s f	22	12	0.206	0.371	6.869	32	39	0.33	0.33	55000

Parámetros RIDO.

Se entiende como corto plazo (CP), las acciones derivadas del proceso constructivo. Estas acciones se obtiene de un modelo de Winkler en el que las leyes de empujes de obtienen en cada fase. A CP no se considera los efectos derivados de la acción sísmica, y si se considera la acción de las sobrecargas y cargas permanentes en el trasdós de las pantallas. Las leyes de esfuerzos que se derivan de estos empujes deben ser asumidas, íntegramente, por las pantallas (muros colados / diafragmas).

A largo plazo (LP) para el material granular presente en la traza, se considera un empuje de tierras en reposo, atendiendo a A6-18.1.14. Este empuje se considera actuando sobre la sección teórica conjunta y terminada (A6-19.2.1). En esta fase se considera la posible actuación del sobre-empuje sísmico.

4.2.8 Presión de agua

4.2.8.1 Empuje lateral y subpresión

Según A6-18.1.14, se considera el empuje de agua en los muros laterales y una subpresión en la losa de fondo calculado con un peso unitario de 10 KN/m³, para una posición de nivel freático definido según el siguiente criterio:

- Si el nivel freático, dado por la información disponible, se encuentra a nivel del suelo o hasta una profundidad de 3 m por debajo del nivel natural del suelo; se considerará para el diseño, un nivel freático que coincide con el nivel del terreno natural.
- Si de la información disponible se demuestra la ausencia de nivel freático o su presencia a una profundidad tal que no influya en las obras permanentes (profundidades mayores a 2L donde L es la profundidad de la obra interesada), podrá considerarse para el diseño la ausencia de dicho nivel freático.

De acuerdo con esto, las estaciones en las que aparezca nivel freático (estaciones húmedas) se calculan con presión de agua desde cota de terreno natural. Las estaciones sin nivel freático (estaciones secas) se calculan sin empuje de aguas.

En las estaciones húmedas se realizan las pertinentes comprobaciones de flotabilidad.

Para ello sólo se considera como acción estabilizadora el peso propio de la estructura, el rozamiento con el terreno, el relleno sobre el techo (si existe en la fase de comprobación) descontando 1 m), y del concreto de la primera vía (si existe en la fase de comprobación) descontando 1 m). Como acción desestabilizadora se considera la subpresión.

La comprobación de flotabilidad se realiza para situaciones temporales y permanentes.

La comprobación realizada es (según Eurocódigo 7):

- 0,9x Fuerzas estabilizadoras > 1,0x Fuerzas desestabilizadoras

A la tangente del ángulo de rozamiento efectivo se le aplica un coeficiente de seguridad de 1,25.





0.4.2. Estructuras

4.2.9 Sobrecargas por edificación existente

Se aplica una carga de 50 KN/m² en el trasdós de las pantallas para tener en cuenta el efecto de la edificación existente. En el caso de que no exista actualmente edificación y se tenga constancia de que no puede existir en el futuro, se aplicará una sobrecarga de 20 KN/m².

4.3 COMBINACIONES DE CARGA.

De acuerdo con A6-18.1.20, se adoptan las combinaciones definidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, con las observaciones que se indican a continuación.

4.3.1 Denominación de cargas

A continuación se presenta la simbología que adopta la norma peruana para la designación de cargas.

- CM=D Peso Propios y Cargas Muertas.
- CV=L Sobrecargas de Uso. Cargas Vivas, incluida la Nieve.
- Cvi=W Carga de Viento.
- CS=E Carga Sísmica.
- CE Empuje de Suelos, incluido el Agua.
- CL Empuje de Líquidos de altura bien definida.
- CT=T Temperatura, Fluencia, Retracción, Asientos....

Se indican las nomenclaturas que usan las normas E.60 y E.20, que denominan de diferente forma a las mismas acciones (Nombre E.60 = Nombre E.20). Las cargas CE y CL no aparecen explícitamente como cargas muertas o sobrecargas en E.20, sino como "Otras Cargas".

4.3.2 Combinaciones ELU.

A continuación se recogen las combinaciones asociadas a los estados límites últimos, tanto para ELU SIN SISMO como ELU CON SISMO. Se basan en lo establecido para ELU en la norma E.60. No obstante, el RNE está orientado a edificación sobre rasante, de manera que no contemple la simultaneidad de la acción sísmica con los empuje CE y CL.

Por ello, se completa en base a las normas (ENV-UNE y AASHTO) a las que hace referencia las Especificaciones Técnicas Prestacionales:

9.2.1	1.40	1.70					
9.2.2	1.25	1.25	1.25	1.25			
	1.25	1.25	-1.25	1.25			
	0.90		1.25				
	0.90		-1.25				
9.2.3	1.25	1.25		1.25			1.00
	1.25	1.25		1.25			-1.00
	0.90						1.00

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





O.4.2. Estructuras

	0.90						-1.00
9.2.5	1.40	1.70		1.70			
	0.90			1.70			
9.2.6	1.40	1.70			1.40		
9.2.9	1.05	1.25		1.25		1.05	
	1.40					1.40	

- (1) Se considera Situación a Corto y a Largo Plazo según lo enunciado en el epígrafe 3.7.
 (2) El empuje de terreno a considerar en las combinaciones sísmicas (interviene CS) es el empuje al reposo (Largo Plazo).

4.3.3 Combinaciones ELS.

A continuación se muestra las combinaciones para los diferentes Estados Límites de Servicio, en base a la norma E.020:

28	1.00						
29	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	
30	1.00						0.70
31	0.75	0.75		0.75	0.75	0.75	0.525
32	0.75	0.75		0.75	0.75		
33	0.75						0.525
34	0.67	0.67		0.67	0.67	0.67	0.469

- (3) Se considera Situación a Corto y a Largo Plazo según lo enunciado en el epígrafe 3.7.
 (4) El empuje de terreno a considerar en las combinaciones sísmicas (interviene CS) es el empuje al reposo (Largo Plazo).

4.4 VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL.

Las diferentes estructuras y elementos estructurales se diseñan para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño por lo menos iguales a las resistencias requeridas, calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones anteriormente descritas.

Adicionalmente, se verifica que todas las estructuras y elementos estructurales garantizan un comportamiento adecuado bajo cargas de servicio. A tales efectos, se definen a continuación los criterios seguidos de deflexión y durabilidad.

Por último, se aportan los criterios seguidos para garantizar también la resistencia al fuego requerida durante 120 minutos.

4.4.1 Criterios de deflexión.

4.4.1.1 Losas de piso y techos.

Según establece A6-122.6, para las losas horizontales, la deflexión final debido a todas las cargase, medida desde el nivel bruto de colada de los soportes de pisos, techos y todos los otros miembros horizontales, se limita a la siguiente proporción: (luz libre) / 250.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

4.4.1.2 Muros de contención.

Para los muros se establece la siguiente limitación de deformaciones, en función de la tipología de edificación existente en cada zona:

- Pantallas con edificios a más de 20m, un desplazamiento permitido de 35mm
- Pantallas con edificios entre 10 y 20m, un desplazamiento permitido de 25mm.
- Pantallas con edificios entre 2 y 10m, un desplazamiento permitido de 20mm.

4.4.2 Durabilidad.

Se establecen los criterios de exposición y ancho de fisura según A6-18.2

4.4.2.1 Clases de exposición.

Clase + XC2 XA2 (ambiente húmedo de agresividad moderada): todas las estructuras en contacto con tierra.

Clase XC3 + XA1 (ambiente de humedad moderada y débil agresión): para las estructuras interiores.

4.4.2.2 Ancho de las fisuras.

Atendiendo a A6-18.2.12.2, el ancho máximo de fisura se calcula para que no sobrepase el valor máximo correspondiente definido en esta tabla para las dos clases de exposiciones consideradas:

Superficie de hormigón en directo contacto con el terreno/relleno	0,33
Elementos internos de hormigón	0,40

4.4.3 Resistencia a fuego.

En base a la norma A-130 – Requisitos de Seguridad (versión aprobada por el Comité Permanente de del RNE), el tiempo de resistencia al fuego será 120 minutos:

Tabla 44-1							
TIEMPO DE RESISTENCIA AL FUEGO MÍNIMA PERMITIDA PARA LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES: PORTICOS, MUROS, ARCOS, LOSAS							
Uso de la edificación	Sistema de rociadores	Tiempo de resistencia al fuego mínimo en minutos para:					
		Sótanos		Pisos superiores			
		Profundidad del sótano más bajo (NPT)		Altura del piso superior sobre el nivel de descarga de ocupantes			
		> 10m	≤ 10m	≤ 5m	≤ 21m	≤ 60m	> 60m
	SI	NP	NP	90	120	180	NP
Líquidos inflamables y combustibles ⁽¹⁾	NO	NP	NP	120	180	NP	NP
	SI	NP	NP	90	120	180	NP
TRANSPORTE Y TELECOMUNICACIONES							
Edificaciones de transporte	NO	180	120	90	120	180	NP
	SI	120	90	60	90	120	180
Estaciones de radio y televisión	NO	180	120	90	120	180	NP
	SI	120	90	60	90	120	180
ESTACIONAMIENTOS VEHICULARES							
CUALQUIER EDIFICIO CUYO USO COMPLETO O PARCIAL NO HAYA SIDO DESCRITO EN ESTA TABLA	NO	180	120	90	120	180	NP
	SI	120	90	60	90	120	180

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

Para conseguir que la estructura se pueda clasificar como "Resistente al fuego" según la A-130 de junio de 2006, se aplicarán los recubrimientos mínimos indicados en el artículo 47 de dicha norma (han sido considerados en el apartado de definición de recubrimientos del presente documento).

4.5 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

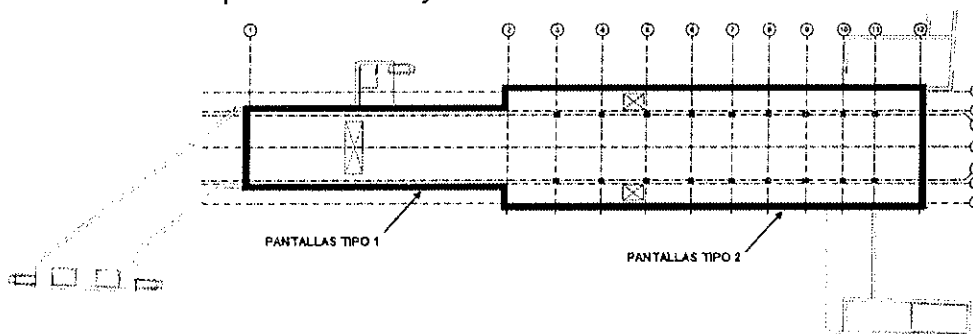
Adicionalmente a las ya mencionadas Especificaciones Técnicas del Concurso de Proyecto (Anexo 6, en adelante A6) utilizadas para establecer las bases del cálculo, para el diseño de elementos de hormigón y acero se tienen en cuenta las siguientes normas:

- a) Norma Peruana: "Reglamento Nacional de Edificaciones"
- b) Norma Euro (EN)
- c) Norma ACI (USA)
- d) Norma ASTM (USA)
- e) Estándares internacionales, Códigos y otros.

5 DIMENSIONAMIENTO DE PANTALLAS.

Como puede observarse en la siguiente imagen, se considera dos tipologías de pantalla según su ubicación.

- o Pantalla tipo 1: sección 1.
- o Pantalla tipo 2: sección 2 y 3.



6 PANTALLAS TIPO 1.

Se ha realizado el estudio de esta tipología de pantalla en dos secciones distintas. Es por ello por lo que se presenta dos envolventes de esfuerzos para cada caso.

6.1.1 Envolvente de esfuerzos.

6.1.1.1 Momento flector de diseño.

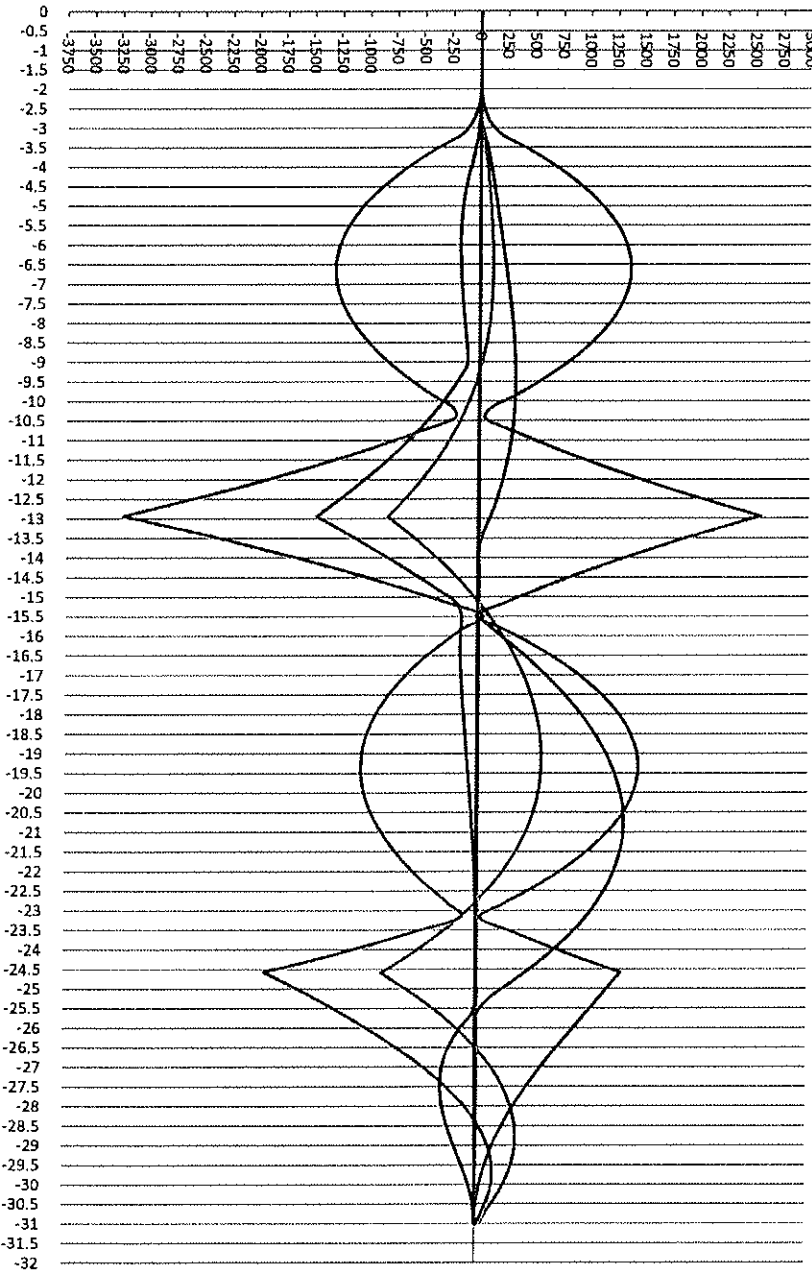
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

013318



- M+ corto plazo
- M+ largo plazo
- M+ largo plazo y sismo
- M- corto plazo
- M- largo plazo

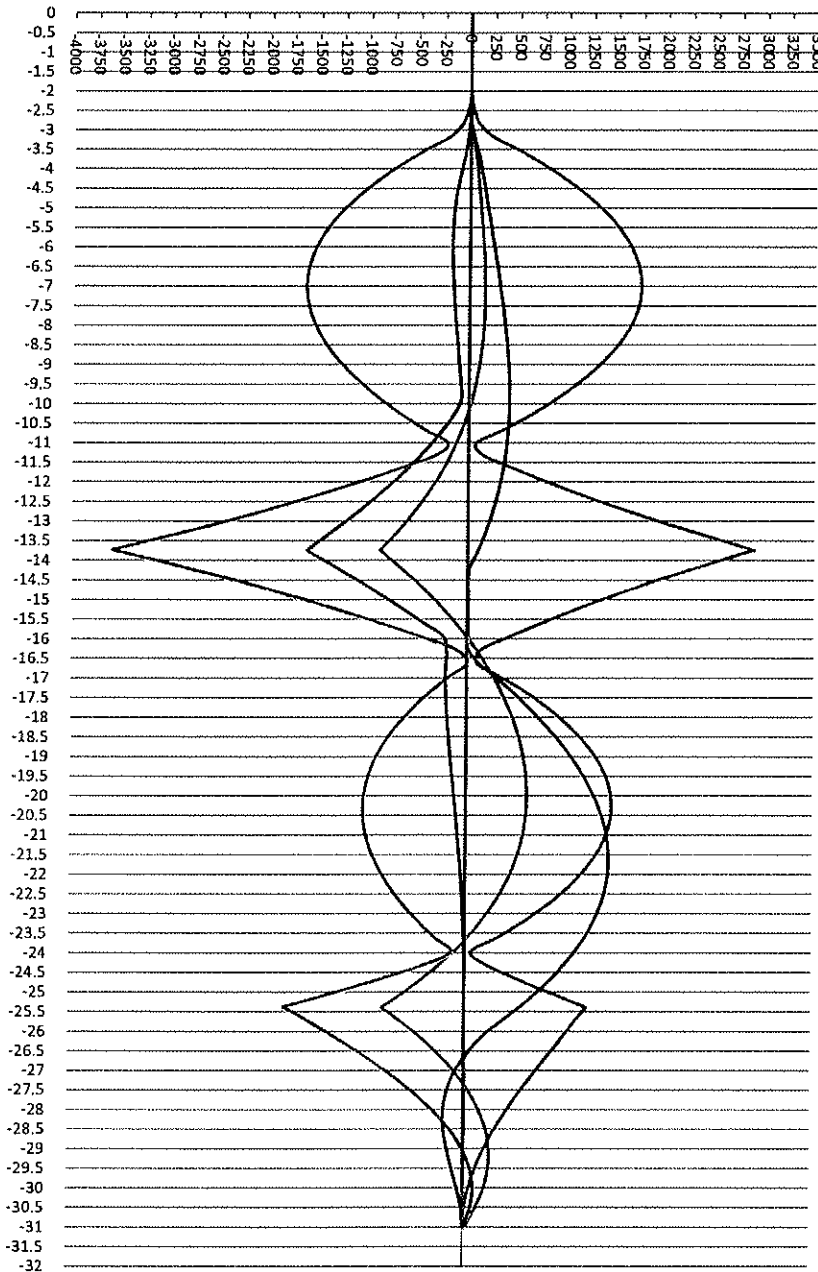
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

013319



- M+ corto plazo
- M+ largo plazo
- M+ largo plazo y sismo
- M- corto plazo
- M- largo plazo

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

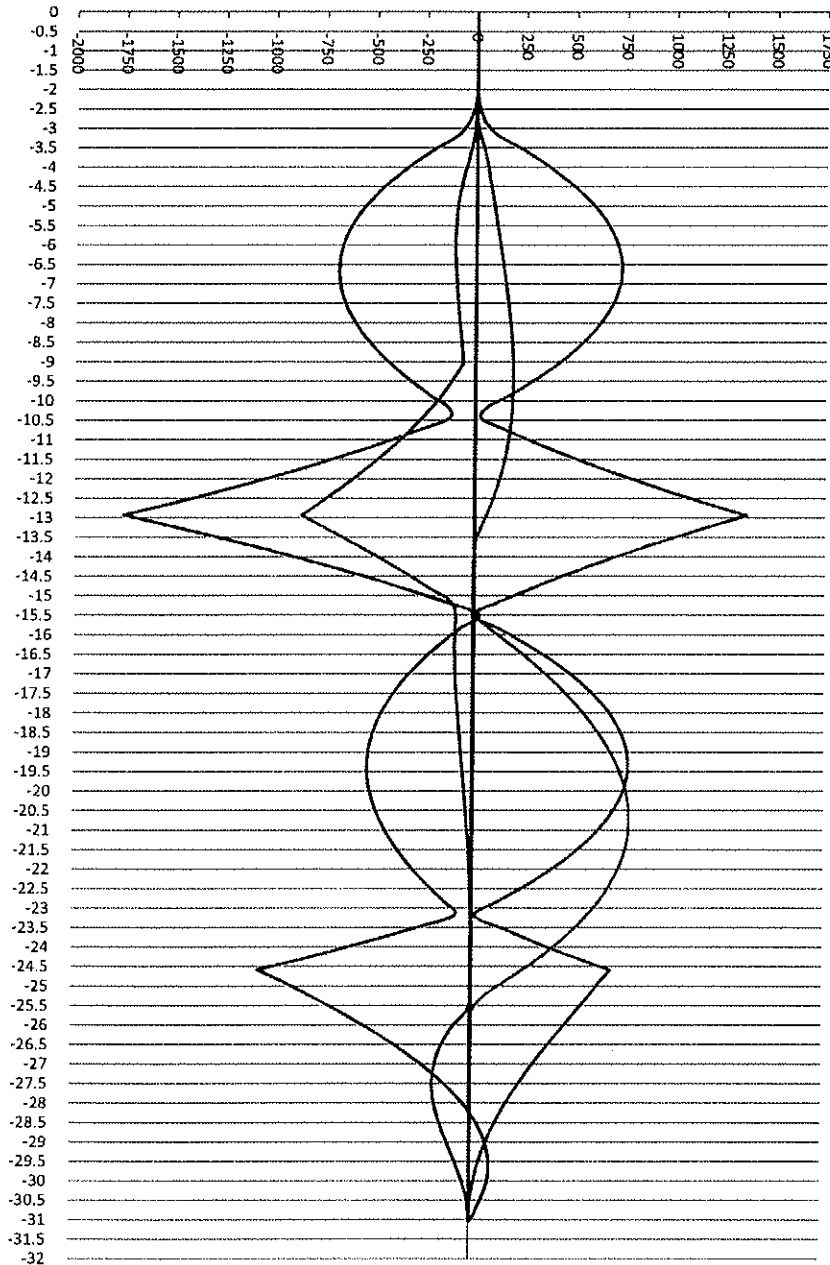




0.4.2. Estructuras

6.1.1.2 Momento flector de servicio.

013320



- M+ largo plazo
- - - M- largo plazo
- M+ corto plazo
- · - · M- corto plazo

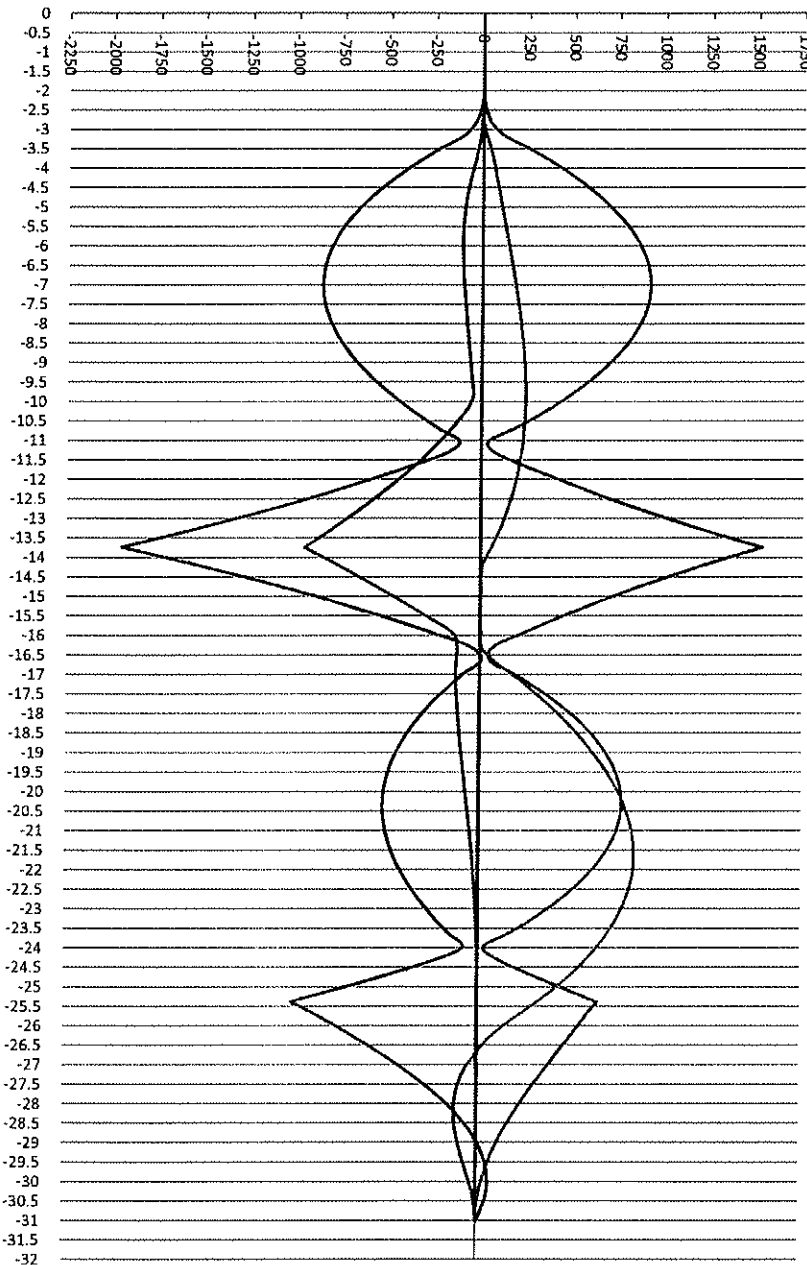
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASADE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

013321



- M+ largo plazo
- M- largo plazo
- M+ corto plazo
- M- corto plazo

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

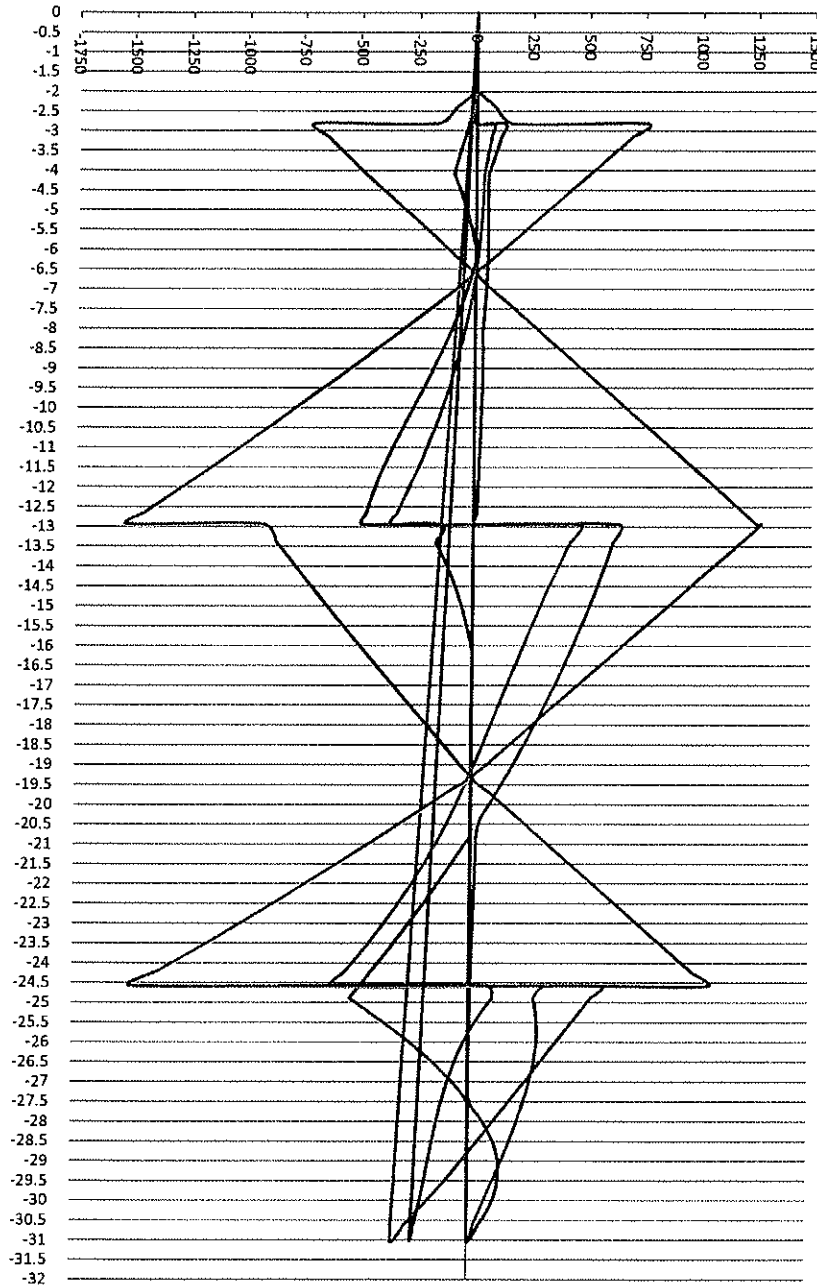




0.4.2. Estructuras

6.1.1.3 Esfuerzo cortante.

013322



- V+ corto plazo
- V+ largo plazo
- V+ largo plazo y sismo
- V- corto plazo
- V- largo plazo

[Handwritten signature]

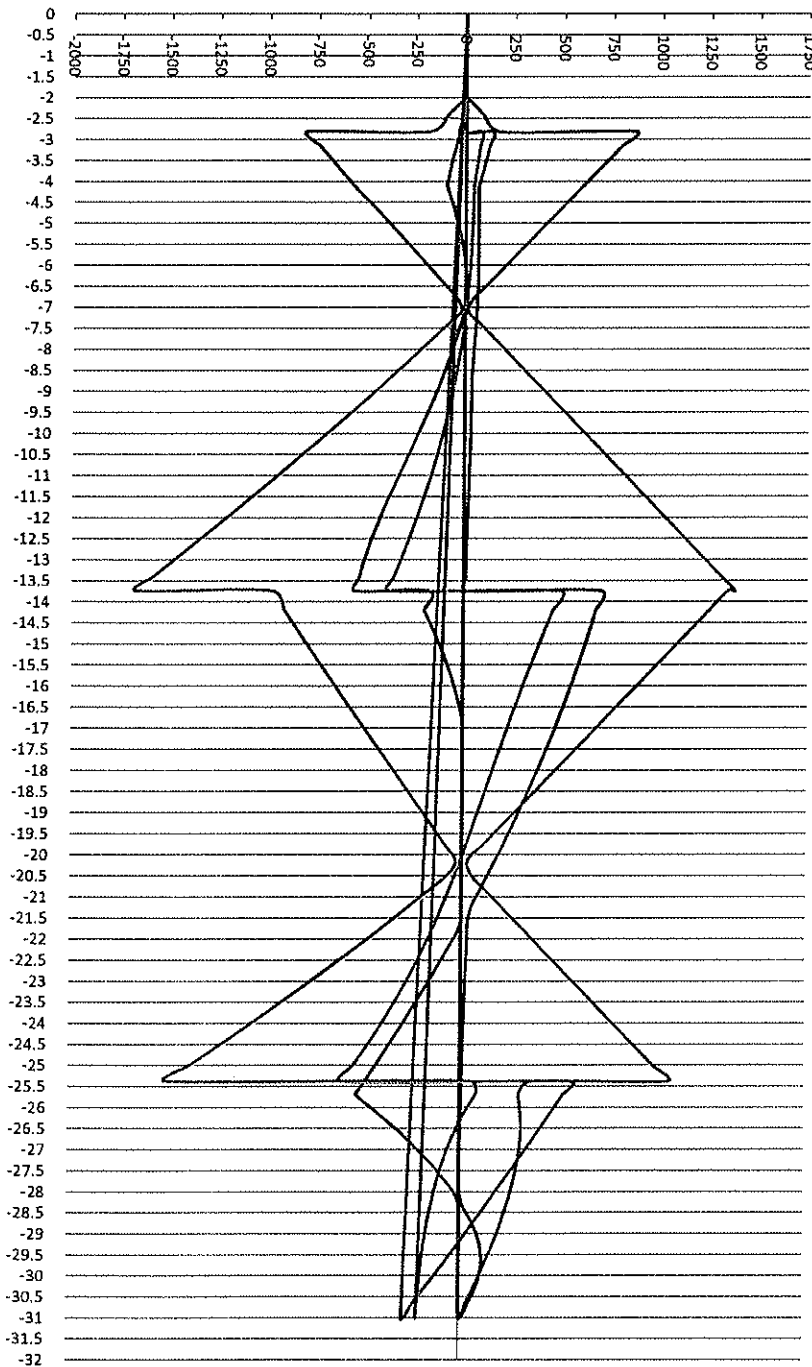
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

013323



- V+ corto plazo
- V+ largo plazo
- V+ largo plazo y sismo
- V- corto plazo
- V- largo plazo
- V- largo plazo y sismo

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

013324

6.1.2 Dimensionamiento del refuerzo

- Refuerzo: 10 ϕ 25pmi:

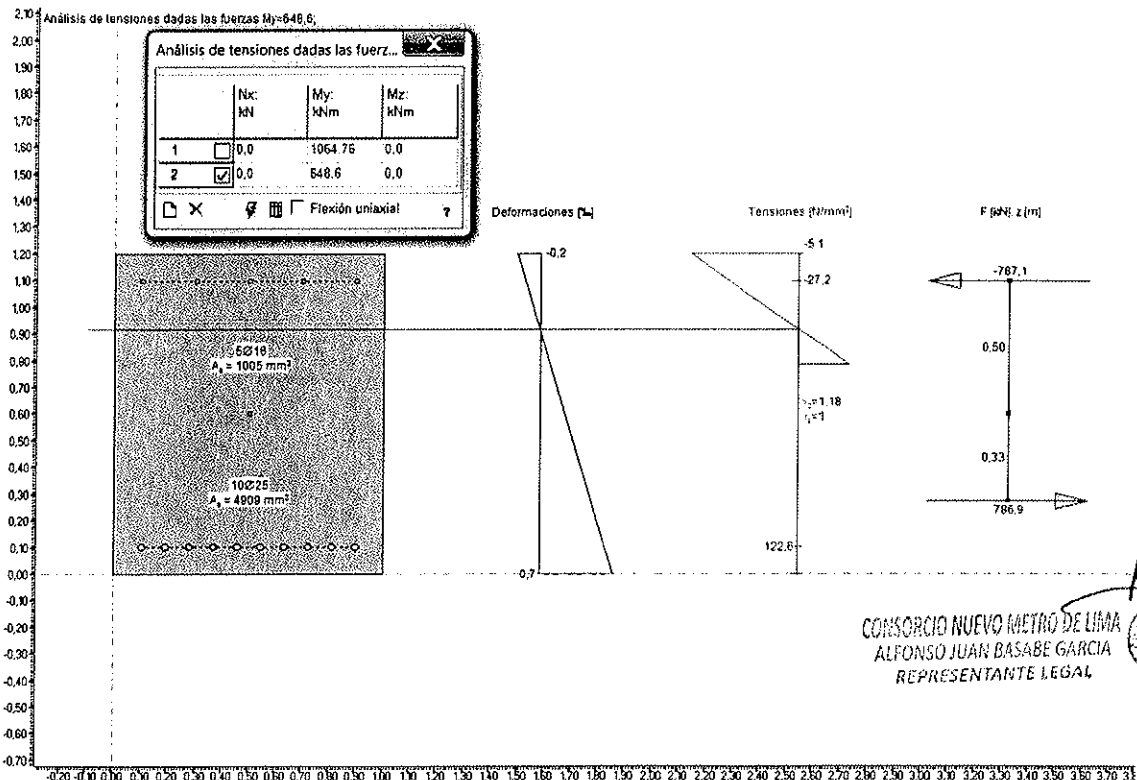
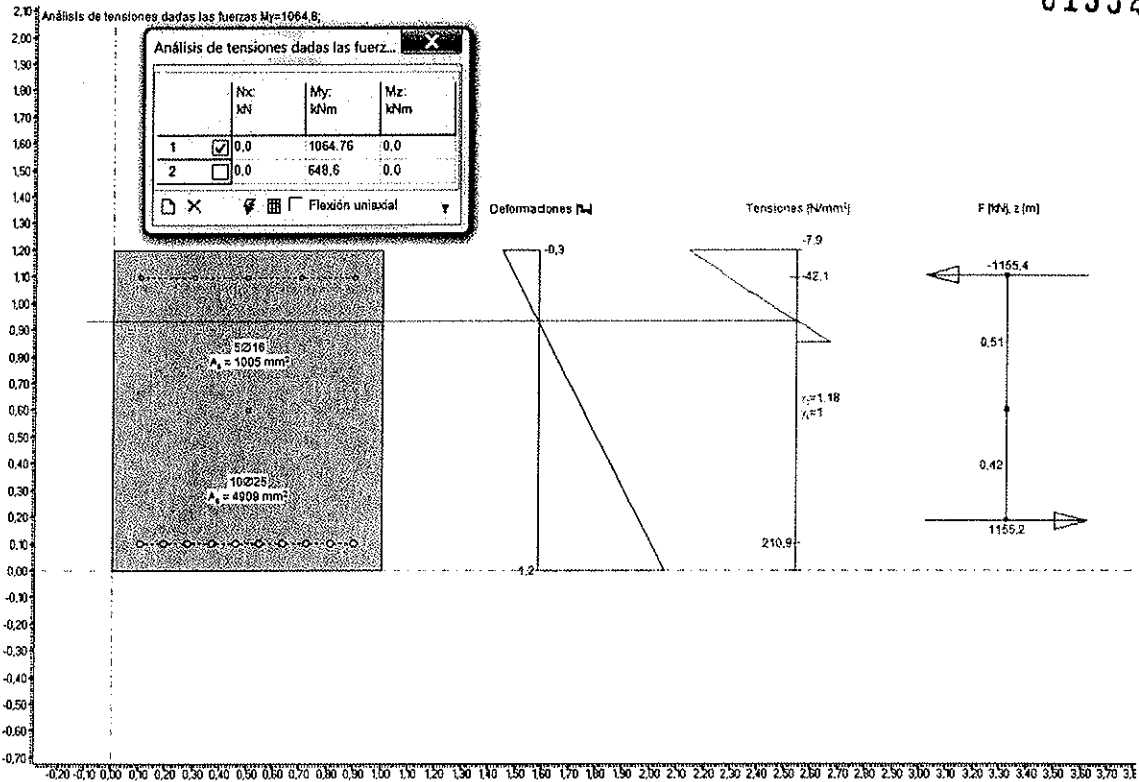
COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	2187586880 N-mm
	ϕ Mn	1968,83 kN-m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1200 mm
Cuantía de la Armadura a Tracción	ρ	0,45%
Resistencia del Acero de Armas	fy	420 MPa
Resistencia del Hormigón	fc	25 MPa
Tamaño del Arido del Hormigón	a	16 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	0,9
Armadura Dispuesta en Primera Capa	ϕ 1ª	25 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1ª	10
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	ϕ 2ª	25 mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2ª	10
Recurbimiento de las Armaduras	r	10 mm
Separación entre Capas	sep.capas	0 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	0 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	ϕ cerco	16 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Traccionada	do	98,5 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1101,5 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	4908,74 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	1,803 N/mm ²
- Procedemos a Obtener las fibra Neutra (c) y la ϵ_t		
Fibra Neutra	c	112,59 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1101,5 mm
	c/d	0,1022 -
	c/d*	0,1022 -
Deformación a Tracción	ϵ_t	26,349 ‰
		0,026
Armadura a Tracción	ρ	0,45%
	ρ^*	0,52%
	β_1	0,836
- Armadura Mínima de ACI		
	As,min	36,717 cm ²
	ρ s.min	0,333%

 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL




0.4.2. Estructuras



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



0.4.2. Estructuras

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224. APARTADO 4.2.3.2. APLICACIÓN DEL EUROCÓDIGO2

Ancho de la Fisura de Diseño	wk	0,21 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	e.sm	0,000698152
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuantes	Srm	175,414 mm
Coefficiente de Carga	β	1,7
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	$\sigma.s$	210,9 N/mm ²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	$\sigma.sr$	122,6 N/mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	β_1	1
Coefficiente de Cargas	β_2	1
Módulo de Deformación del Acero	Es	200000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d.b	25 mm
Cuantía efectiva	p.l	1,993%
Armadura de Tracción	As	4908,74 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A.ct	246250 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras.	k1	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k2	0,5

Según la ecuación (4-14) se puede estimar el A.s,min

	A.s,min	1234,46 mm ²
	kc	0,74
	k	1
R11.2.1.1	fct,eff	3 N/mm ²
	Act	246250 mm ²
	$\sigma.s$	239,38 N/mm ²
	Sep.Maxima	250 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

- Refuerzo: 10 ϕ 32pml:

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

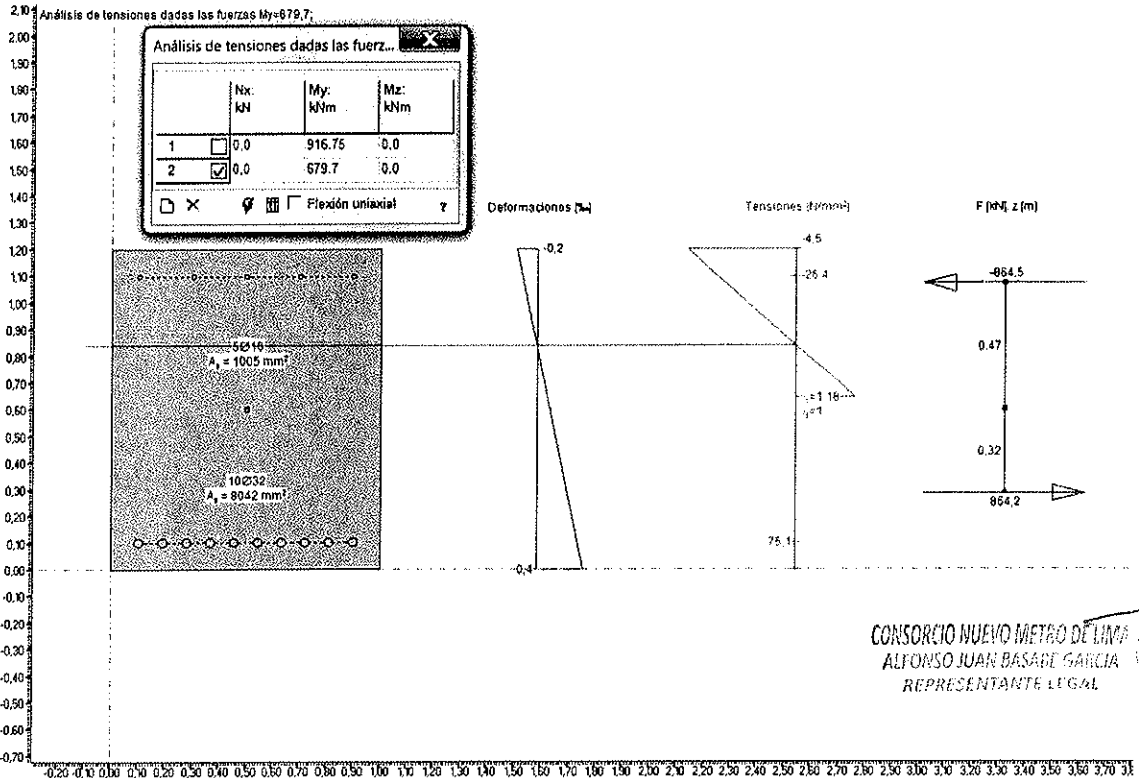
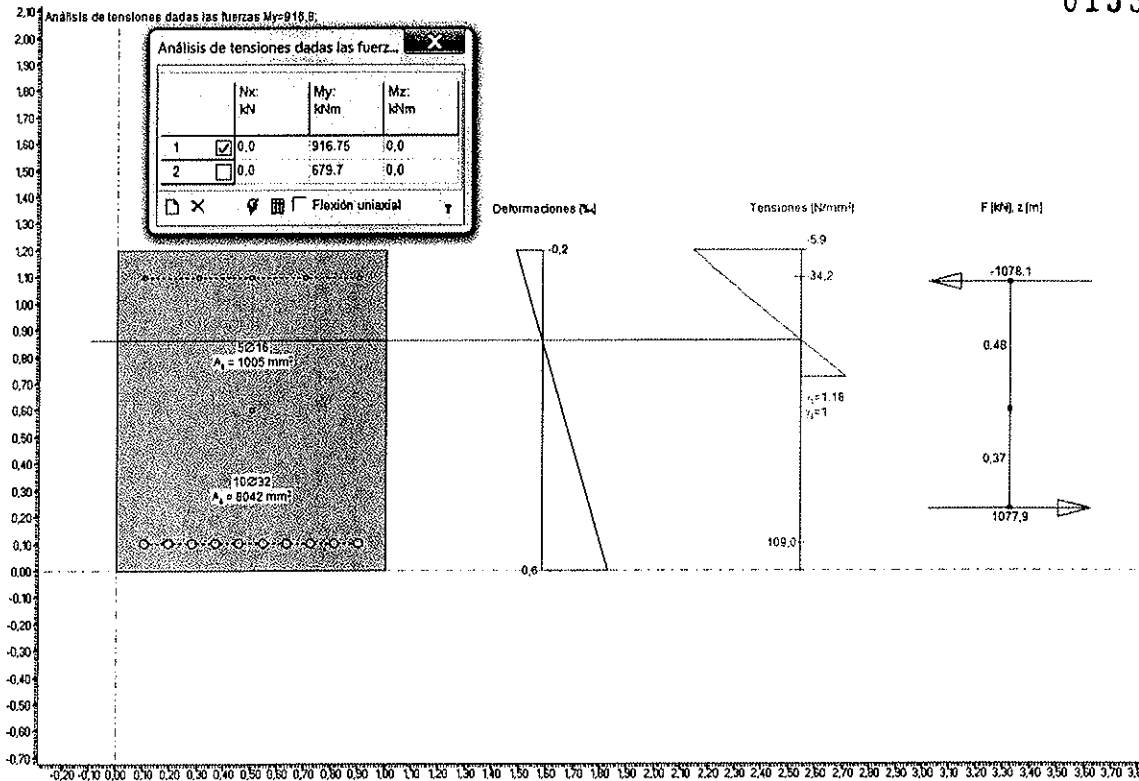
Momento Nominal	Mn	3485147098 N·mm
	ϕ Mn	3136,63 kN·m
Ancho de la Sección	b	
Canto de la Sección	h	
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	
Resistencia del Acero de Armas	fy	
Resistencia del Hormigón	f'c	
Tamaño del Arido del Hormigón	a	
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	
Armadura Dispuesta en Primera Capa	ϕ 1º	
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	ϕ 2º	
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	
Recurbimiento de las Armaduras	r	
Separación entre Capas	sep.capas	
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	0 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	ϕ cerco	16 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Traccionada	do	102 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1098 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	8042,48 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	2,891 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la ϵ_t		
Fibra Neutra	c	155,52 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1098 mm
	c/d	0,1416 -
	c/d*	0,1416 -
Deformación a Tracción	ϵ_t	18,181 ‰ 0,018
Armadura a Tracción	ρ	0,73%
	ρ^*	0,72%
	β_1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	As,min	36,600 cm ²
	ρ s,min	0,333%

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





O.4.2. Estructuras



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASADI GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL




0.4.2. Estructuras

FISURACIÓN SEGUN ACI 224 APARTADO 4.2.3.2 APLICACION DEL EUROCODIGO2

Ancho de la Fisura de Diseño	wk	0,07 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	ϵ_{sm}	0,000286284
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuantes	S _{rm}	151,461 mm
Coefficiente de Carga	β	1,7
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	σ_s	109 N/mm ²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	σ_{sr}	75,1 N/mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	β_1	1
Coefficiente de Cargas	β_2	1
Módulo de Deformación del Acero	E _s	200000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d.b	32 mm
Cuantía efectiva	p.l	3,154%
Armadura de Tracción	A _s	8042,48 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A _{ct}	255000 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras.	k ₁	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k ₂	0,5
Según la ecuación (4-14) se puede estimar el A _{s,min}	A _{s,min}	1912,50 mm ²
	k _c	0,4
	k	1
	f _{ct,eff}	3 N/mm ²
	A _{ct}	255000 mm ²
	σ_s	160,00 N/mm ²
	Sep.Maxima	300 mm

R11.2.1.1


 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL




O.4.2. Estructuras

- Refuerzo: 10 ϕ 32pml + 10 ϕ 25pml:

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn ϕ Mn	5267689327 N-mm 4740,92 kN-m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1200 mm
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	1,17%
Resistencia del Acero de Armas	f_y	475 MPa
Resistencia del Hormigón	f_c	25 MPa
Tamaño del Arido del Hormigón	a	16 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	0,8
Armadura Dispuesta en Primera Capa	$\phi 1^\circ$	10 ϕ 32
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	10
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	$\phi 2^\circ$	10 ϕ 25
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	10
Recurbimiento de las Armaduras	r	10 mm
Separación entre Capas	sep.capas	32 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	60,5 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	ϕ cerco	16 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Tractionada	do	124,930564 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1075,069436 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	12951,22 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	4,558 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra {c} y la ϵ_t		
Fibra Neutra	c	248,43 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1075,069436 mm
	c/d	0,2311 -
	c/d*	0,2311 -
Deformación a Tracción	ϵ_t	9,983 ‰
		0,010
Armadura a Tracción	ρ	1,20%
	ρ^*	1,17%
	β_1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	As,min	35,836 cm ²
	ρ s.min	0,333%

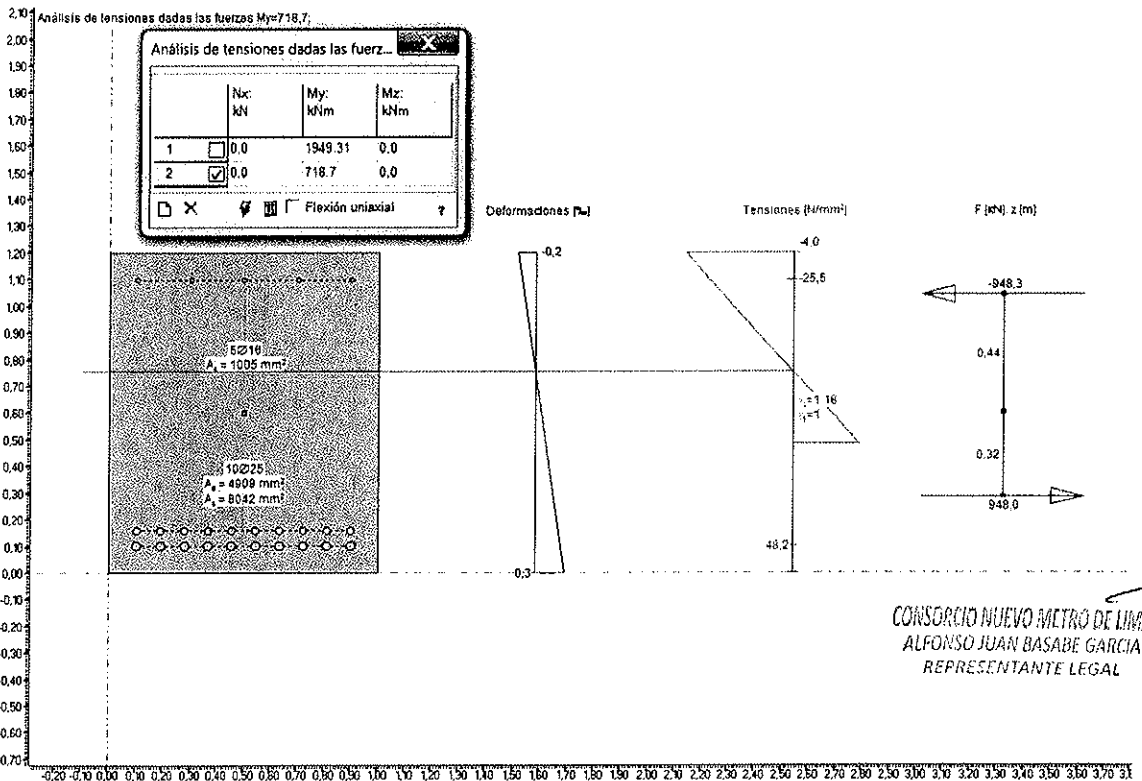
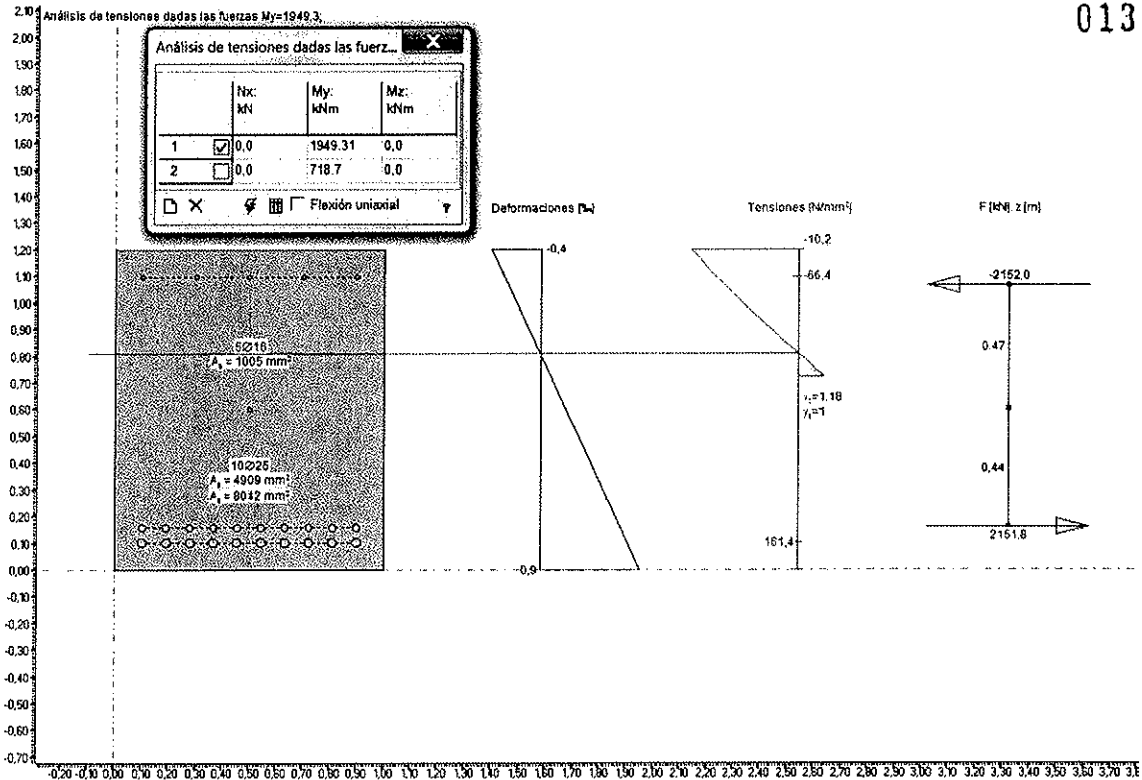

 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

013331



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224 - APARTADO 4.2.3.2. APLICACIÓN DEL EUROCODIGO 2

Ancho de la Fisura de Diseño	wk	0,15 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	e.sm	0,000735029
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuantes	Srm	119,246 mm
Coefficiente de Carga	β	1,7
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	$\sigma.s$	161,4 N/mm ²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	$\sigma.sr$	48,2 N/mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	β_1	1
Coefficiente de Cargas	β_2	1
Módulo de Deformación del Acero	Es	200000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d.b	28,71410803 mm
Cuantía efectiva	$\rho.l$	4,147%
Armadura de Tracción	A.s	12951,22 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A.ct	312326,4099 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras.	k1	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k2	0,5

Según la ecuación (4-14) se puede estimar el A.s,min

	A.s,min	2342,45 mm ²
	kc	0,4
	k	1
R11.2.1.1	fct,eff	3 N/mm ²
	Act	312326,4099 mm ²
	$\sigma.s$	160,00 N/mm ²
	Sep.Maxima	300 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL




0.4.2. Estructuras

 - Refuerzo: 10 ϕ 25pml + 10 ϕ 25pml:

013333

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

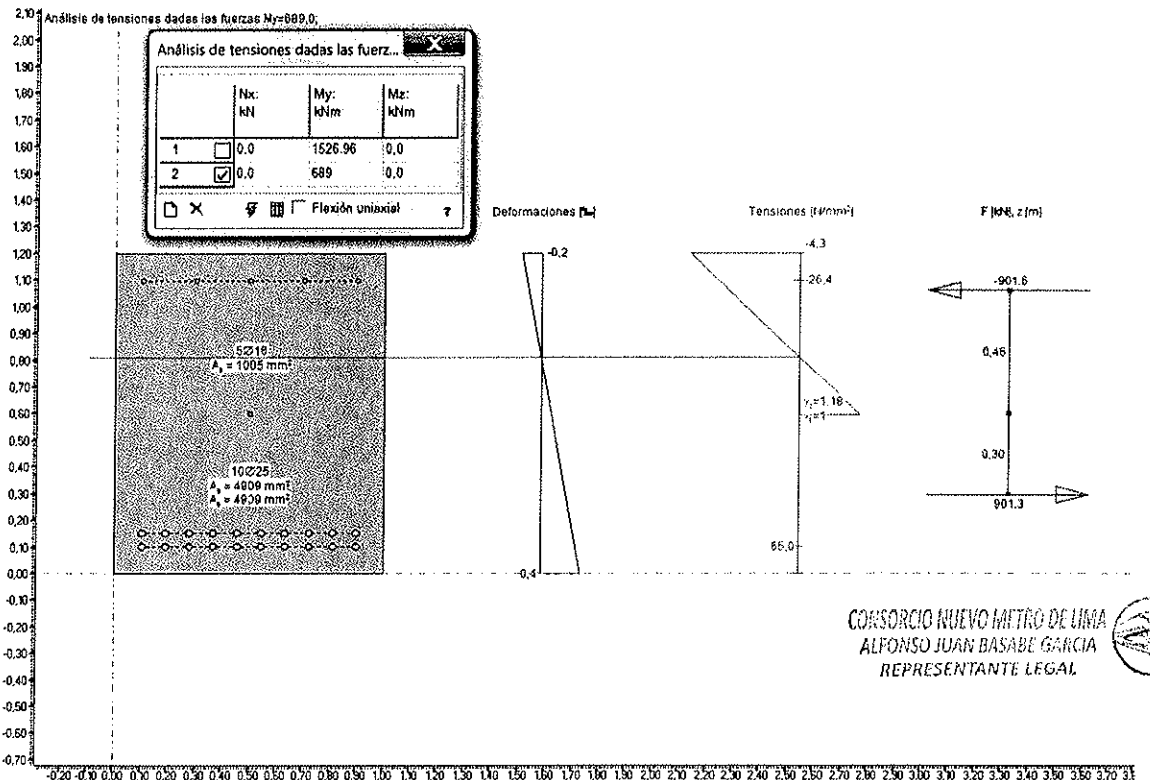
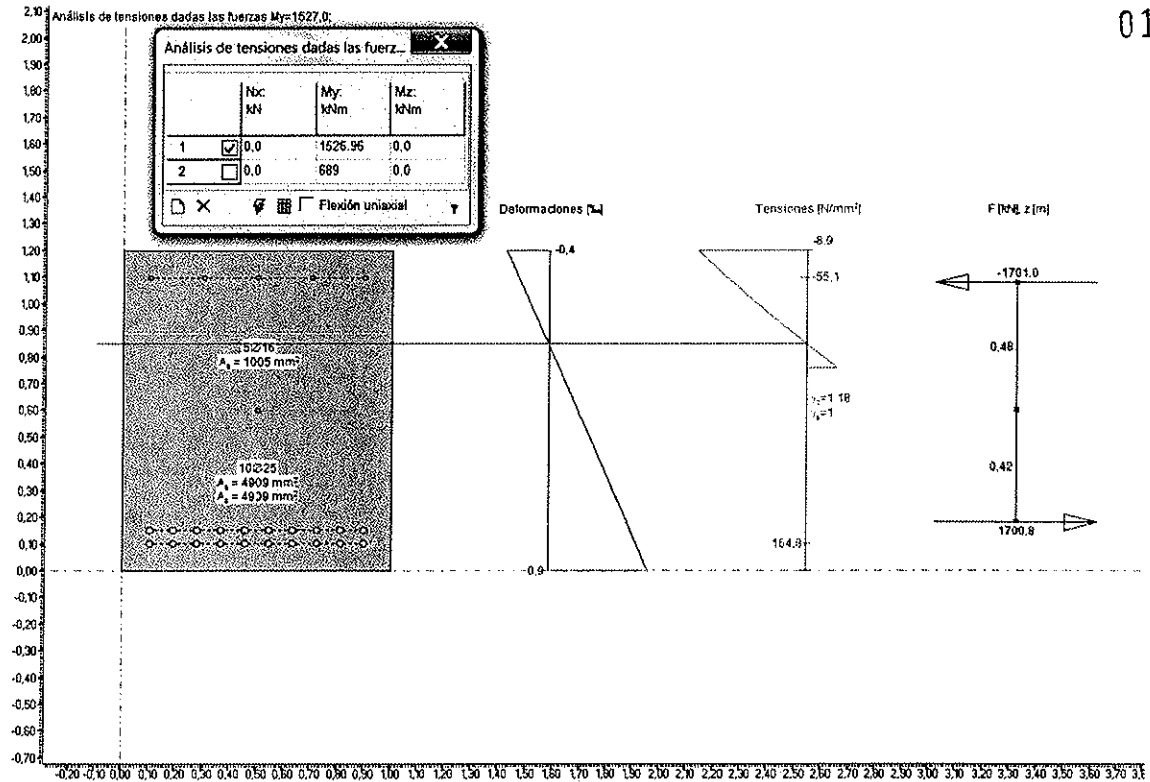
Momento Nominal	Mn	4104579939 N-mm
	ϕ Mn	3694,12 kN-m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1200 mm
Cuantía de la Armadura a Tracción	ρ	
Resistencia del Acero de Armas	f_y	
Resistencia del Hormigón	f_c	
Tamaño del Árido del Hormigón	a	
Coficiente Reductor de Flexión	ϕ	
Armadura Dispuesta en Primera Capa	$\phi 1^\circ$	
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	$\phi 2^\circ$	
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	
Recubrimiento de las Armaduras	r	
Separación entre Capas	sep.capas	25,4 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	50,4 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	ϕ cerco	16 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Traccionada	do	123,7 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1076,3 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	9817,48 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	3,543 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la ϵ_t		
Fibra Neutra	c	200,84 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1076,3 mm
	c/d	0,1866 -
	c/d*	0,1866 -
Deformación a Tracción	ϵ_t	13,077 ‰
		0,013
Armadura a Tracción	ρ	0,91%
	ρ^*	0,95%
	β_1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	As,min	35,877 cm ²
	ρ s.min	0,333%

 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL




0.4.2. Estructuras

013334



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224 APARTADO 4.2.3.2. APLICACIÓN DEL EUROCÓDIGO 2

Ancho de la Fisura de Diseño	wk	0,15 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	e.sm	0,000695814
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuantes	Srm	128,750 mm
Coefficiente de Carga	β	1,7
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	$\sigma.s$	164,8 N/mm²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	$\sigma.sr$	65 N/mm²
Coefficiente de Tipologías de Barras	β_1	1
Coefficiente de Cargas	β_2	1
Módulo de Deformación del Acero	Es	200000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d.b	25 mm
Cuantía efectiva	p.l	3,175%
Armadura de Tracción	As	9817,48 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A.act	309250 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras.	k1	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k2	0,5

Según la ecuación (4-14) se puede estimar el A.s,min

	A.s,min	1550,29 mm ²
	kc	0,4
	k	1
R11.2.1.1	fct,eff	3 N/mm ²
	Act	309250 mm ²
	$\sigma.s$	239,38 N/mm ²
	Sep.Maxima	250 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

- Refuerzo transversal: 4 ramas $\phi 10$ a 20 por metro de batache (para un refuerzo de $10\phi 25\text{pml}$)

COMPROBACIÓN A CORTANTE

Valor Máximo de $\sqrt{f'c}$	$\sqrt{f'c}$	5,477 N/mm ²
Valor de Relación de Densidades	λ	1
Resistencia del Concreto a Cortante	Vc	1025,64 kN
	(11-3)	
Armadura de Cortante Mínima	$A_{v,min}/S$	8,085 cm ² /m
		0,809 mm ² /mm
Resistencia a Tracción del Acero	f_{yt}	420 N/mm ²
Cortante Mínimo Resistido por el $A_{v,min}/S$	$V_{s,min}$	374,06 kN
Diámetro del Cerco de Cortante	ϕ_{cerco}	10 mm
Nº de Ramas a Colocar en un Mismo Plano	N. ramas	4 uds
Separación entre Ramas	S. ramas	20 cm
Armadura Colocada a Cortante	Acortante	15,71 cm ² /m
		1,570796327 mm ² /mm
Cortante Resitido por el Armado de Cortante-ACERO	V_s	726,70 kN
Factor de Resistencia por Cortante	ϕ	0,75
Cortante Total Resistido	$\phi(V_c+V_s)$	1314,25 kN
Cortante Total Resistido	$\phi(V_c)$	769,23 kN
Cortante Total Resistido	$\phi(V_s)$	545,02 kN

- Refuerzo transversal: 6 ramas $\phi 12$ a 20 por metro de batache (para un refuerzo de $10\phi 25\text{pml}$)

COMPROBACIÓN A CORTANTE

Valor Máximo de $\sqrt{f'c}$	$\sqrt{f'c}$	5,477 N/mm ²
Valor de Relación de Densidades	λ	1
Resistencia del Concreto a Cortante	Vc	1025,64 kN
	(11-3)	
Armadura de Cortante Mínima	$A_{v,min}/S$	8,085 cm ² /m
		0,809 mm ² /mm
Resistencia a Tracción del Acero	f_{yt}	420 N/mm ²
Cortante Mínimo Resistido por el $A_{v,min}/S$	$V_{s,min}$	374,06 kN
Diámetro del Cerco de Cortante	ϕ_{cerco}	12 mm
Nº de Ramas a Colocar en un Mismo Plano	N. ramas	6 uds
Separación entre Ramas	S. ramas	20 cm
Armadura Colocada a Cortante	Acortante	33,93 cm ² /m
		3,392920066 mm ² /mm
Cortante Resitido por el Armado de Cortante-ACERO	V_s	1569,67 kN
Factor de Resistencia por Cortante	ϕ	0,75
Cortante Total Resistido	$\phi(V_c+V_s)$	1946,48 kN
Cortante Total Resistido	$\phi(V_c)$	769,23 kN
Cortante Total Resistido	$\phi(V_s)$	1177,25 kN

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN DASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL



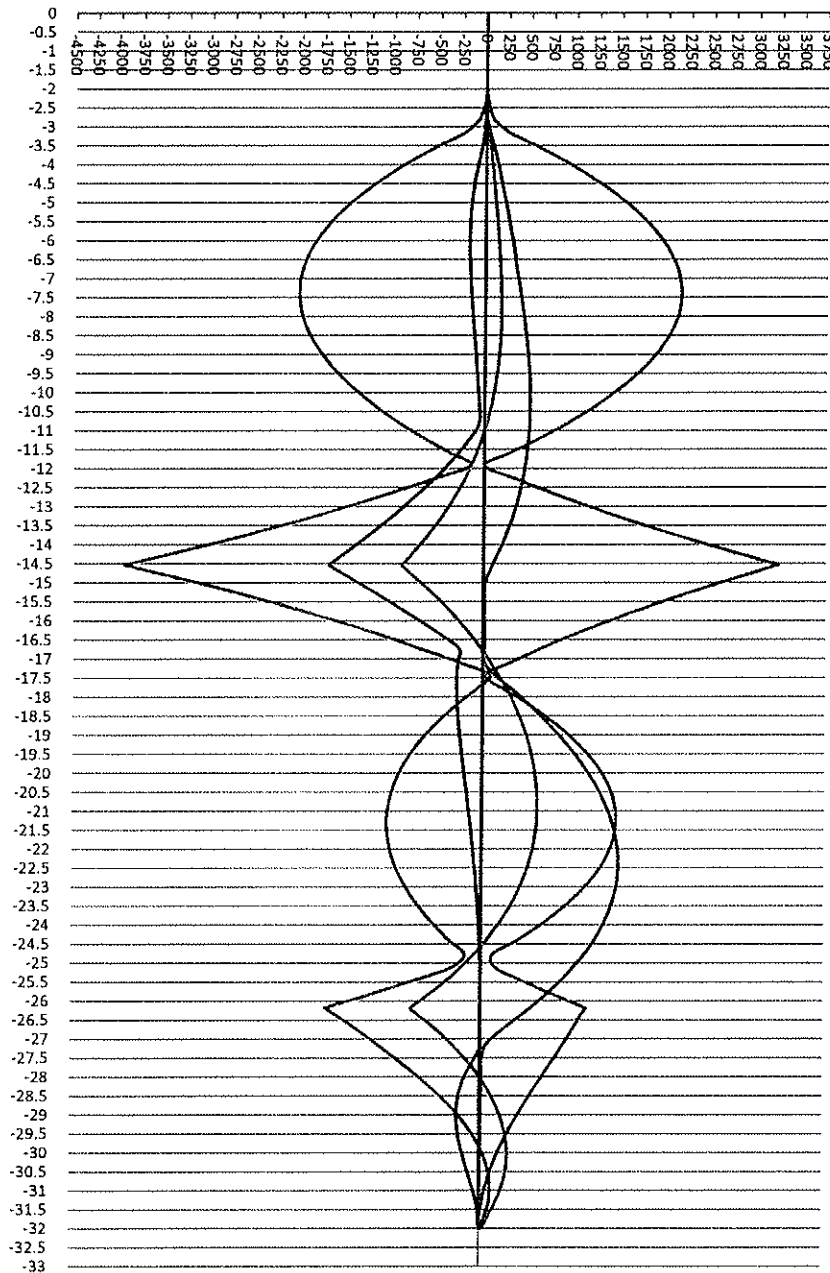
0.4.2. Estructuras

013337

6.2 PANTALLAS TIPO 2.

6.2.1 Envolvente de esfuerzos.

6.2.1.1 *Momento flector de diseño.*



- M+ corto plazo
- M+ largo plazo
- M+ largo plazo y sismo
- M- corto plazo
- M- largo plazo

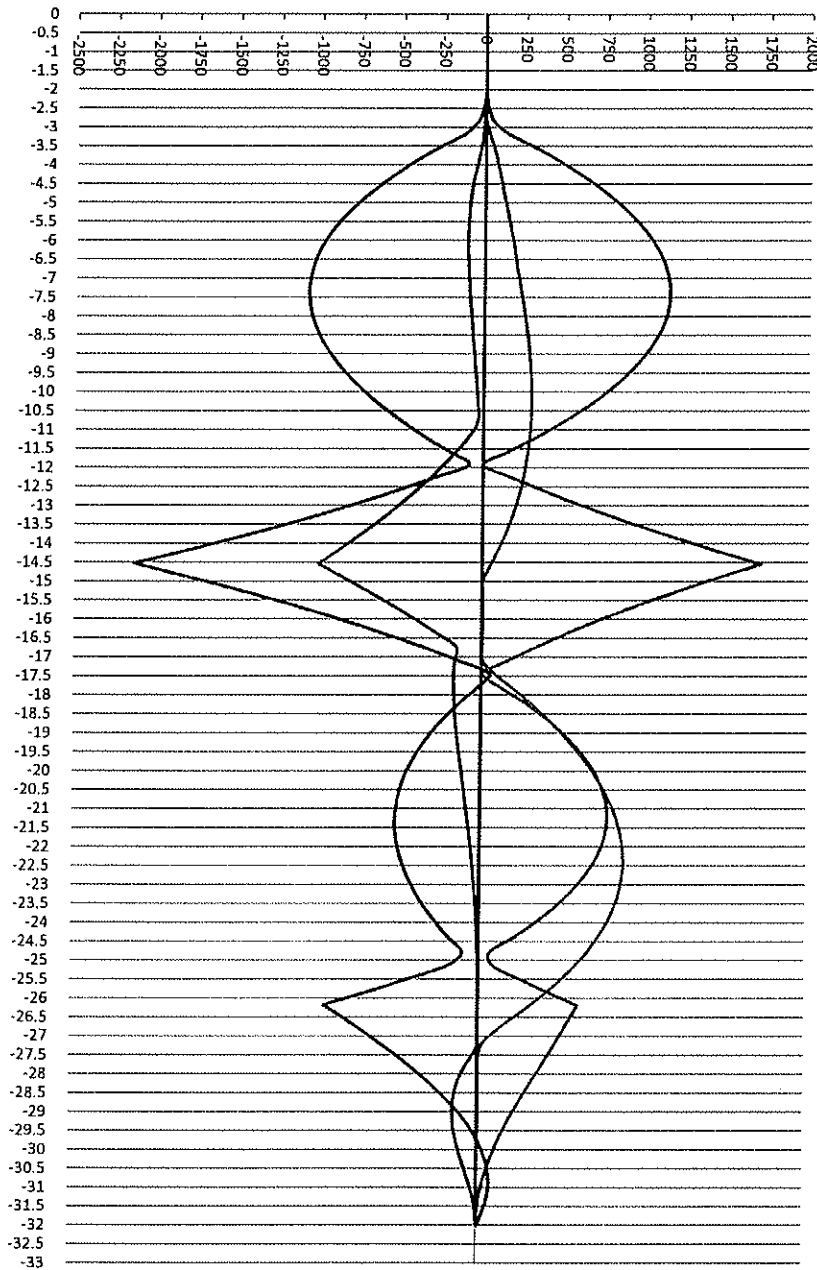
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

6.2.1.2 Momento flector de servicio.



- M+ largo plazo
- - - M- largo plazo
- M+ corto plazo
- · - · M- corto plazo

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

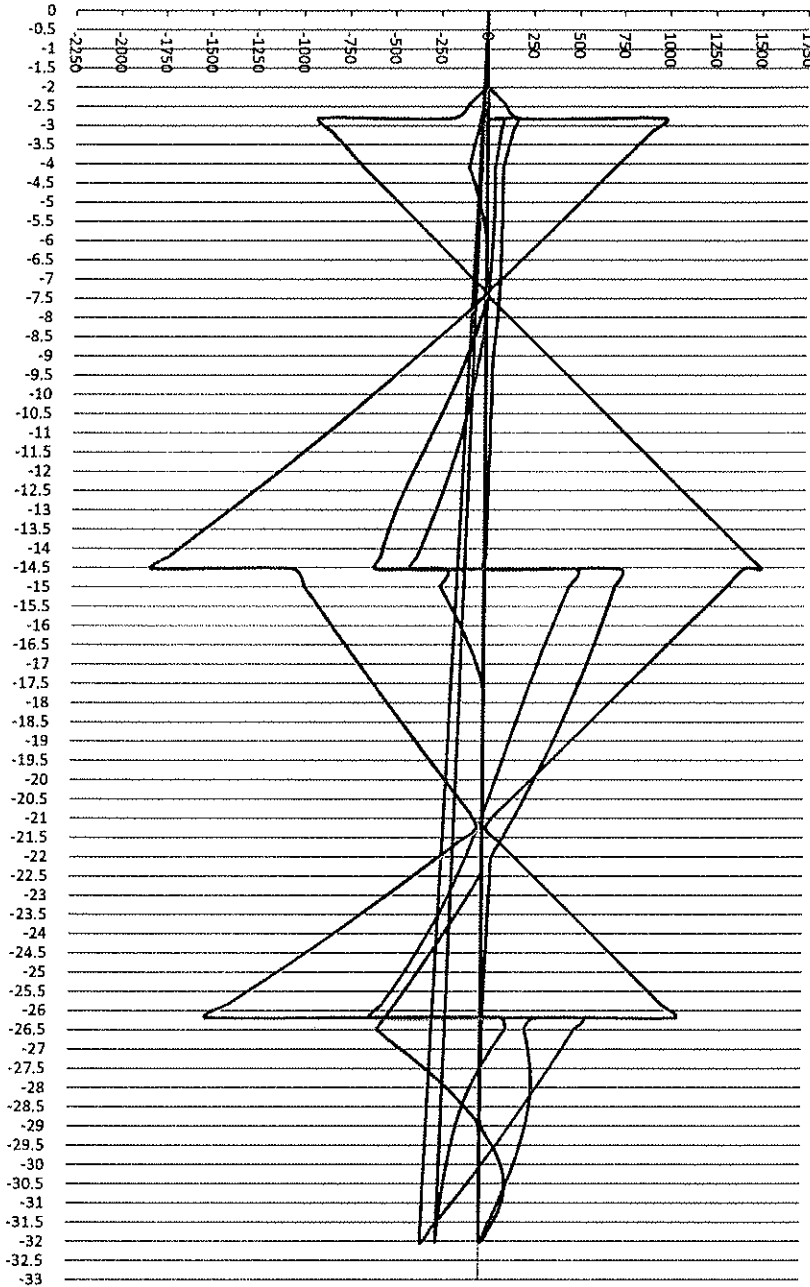




0.4.2. Estructuras

6.2.1.3 Esfuerzo cortante.

013339



- V+ corto plazo
- V+ largo plazo
- V+ largo plazo y sísmo
- V- corto plazo
- V- largo plazo

[Handwritten signature]

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





O.4.2. Estructuras

6.2.2 Dimensionamiento del refuerzo.

013340

- Refuerzo: 10 ϕ 25pmI:

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	2187586880 N-mm
	ϕ Mn	1968,83 kN-m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1200 mm
Cuantía de la Armadura a Tracción	ρ	
Resistencia del Acero de Armas	f _y	
Resistencia del Hormigón	f'c	
Tamaño del Arido del Hormigón	a	
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	
Armadura Dispuesta en Primera Capa	ϕ 1 ^º	
Nº de Barras en Primera Capa	N1 ^º	
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	ϕ 2 ^º	
Nº Barras en Segunda Capa	N2 ^º	
Recurbimiento de las Armaduras	r	
Separación entre Capas	sep.capas	0 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	0 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	ϕ cerco	10 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Tractionada	d _o	98,5 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1101,5 mm
Área Total dispuesta a Tracción	A _s	4908,74 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	1,803 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la ϵ_t		
Fibra Neutra	c	112,59 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1101,5 mm
	c/d	0,1022 -
	c/d*	0,1022 -
Deformación a Tracción	ϵ_t	26,349 ‰
		0,026
Armadura a Tracción	ρ	0,45%
	ρ^*	0,52%
	β_1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	A _{s,min}	36,717 cm ²
	$\rho_{s,min}$	0,333%

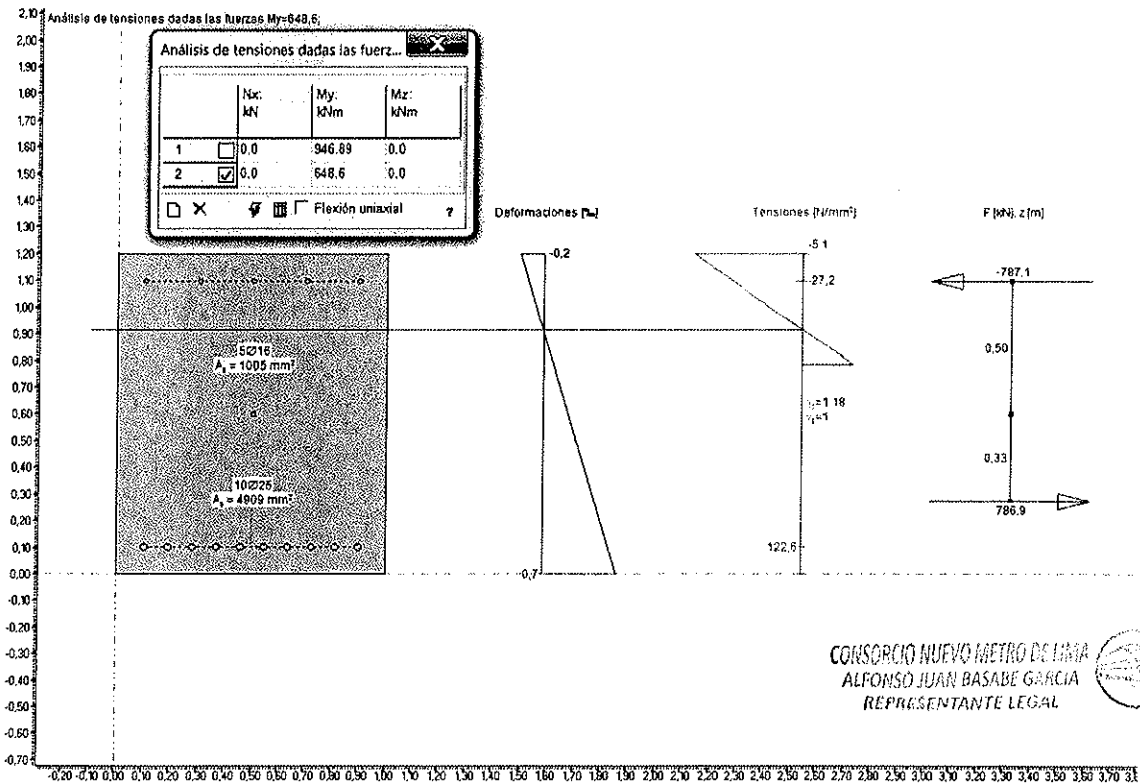
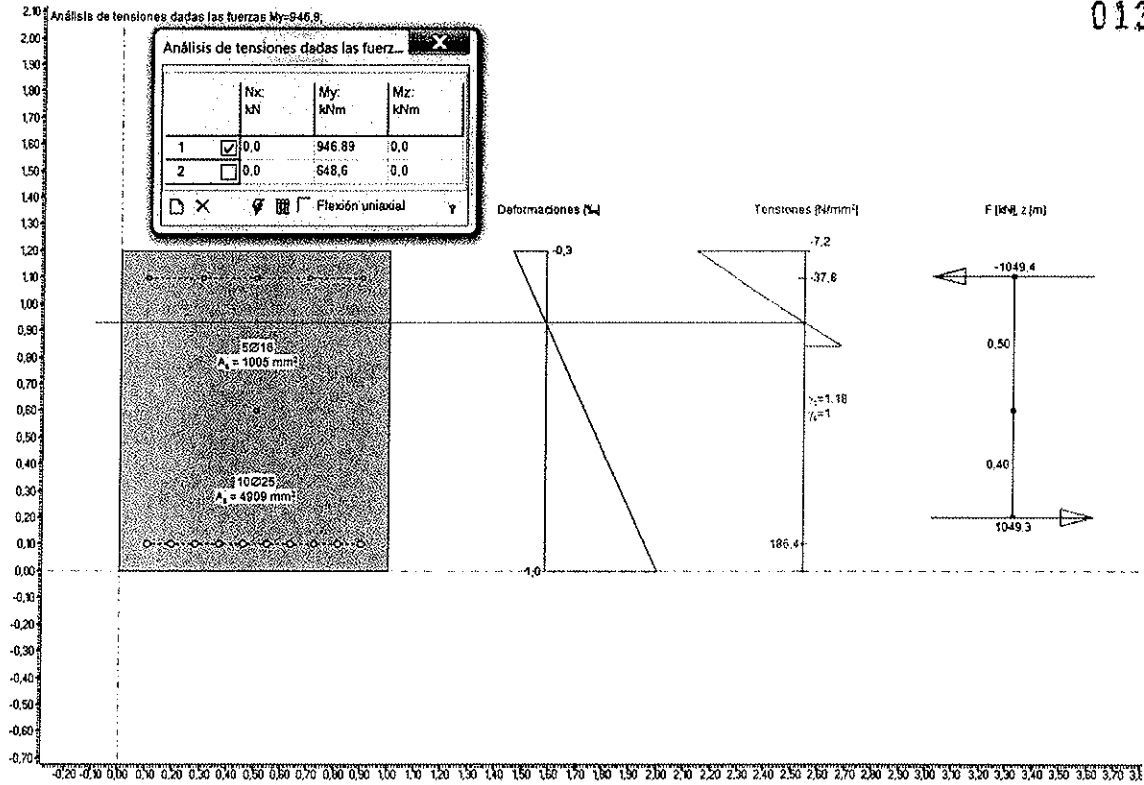
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

013341



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

013342

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224. APARTADO 4.2.3.2. APLICACIÓN DEL EUROCÓDIGO2

Ancho de la Fisura de Diseño	wk	0,16 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	e.sm	0,000528814
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuantes	Srm	175,414 mm
Coefficiente de Carga	β	1,7
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	$\sigma.s$	186,4 N/mm ²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	$\sigma.sr$	122,6 N/mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	$\beta1$	1
Coefficiente de Cargas	$\beta2$	1
Módulo de Deformación del Acero	Es	200000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d.b	25 mm
Cuantía efectiva	p.l	1,993%
Armadura de Tracción	As	4908,74 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A.ct	246250 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras.	k1	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k2	0,5
Según la ecuación (4-14) se puede estimar el A.s,min	A.s,min	1234,46 mm ²
	kc	0,4 -
	k	1 -
R11.2.1.1	fct,eff	3 N/mm ²
	Act	246250 mm ²
	$\sigma.s$	239,38 N/mm ²
	Sep.Maxima	250 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL




0.4.2. Estructuras

- Refuerzo: 10φ32pml:

013343

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	3485147098 N-mm
	φMn	3136,63 kN-m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1200 mm
Cuántia de la Armadura a Tracción	ρ	0,73%
Resistencia del Acero de Armas	fy	420 MPa
Resistencia del Hormigón	fc	25 MPa
Tamaño del Arido del Hormigón	a	16 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	φ	0,85
Armadura Dispuesta en Primera Capa	φ1º	16 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	10
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	φ2º	16 mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	10
Recurbimiento de las Armaduras	r	0 mm
Separación entre Capas	sep.capas	0 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	0 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	φcerco	16 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Tractionada	do	102 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1098 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	8042,48 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	2,891 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la εt		
Fibra Neutra	c	155,52 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1098 mm
	c/d	0,1416 -
	c/d*	0,1416 -
Deformación a Tracción	ε.t	18,181 ‰
		0,018
Armadura a Tracción	ρ	0,73%
	ρ*	0,72%
	β1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	As,min	36,600 cm ²
	ρs.min	0,333%

 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASADE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL




0.4.2. Estructuras

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224R APARTADO 4.2.3.2 APLICACIÓN DEL EUROCÓDIGO 2

013345

Ancho de la Fisura de Diseño
Separación Media de Fisuras Estabilizadas
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuales
Coeficiente de Carga

wk 0,13 mm
e.sm 0,000488242
Srm 151.461 mm
β 1,7

Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.
Coeficiente de Tipologías de Barras
Coeficiente de Cargas
Módulo de Deformación del Acero
Diámetro Equivalente de las Barras
Cuantía efectiva
Armadura de Tracción
Armadura Efectiva del Hormigón
Coeficiente de Tipologías de Barras.
Coeficiente dependiente del Estado de Carga.

σ.s 138,4 N/mm²
σ.sr 75,1 N/mm²
β1 1
β2 1
Es 200000 N/mm²
d.b 32 mm
ρ.l 3,154%
A.s 8042,48 mm²
Act 255000 mm²
k1 0,81
k2 0,5

Según la ecuación (4-14) se puede estimar el A.s,min

R11.2.1.1

A.s,min 1912,50 mm²
kc 0,4
k 1
fct,eff 3 N/mm²
Act 255000 mm²
σ.s 160,00 N/mm²
Sep.Maxima 300 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASADE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

- Refuerzo: 10 ϕ 32pmi + 10 ϕ 25pmi:

013346

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	5267689327 N·mm
	ϕ Mn	4740,92 kN·m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1200 mm
Cuantía de la Armadura a Tracción	ρ	
Resistencia del Acero de Armas	f _y	
Resistencia del Hormigón	f'c	
Tamaño del Arido del Hormigón	a	
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	
Armadura Dispuesta en Primera Capa	ϕ 1º	
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	ϕ 2º	
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	
Recurbimiento de las Armaduras	r	
Separación entre Capas	sep.capas	32 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	60,5 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	ϕ cerco	6 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Traccionada	d _o	124,930564 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1075,069436 mm
Área Total dispuesta a Tracción	A _s	12951,22 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	4,558 N/mm ²
- Procedemos a Obtener las fibra Neutra (c) y la e.t		
Fibra Neutra	c	248,43 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1075,069436 mm
	c/d	0,2311 -
	c/d*	0,2311 -
Deformación a Tracción	e.t	9,983 % 0,010
Armadura a Tracción	ρ	1,20%
	ρ^*	1,17%
	β 1	0,836
- Armadura Mínima de ACI		
	A _{s,min}	35,836 cm ²
	ρ s.min	0,333%

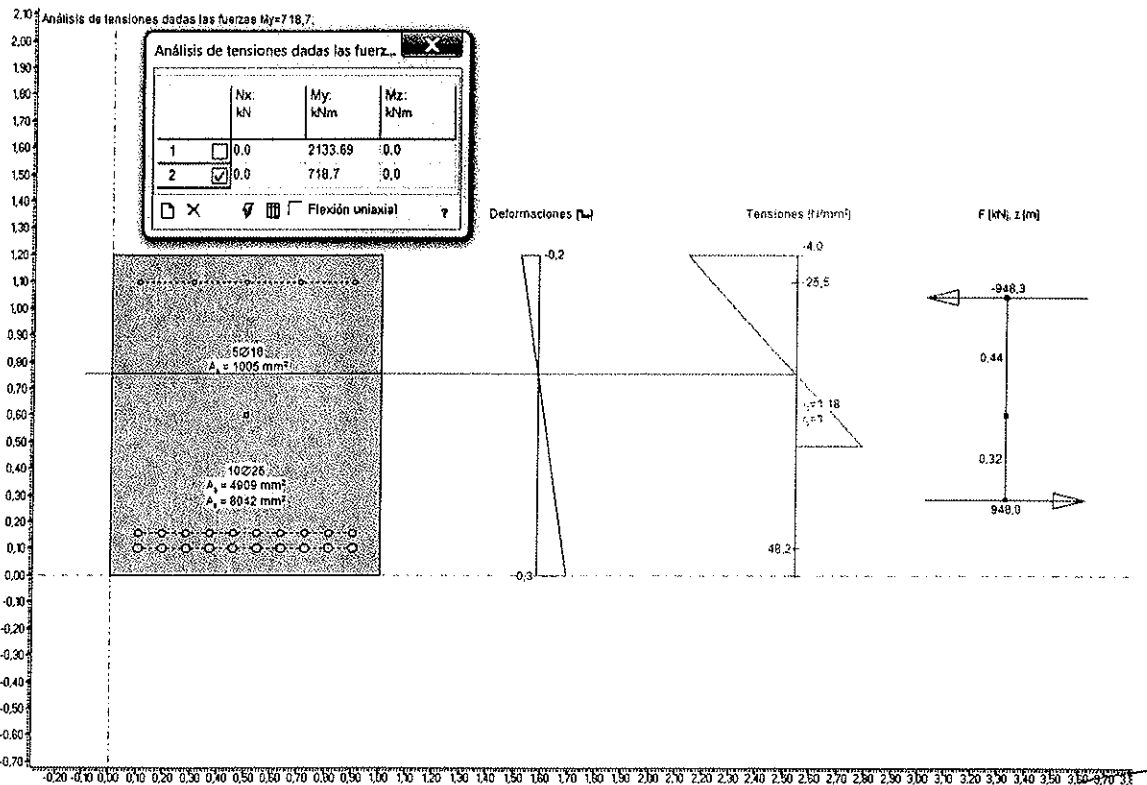
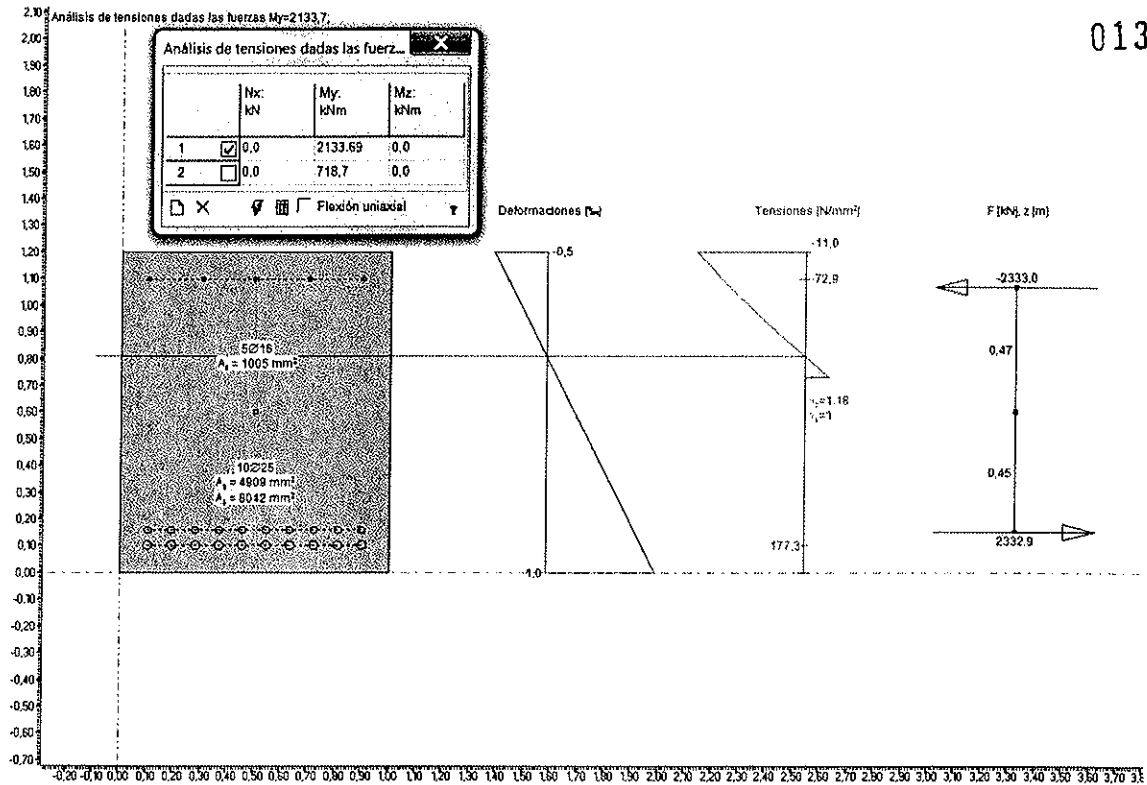
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

013347



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224R - APARTADO 4.2.3.2. APLICACIÓN DEL EUROCÓDIGO 2

Ancho de la Fisura de Diseño	wk	0,17 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	e.sm	0,000820983
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuales	Srm	119,246 mm
Coefficiente de Carga	β	1,7
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	σ_s	177,3 N/mm²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	σ_{sr}	48,2 N/mm²
Coefficiente de Tipologías de Barras	β_1	1
Coefficiente de Cargas	β_2	1
Módulo de Deformación del Acero	Es	200000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d.b	28,71410803 mm
Cuántia efectiva	ρ_l	4,147%
Armadura de Tracción	As	12951,22 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A.ct	312326,4099 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras.	k1	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k2	0,5

Según la ecuación (4-14) se puede estimar el A.s,min

	A.s,min	2342,45 mm ²
	kc	0,4
	k	1
R11.2.1.1	fct,eff	3 N/mm ²
	Act	312326,4099 mm ²
	σ_s	160,00 N/mm ²
	Sep.Maxima	300 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



0.4.2. Estructuras

- Refuerzo transversal: 4 ramas $\phi 10$ a 20 por metro de batache (para un refuerzo de $10\phi 25$ pl)

COMPROBACIÓN A CORTANTE

Valor Máximo de $\sqrt{f'c}$	$\sqrt{f'c}$	5,477 N/mm ²
Valor de Relación de Densidades	λ	1,8 -
Resistencia del Concreto a Cortante	Vc	1025,64 kN
Armadura de Cortante Mínima	$A_{v,min}/S$	8,085 cm ² /m 0,809 mm ² /mm
Resistencia a Tracción del Acero	fyt	420 N/mm ²
Cortante Mínimo Resistido por el $A_{v,min}/S$	Vs.min	374,06 kN
Diámetro del Cerco de Cortante	ϕ_{cerco}	10 mm
Nº de Ramas a Colocar en un Mismo Plano	N.ramas	4 uds
Separación entre Ramas	S.ramas	20 cm
Armadura Colocada a Cortante	Acortante	15,71 cm ² /m 1,570796327 mm ² /mm
Cortante Resistido por el Armado de Cortante-ACERO	Vs	726,70 kN
Factor de Resistencia por Cortante	ϕ	0,75 -
Cortante Total Resistido	$\phi \cdot (Vc+Vs)$	1314,25 kN
Cortante Total Resistido	$\phi \cdot (Vc)$	769,23 kN
Cortante Total Resistido	$\phi \cdot (Vs)$	545,02 kN

- Refuerzo transversal: 6 ramas $\phi 10$ a 20 por metro de batache (para un refuerzo de $10\phi 25$ pl)

COMPROBACIÓN A CORTANTE

Valor Máximo de $\sqrt{f'c}$	$\sqrt{f'c}$	5,477 N/mm ²
Valor de Relación de Densidades	λ	1,8 -
Resistencia del Concreto a Cortante	Vc	1025,64 kN
Armadura de Cortante Mínima	$A_{v,min}/S$	8,085 cm ² /m 0,809 mm ² /mm
Resistencia a Tracción del Acero	fyt	420 N/mm ²
Cortante Mínimo Resistido por el $A_{v,min}/S$	Vs.min	374,06 kN
Diámetro del Cerco de Cortante	ϕ_{cerco}	12 mm
Nº de Ramas a Colocar en un Mismo Plano	N.ramas	6 uds
Separación entre Ramas	S.ramas	20 cm
Armadura Colocada a Cortante	Acortante	33,93 cm ² /m 3,392920066 mm ² /mm
Cortante Resistido por el Armado de Cortante-ACERO	Vs	1569,67 kN
Factor de Resistencia por Cortante	ϕ	0,75 -
Cortante Total Resistido	$\phi \cdot (Vc+Vs)$	1946,48 kN
Cortante Total Resistido	$\phi \cdot (Vc)$	769,23 kN
Cortante Total Resistido	$\phi \cdot (Vs)$	1177,25 kN

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO HERNANDEZ GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





O.4.2. Estructuras

7 DIMENSIONAMIENTO DEL DINTEL

013350

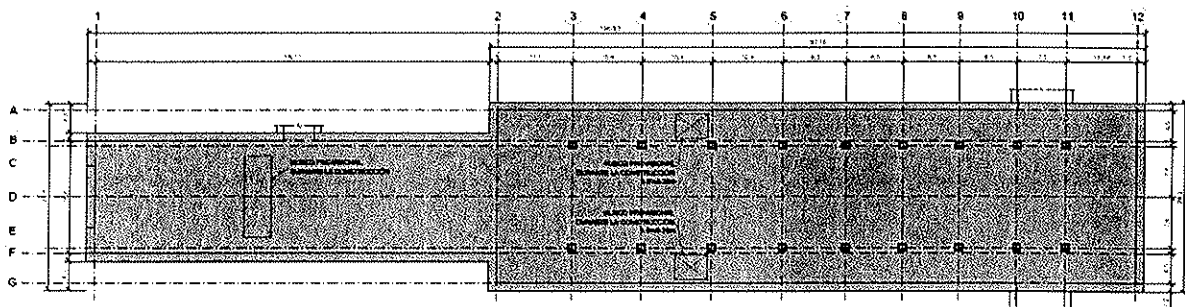
7.1 GENERALIDADES.

La losa de cubrición de la estación se materializa mediante losa maciza de concreto armado de 135 cm de espesor, ejecutada in situ apoyada en el terreno.

Desde el punto de vista estructural la losa se comporta como un elemento simplemente apoyado en las pantallas perimetrales y en dos líneas de pilas ubicadas en la zona de mayor luz de la estación.

Las luces de cálculo de la losa, medidas a ejes de pantalla, son de 26.80 m en la zona ancha y de 17.80 m en la zona estrecha.

Se prevén en el dintel tres huecos provisionales durante la fase de construcción.



PLANTA LOSA DINTEL

7.2 BASES DE CÁLCULO.

7.2.1 Cargas.

De acuerdo a las Bases de Cálculo generales desarrolladas en el presente documento, los valores característicos de las cargas consideradas en el cálculo de la losa de cubrición son:

- Peso propio (PP)
 - o De acuerdo a la densidad del hormigón armado (25 KN/m³) y al espesor de la losa, resulta una carga distribuida de $25 \times 1.35 = 33.75$ KN/m². El valor de la carga de peso propio se considera de forma automática en el programa de cálculo.
- Cargas muertas (CM)
 - o Según lo expuesto, se considera un espesor de tierras sobre el dintel de 2.00 m de espesor máximo con una densidad de 20 KN/m³, lo que supone una carga distribuida de $20 \times 2.00 = 40$ KN/m².
- Cargas vivas (Qa)
 - o La carga viva considerada es de 20 KN/m².

 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL




0.4.2. Estructuras

7.2.2 Combinaciones.

Las combinaciones asociadas a Estados Últimos de resistencia consideradas se basan en lo establecido en el capítulo 9 de NTE E.60, siendo la combinatoria la siguiente:

013351

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.400	1.400	
2	1.400	1.400	1.700

A los efectos de Estados de Servicio, las combinaciones consideradas son:

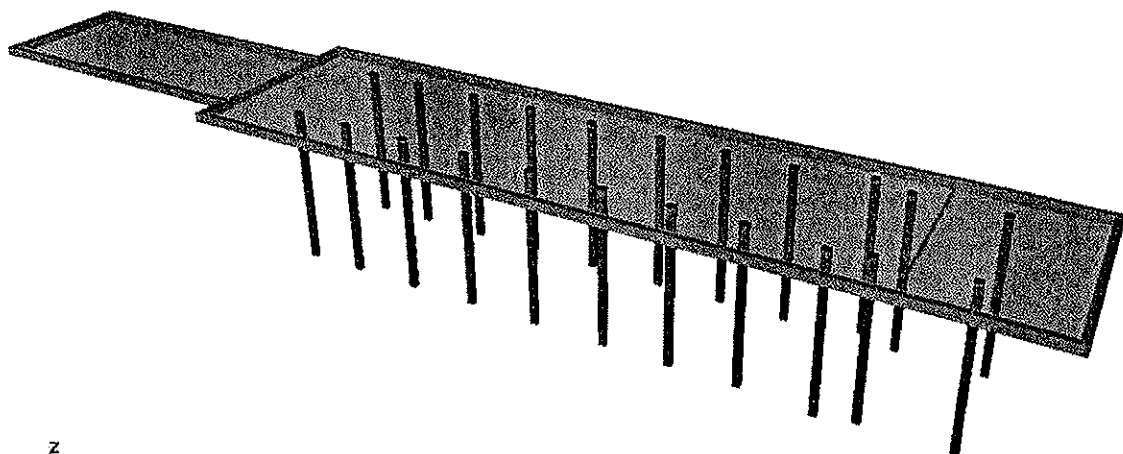
Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000

7.2.3 Modelo de cálculo.

Se ha empleado el software CYPECAD para modelar el elemento estructural, consistente en un modelo de elementos finitos tipo "shell" y "beam".

Las pantallas se modelan como apoyos libres al giro, con el mismo espesor que las pantallas perimetrales, de forma que la luz de cálculo del dintel es la distancia entre ejes de pantallas.

Los pilares se consideran como apoyos cuya rigidez axial se obtiene de forma automática a partir de la sección y longitud del elemento. A estos efectos, en el modelo se ha considerado la longitud del pilar más largo.



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL



7.3 ESFUERZOS DE CÁLCULO.

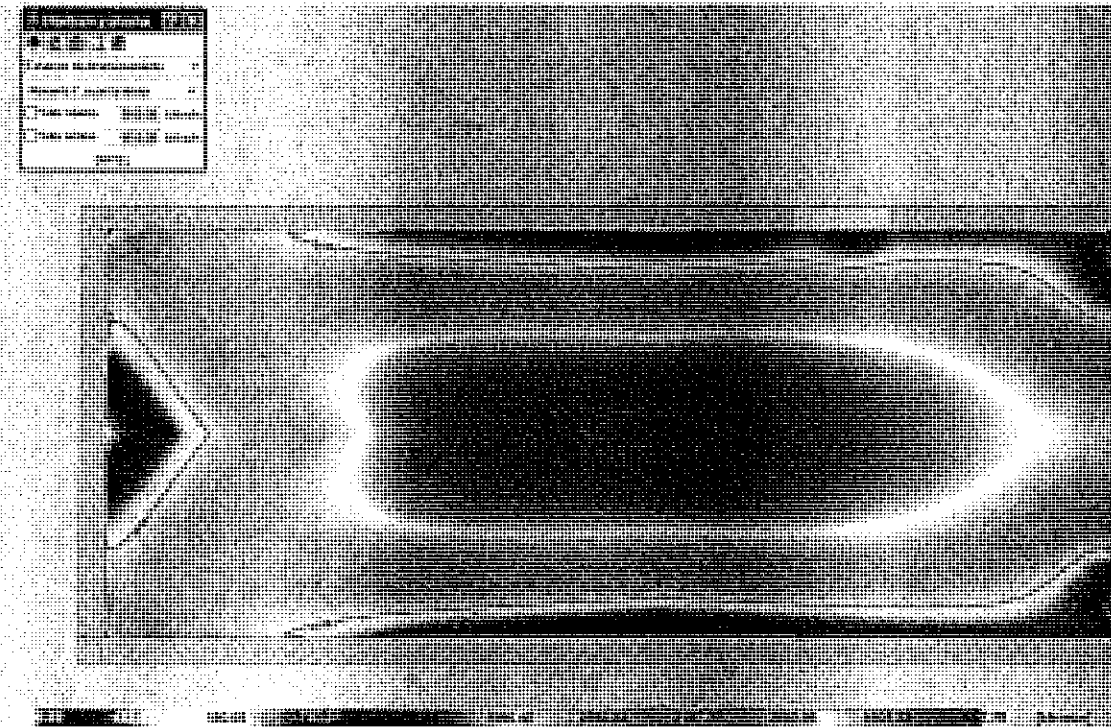
Se muestran a continuación las distribuciones de esfuerzos de cálculo (momentos flectores y esfuerzos cortantes) obtenidos del modelo. Los valores se muestran por metro lineal de losa.



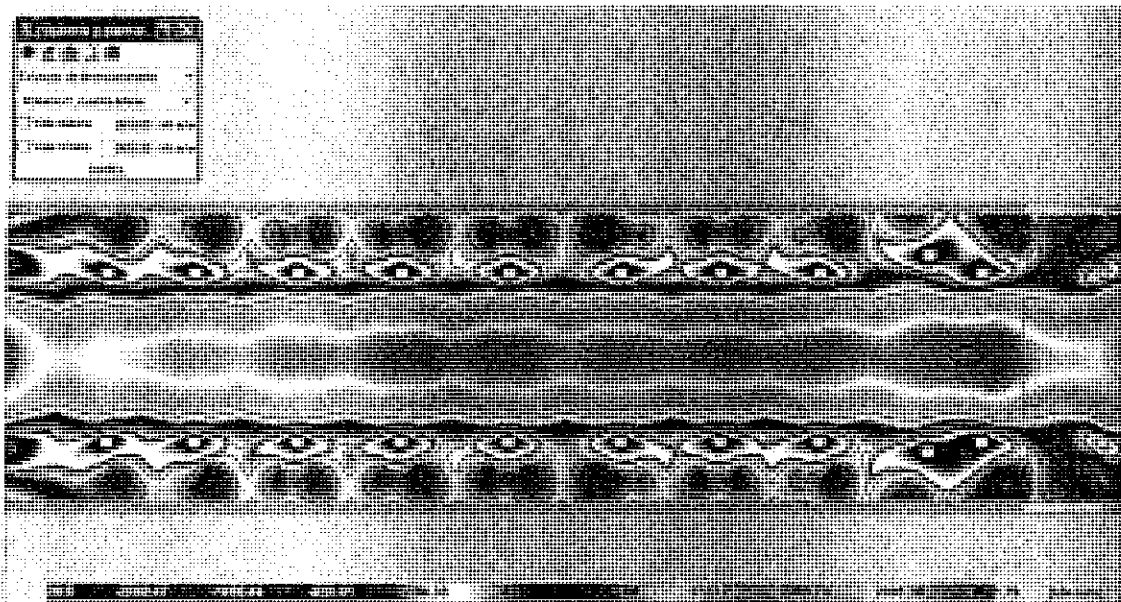
0.4.2. Estructuras

7.3.1 Momento Y, cuantía inferior

013352



My (KNm/ml). Cuantía inferior. Zona estrecha.



My (KNm/ml). Cuantía inferior. Zona ancha.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALEJANDRO P. BARRAL GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

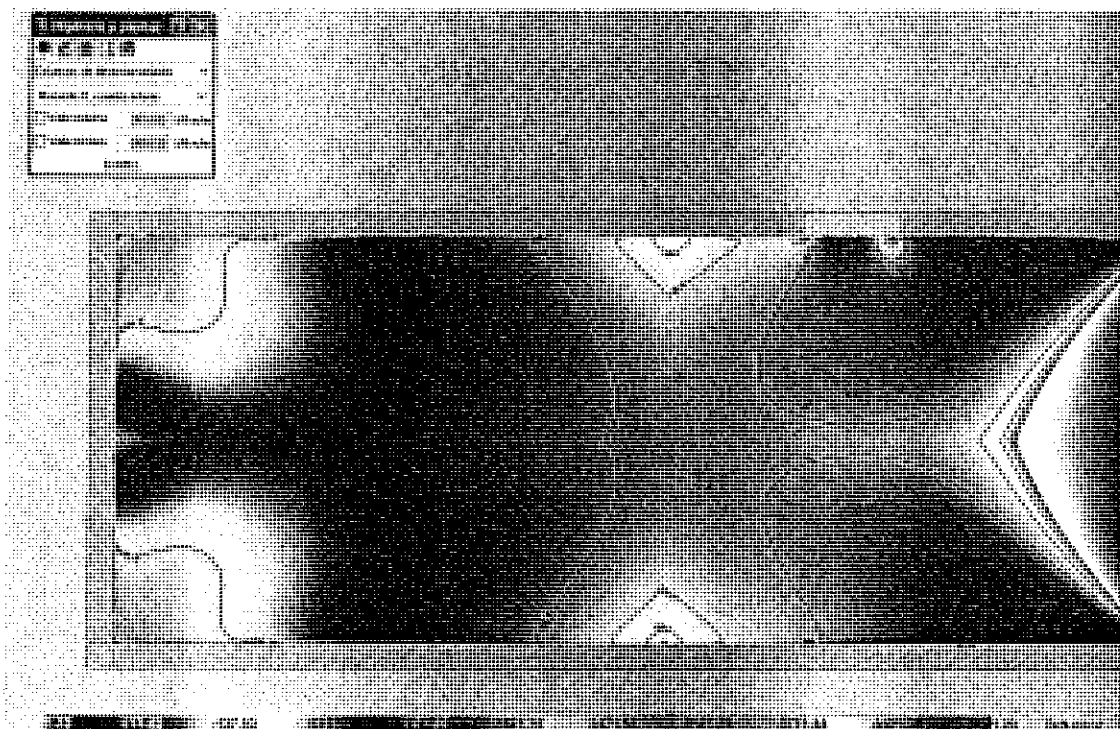




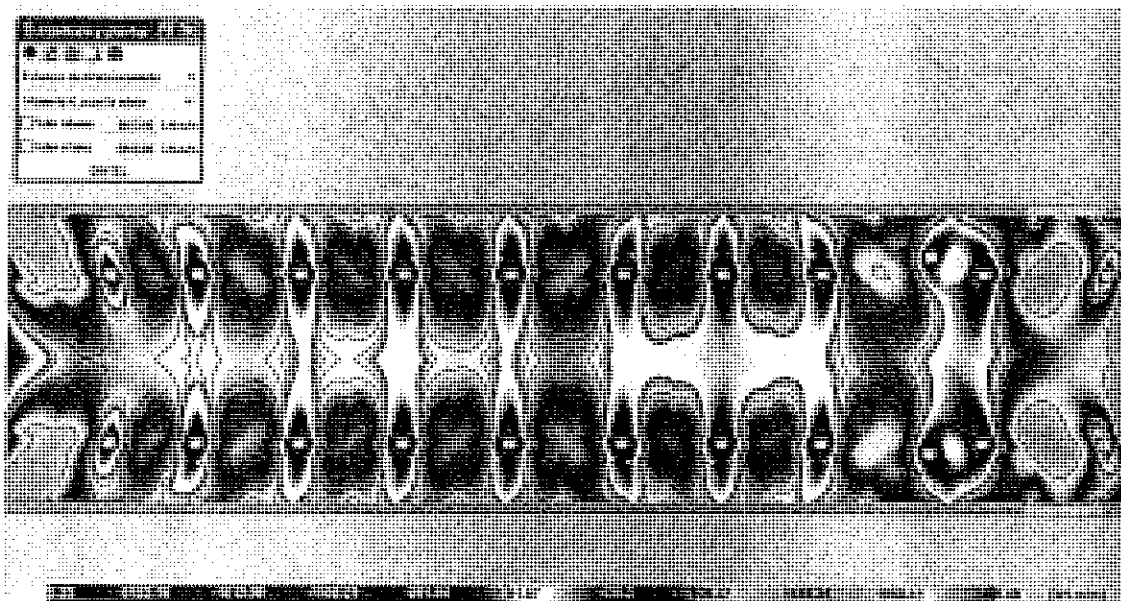
0.4.2. Estructuras

7.3.2 Momento X, cuantía inferior

013353



Mx (KNm/ml). Cuantía inferior. Zona estrecha.



Mx (KNm/ml). Cuantía inferior. Zona ancha.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO EDUARDO SALAS GARCIA
REG. Nº 127997 - RNE

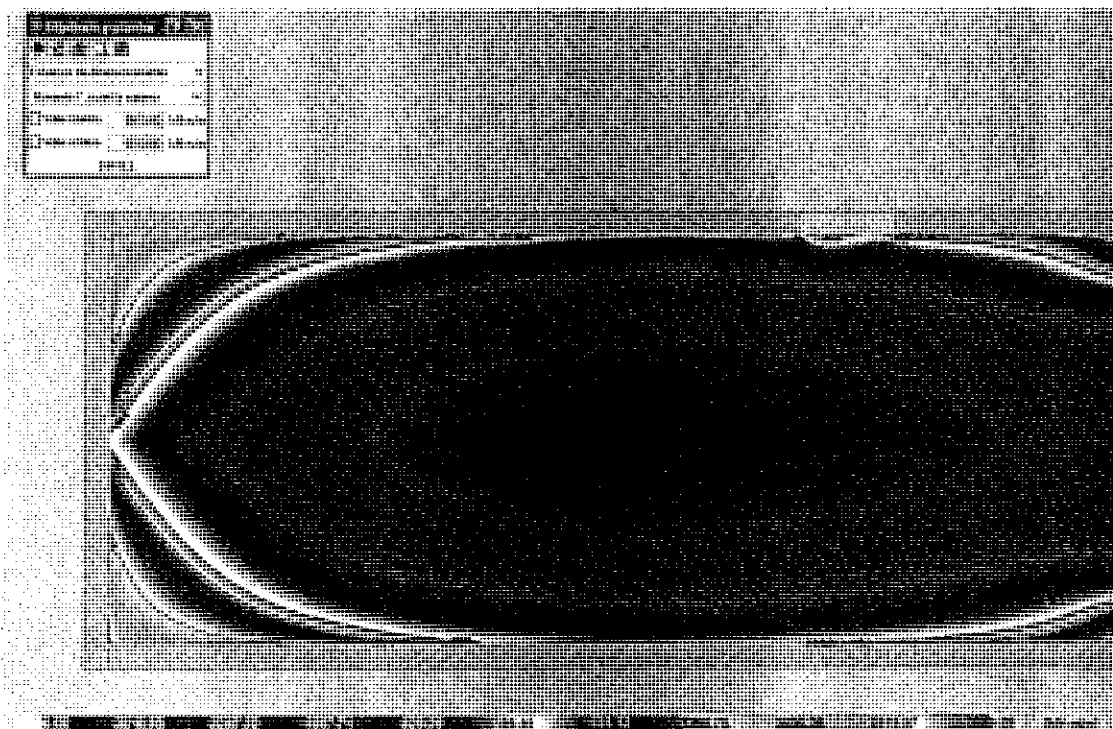




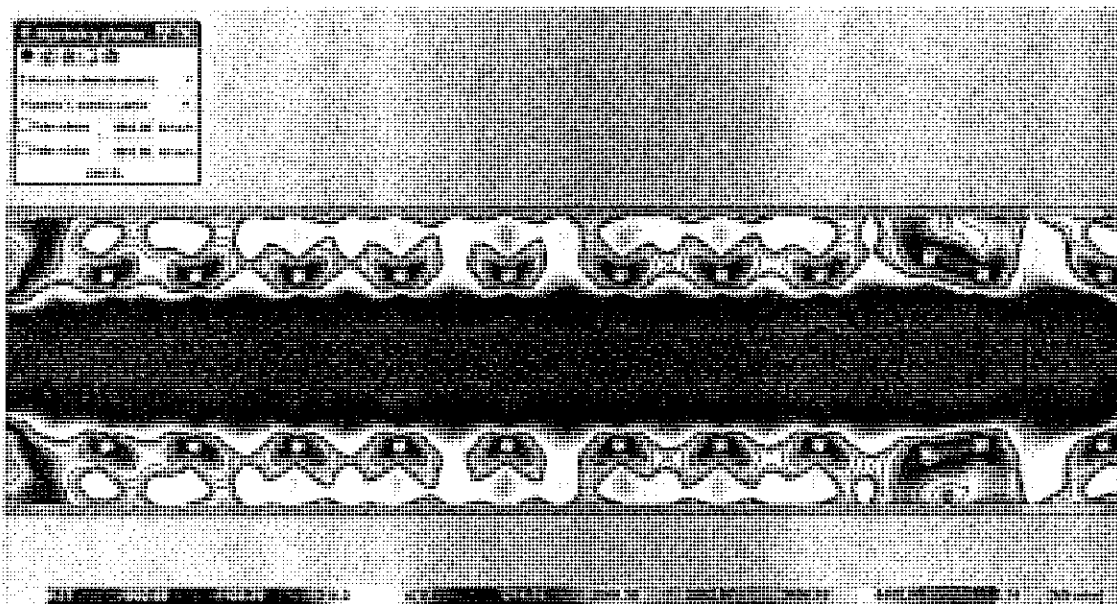
0.4.2. Estructuras

7.3.3 Momento Y, cuantía superior

013354



My (KNm/ml). Cuantía superior. Zona estrecha.



My (KNm/ml). Cuantía superior. Zona ancha.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

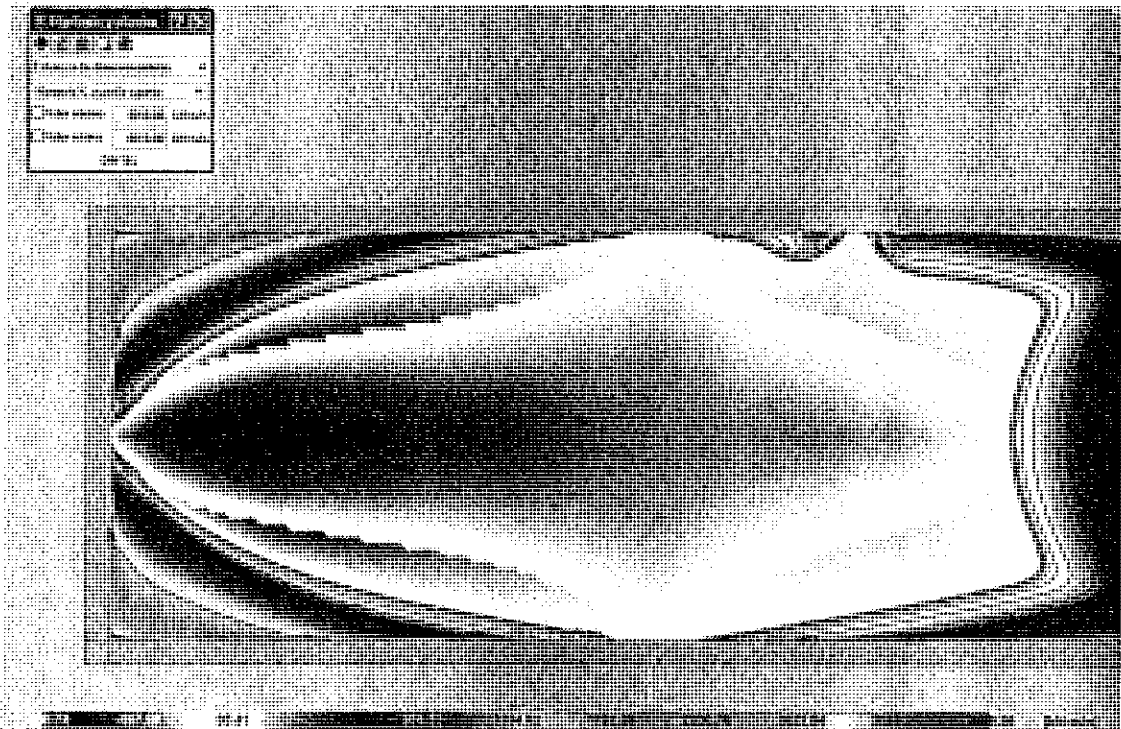




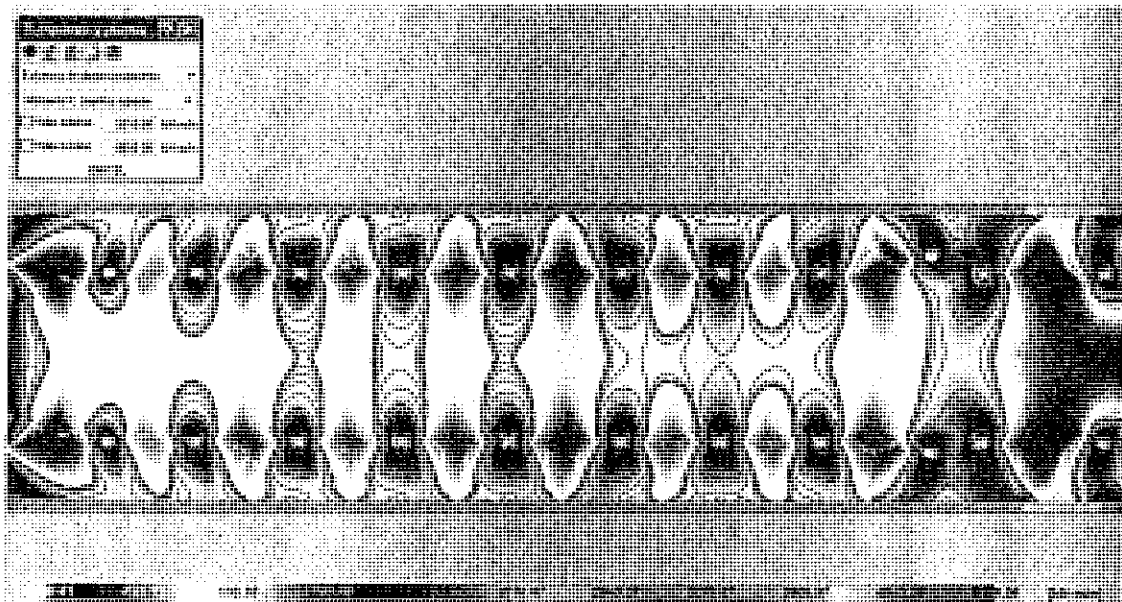
0.4.2. Estructuras

7.3.4 Momento X, cuantía superior

013355



Mx (KNm/ml). Cuantía superior. Zona estrecha.



Mx (KNm/ml). Cuantía superior. Zona ancha.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

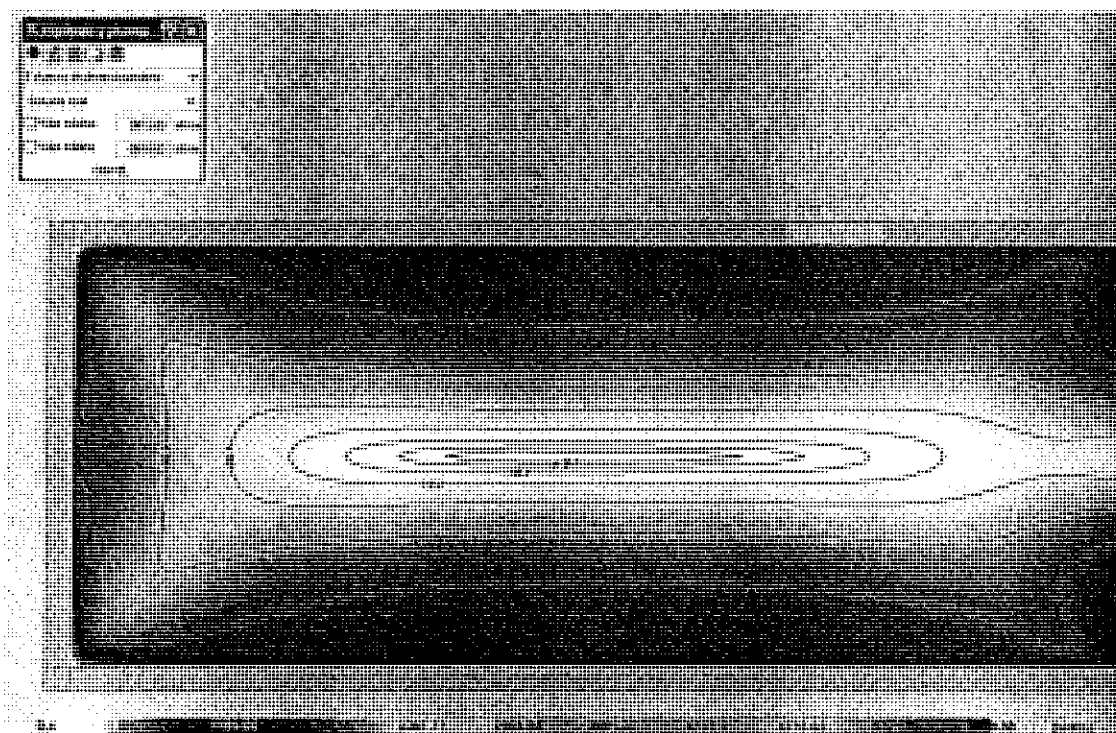




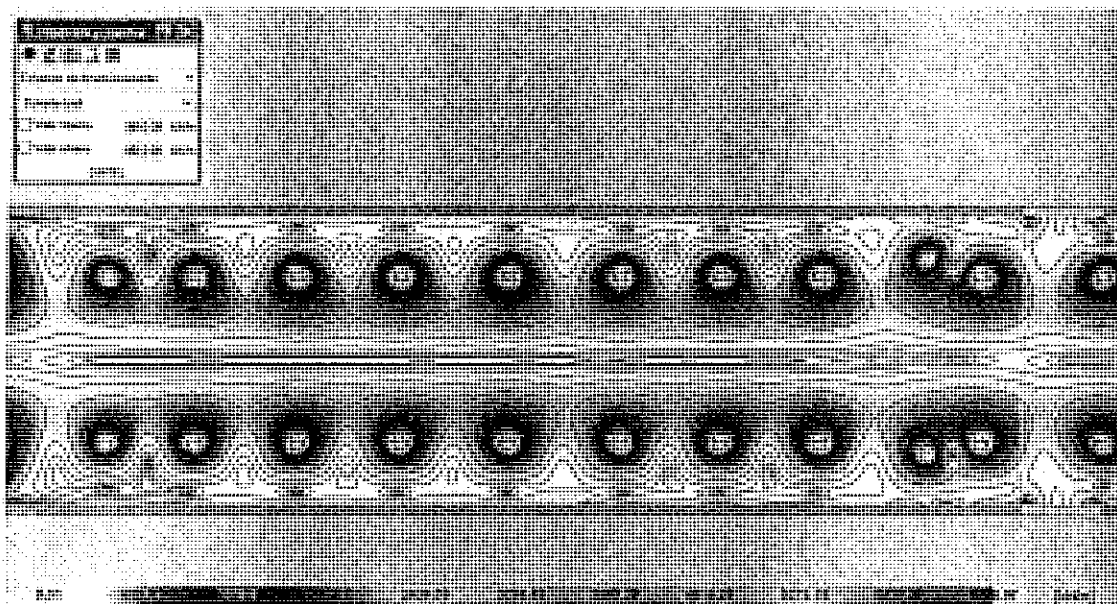
0.4.2. Estructuras

7.3.5 Cortante total

013356



V (KN/m). Zona estrecha.



V (KN/m). Zona ancha.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JIM. BASADE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

7.4 JUSTIFICACIÓN DE REFUERZOS.

7.4.1 Metodología

Se incluyen en este capítulo las justificaciones de los armados dispuestos en la losa.

En el caso de la verificación del cumplimiento de la sección frente a Estado Límite de resistencia se recoge el cálculo de la resistencia de la sección de acuerdo a ACI 318S-08 para las secciones principales (armadura base y refuerzos). Una vez obtenida la resistencia de la sección frente al esfuerzo analizado (momento o cortante), se complementa con el gráfico de isóneas de esfuerzos, indicando las zonas de cumplimiento de cada refuerzo.

Para la verificación de la abertura de fisura en Estado Límite de Servicio, se incluye el análisis tensional de las secciones representativas de la losa. Del análisis tensional de la sección, realizado con el programa CUBUS FAGUS, se obtienen las tensiones en el refuerzo sometido al momento de servicio y al momento inmediatamente posterior a la fisuración. Dichas tensiones permiten obtener la abertura de fisura empleando la formulación recogida en el Eurocódigo 2.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

7.4.2 Refuerzo transversal inferior (T.I)

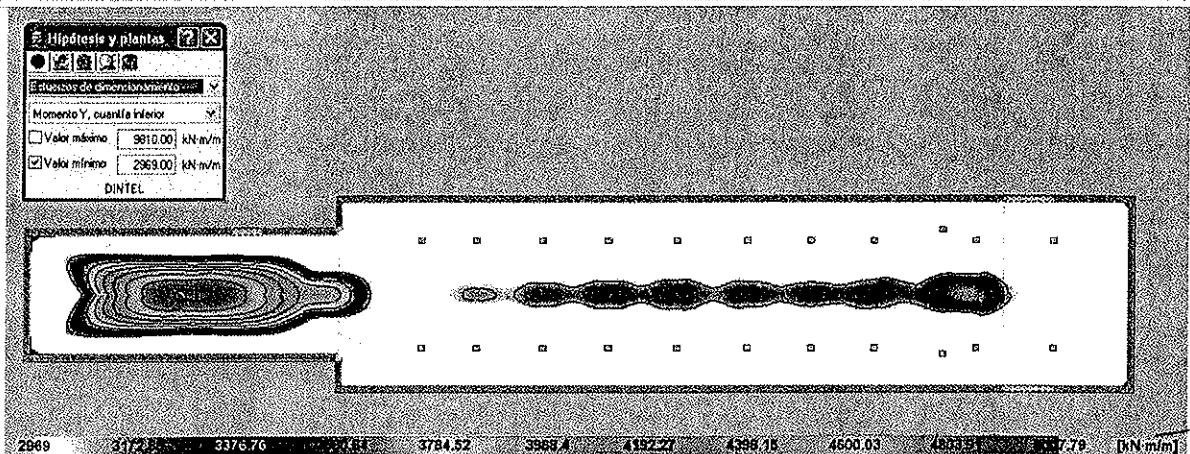
013358

7.4.2.1 Estado Límite de Resistencia

Armadura: \varnothing 1 1/4" c/125

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE		
Momento Nominal	Mn	3299513079 N·mm
	$\phi \cdot Mn$	2969,56 kN·m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1950 mm
Cuantía de la Armadura a Tracción	ρ	0,51%
Resistencia del Acero de Armas	f_y	420 N/mm ²
Resistencia del Hormigón	f_c	20 N/mm ²
Tamaño del Arido del Hormigón	a	16 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	0,836
Armadura Dispuesta en Primera Capa	$\phi.1^\circ$	12,5 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	8
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	$\phi.2^\circ$	12,5 mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	8
Recurbimiento de las Armaduras	r	10 mm
Separación entre Capas	sep.capas	0 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	0 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	$\phi.cerco$	10 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Tractionada	d_o	76 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1274 mm
Área Total dispuesta a Tracción	A_s	6433,98 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	2,033 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la e.t		
Fibra Neutra	c	146,51 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1274 mm
	c/d	0,1150 -
	c/d*	0,1150 -
Deformación a Tracción	e.t	23,087 ‰
		0,023
Armadura a Tracción	ρ	0,51%
	ρ^*	0,58%
	β_1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	$A_{s,min}$	42,467 cm ²
	$\rho_{s,min}$	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)





0.4.2. Estructuras

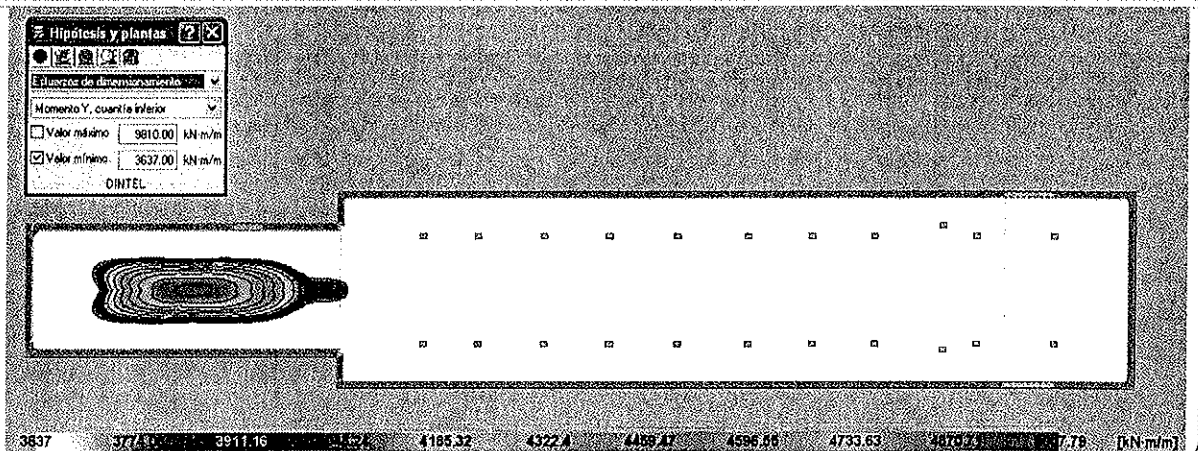
Armadura: $\varnothing 1 \frac{1}{4}''$ c/125 + $\varnothing 5/8''$ c/125

013359

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	4041815199 N-mm
	ϕ -Mn	3637,63 kN-m
Ancho de la Sección	b	
Canto de la Sección	h	
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	
Resistencia del Acero de Armas	f_y	
Resistencia del Hormigón	f'_c	
Tamaño del Arido del Hormigón	a	
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	
Armadura Dispuesta en Primera Capa	$\phi.1^{\circ}$	
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	$\phi.2^{\circ}$	
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	
Recurbimiento de las Armaduras	r	
Separación entre Capas	sep.capas	32 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	56 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	$\phi.cerco$	10 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Traccionada	d_o	87,2 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprímida	d	1262,8 mm
Área Total dispuesta a Tracción	A_s	8042,48 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	2,535 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la e.t		
Fibra Neutra	c	134,32 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprímida	d	1262,8 mm
	c/d	0,1064 -
	c/d*	0,1064 -
Deformación a Tracción	e.t	25,205 ‰
		0,025
Armadura a Tracción	ρ	0,64%
	ρ^*	0,54%
	β_1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	$A_{s,min}$	42,093 cm ²
	$\rho_{s,min}$	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





O.4.2. Estructuras

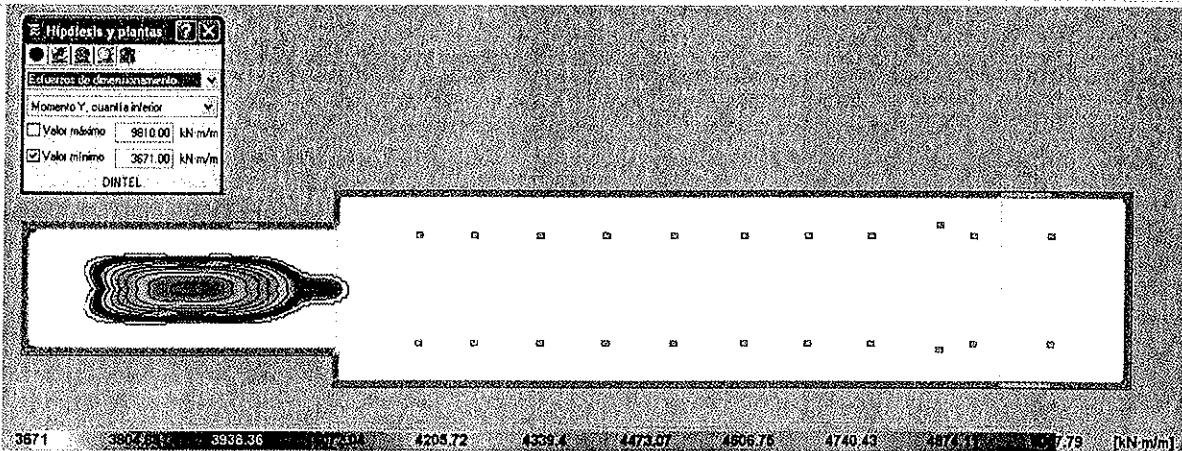
Armadura: $\varnothing 1 \frac{1}{4}$ " c/100

013360

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	4079647012 N-mm
	$\phi \cdot Mn$	3671,68 kN-m
Ancho de la Sección	b	
Canto de la Sección	h	
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	0,633%
Resistencia del Acero de Armas	f_y	477,307 MPa
Resistencia del Hormigón	f'_c	25,205 MPa
Tamaño del Arido del Hormigón	a	
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	0,836
Armadura Dispuesta en Primera Capa	$\phi.1^{\circ}$	
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	$\phi.2^{\circ}$	
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	
Recurbimiento de las Armaduras	r	
Separación entre Capas	sep.capas	0 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	0 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	$\phi.cerco$	10 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Traccionada	d_o	76 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1274 mm
Área Total dispuesta a Tracción	A_s	8042,48 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	2,514 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la e.t		
Fibra Neutra	c	135,51 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1274 mm
	c/d	0,1064 -
	c/d*	0,1064 -
Deformación a Tracción	e.t	25,205 ‰
		0,025
Armadura a Tracción	ρ	0,633%
	ρ^*	0,54%
	β_1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	$A_{s,min}$	42,467 cm ²
	$\rho_{s,min}$	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

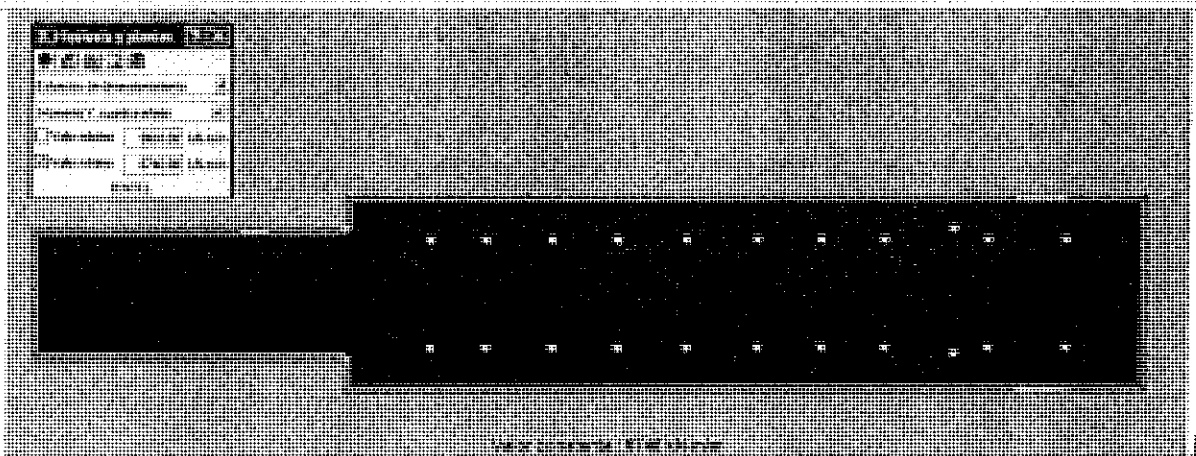
Armadura: $\varnothing 1 \frac{1}{4}''$ c/100 + $\varnothing 1 \frac{1}{4}''$ c/100

013361

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	7495668868 N·mm
	$\phi \cdot Mn$	6746,10 kN·m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	1,295%
Resistencia del Acero de Armas	f_y	420 N/mm ²
Resistencia del Hormigón	f_c	30 N/mm ²
Tamaño del Arido del Hormigón	a	20 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	0,9
Armadura Dispuesta en Primera Capa	$\phi.1^\circ$	32 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	10 ud
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	$\phi.2^\circ$	32 mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	10 ud
Recurbimiento de las Armaduras	r	50 mm
Separación entre Capas	sep.capas	32 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	64 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	$\phi.cerco$	10 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Tractionada	do	108 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1242 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	16084,95 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	4,859 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la $\epsilon.t$		
Fibra Neutra	c	313,53 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1242 mm
	c/d	0,2524 -
	c/d*	0,2524 -
Deformación a Tracción	$\epsilon.t$	8,884 ‰
		0,009
Armadura a Tracción	ρ	1,30%
	ρ^*	1,28%
	β_1	0,836
· Armadura Mínima de ACI	As,min	41,400 cm ²
	ps.min	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona gris)

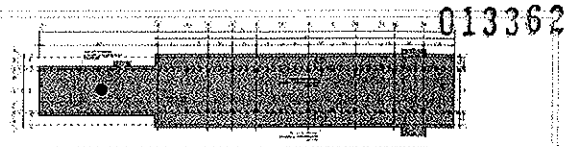




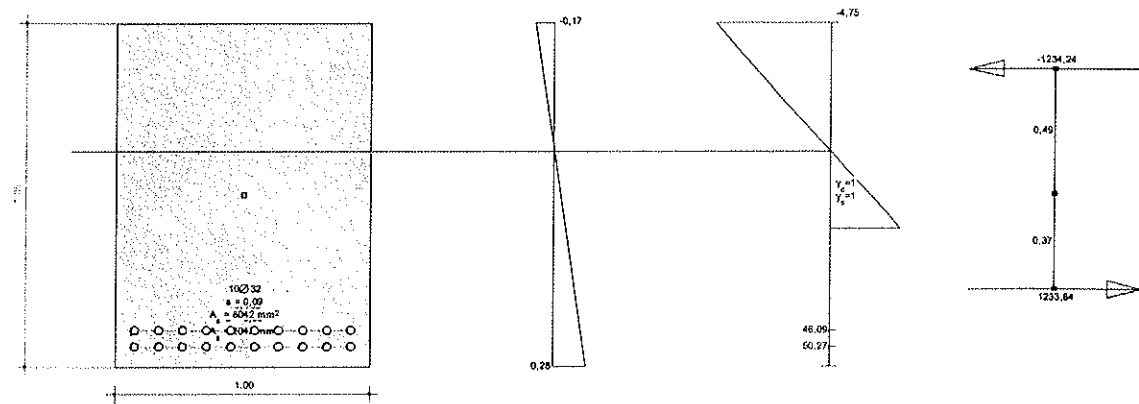
0.4.2. Estructuras

7.4.2.2 Estado Límite de Servicio (fisuración)

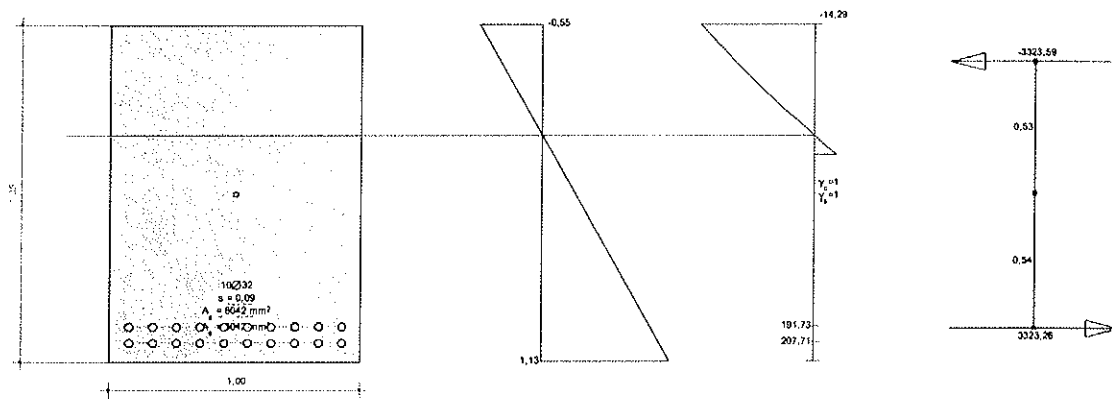
Sección: A
 Armado: $\emptyset 1 \frac{1}{4}'' c/100 + \emptyset 1 \frac{1}{4}'' c/100$
 $M_{servicio}$: 3549 KNm/ml



Tensiones en el momento de la fisuración:



Tensiones para el momento de servicio:



Verificación del ancho de fisura (w_k)

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224. APARTADO 4.2.3.2. APLICACIÓN DEL EUROCÓDIGO 2

Ancho de la Fisura de Diseño	w_k	0,24 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	ϵ_{sm}	0,000977718
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuantes	S_{rm}	144,498 mm
Coefficiente de Carga	β	1,7
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	σ_s	207,71 N/mm ²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	σ_{sr}	50,27 N/mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	β_1	1
Coefficiente de Cargas	β_2	1
Módulo de Deformación del Acero	E_s	200000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d_b	32 mm
Cuantía efectiva	ρ_l	3,386%
Armadura de Tracción	A_s	6433,98 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A_{ct}	190000 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	k_1	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k_2	0,8
Según la ecuación (4-14) se puede estimar el $A_{s,min}$	$A_{s,min}$	1425,00 mm ²
	k_c	0,4
	k	1
	$f_{ct,eff}$	3 N/mm ²
	σ_{ct}	190000 mm ²
	σ_s	160,00 N/mm ²
	Sep.Maxima	300 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL

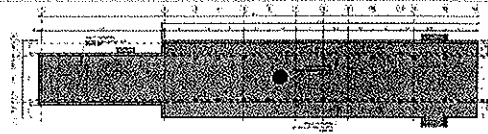




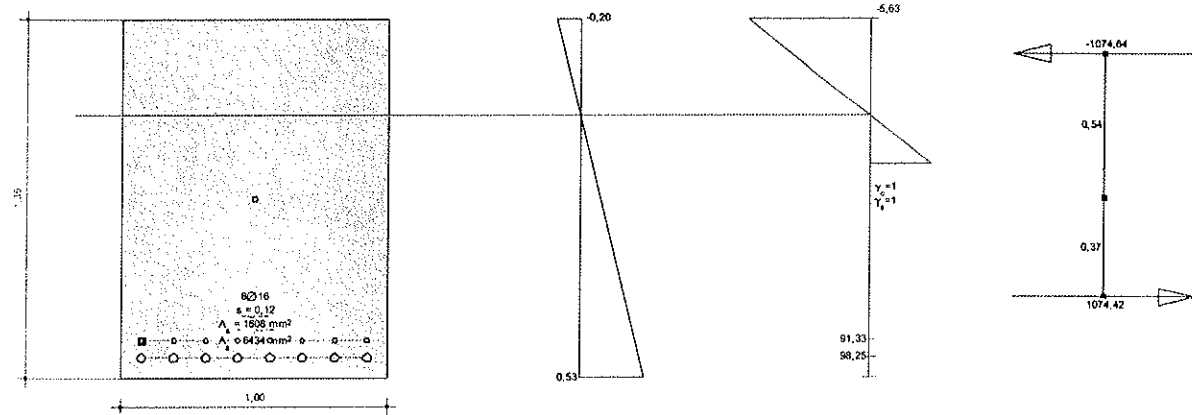
013363

0.4.2. Estructuras

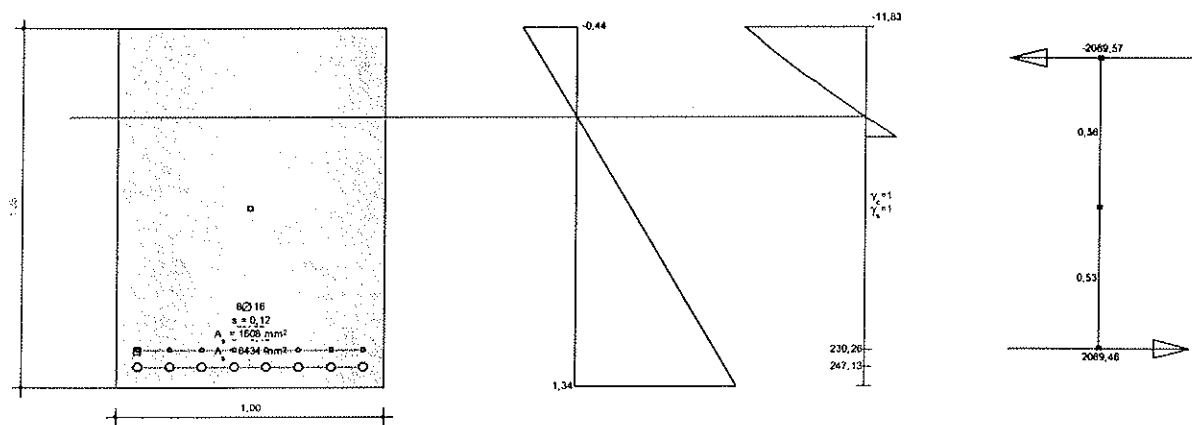
Sección: B
 Armado: $\varnothing 1 \frac{1}{4}'' c/125 + \varnothing 5/8'' c/125$
 $M_{servicio}$: 2280 KNm/ml



Tensiones en el momento de la fisuración:



Tensiones para el momento de servicio:



Verificación del ancho de fisura (w_k)

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224. APARTADO 4.2.3.2. APLICACIÓN DEL EUROCÓDIGO2

Ancho de la Fisura de Diseño	w_k	0,21 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	e_{sm}	0,001040347
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuantes	S_{rm}	118,574 mm
Coefficiente de Carga	β	1,7
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	σ_s	247,13 N/mm ²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	σ_{sF}	98,25 N/mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	β_1	1
Coefficiente de Cargas	β_2	1
Módulo de Deformación del Acero	E_s	200000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d_b	25,29822128 mm
Cuántia efectiva	ρ_l	3,689%
Armadura de Tracción	A_s	8042,48 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A_{ct}	218000 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras.	k_1	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k_2	0,5
Según la ecuación (4-14) se puede estimar el $A_{s,min}$	$A_{s,min}$	1635,00 mm ²
	k_c	0,8
	k	1
	$f_{ct,eff}$	3 N/mm ²
	A_{ct}	218000 mm ²
	σ_s	160,00 N/mm ²
	Sep.Maxima	300 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASAÑE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL

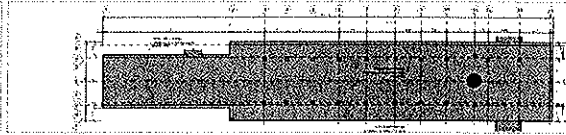


O.4.2. Estructuras

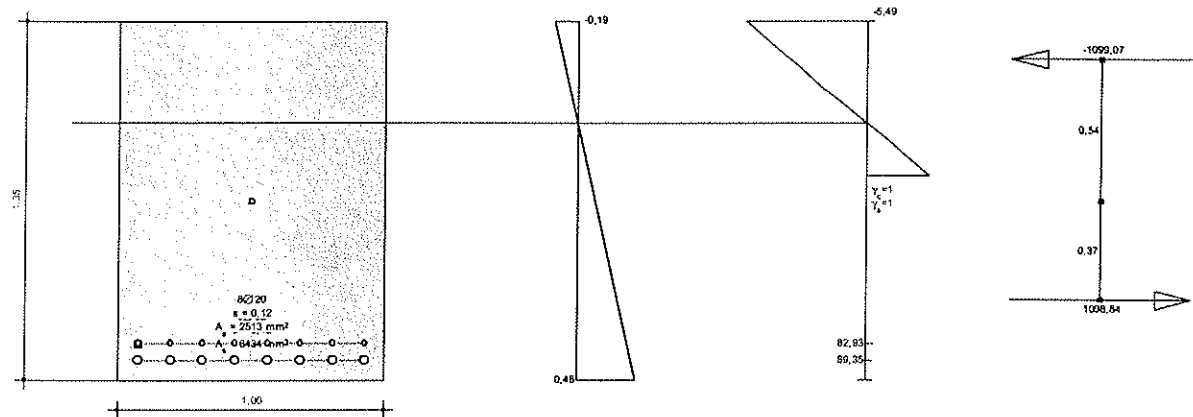


013364

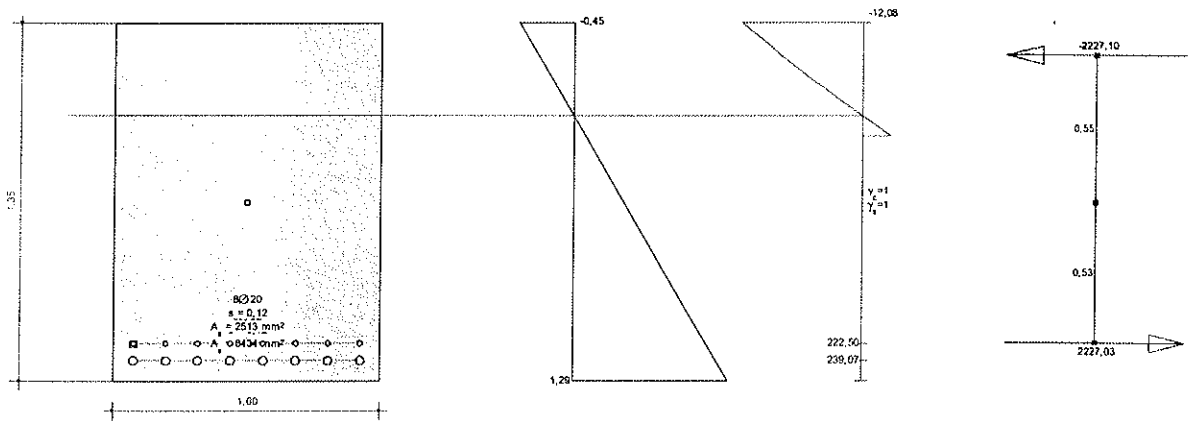
Sección: C
 Armado: Ø 1 ¼" c/125 + Ø 3/4" c/125
 Mservicio: 2418 KNm/ml



Tensiones en el momento de la fisuración:



Tensiones para el momento de servicio:



Verificación del ancho de fisura (w_k)

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224: APARTADO 4.2.3.2. APLICACIÓN DEL EUROCÓDIGO 2

Ancho de la Fisura de Diseño	w _k	0,21 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	e.srm	0,001028382
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuantes	S _{rm}	118,811 mm
Coefficiente de Carga	β	1,77
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	σ _s	239,07 N/mm ²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	σ _{sr}	89,35 N/mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	β ₁	1
Coefficiente de Cargas	β ₂	1
Módulo de Deformación del Acero	E _s	200000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d _b	26,68332813 mm
Cuántia efectiva	ρ _l	3,878%
Armadura de Tracción	A _s	8947,26 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A _{ct}	230730,3371 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras.	k ₁	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k ₂	0,5
Según la ecuación (4-14) se puede estimar el A _{s,min}	A _{s,min}	1730,48 mm ²
	kc	0,8
	k	1
	f _{ct,eff}	3 N/mm ²
	Act	230730,3371 mm ²
	σ _s	160,00 N/mm ²
	Sep.Maxima	300 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





0.4.2. Estructuras

7.4.3 Refuerzo longitudinal inferior (L.I)

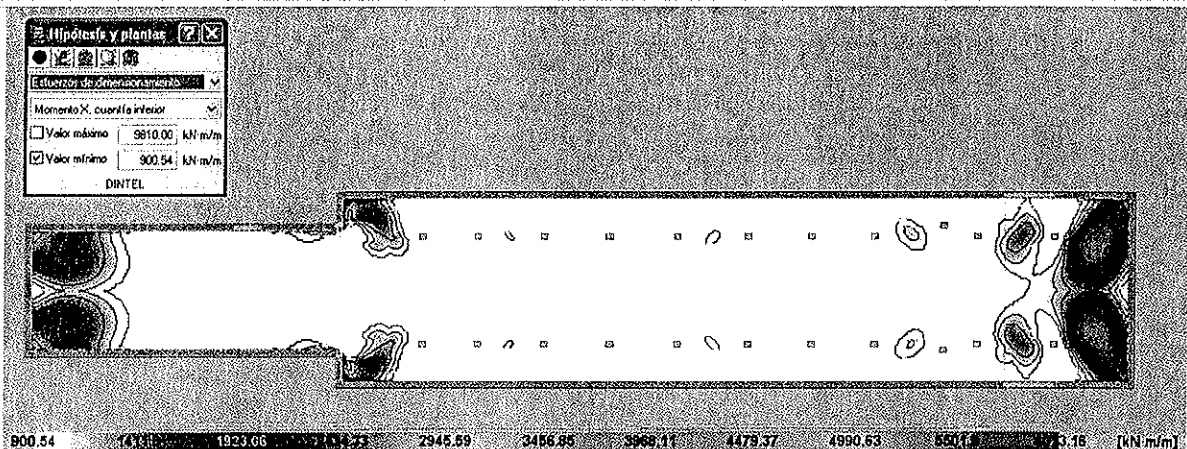
013365

7.4.3.1 Estado Límite de Resistencia

Armadura: Ø 1" c/250

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE		
Momento Nominal	Mn	1000594542 N·mm
	φ·Mn	900,54 kN·m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuantía de la Armadura a Tracción	ρ	0,160%
Resistencia del Acero de Armas	fy	420 N/mm ²
Resistencia del Hormigón	f'c	30 N/mm ²
Tamaño del Arido del Hormigón	a	20 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	φ	0,9
Armadura Dispuesta en Primera Capa	φ.1º	25 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	4 ud
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	φ.2º	mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	ud
Recurbimiento de las Armaduras	r	92 mm
Separación entre Capas	sep.capas	0 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	0 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	φ.cerco	16 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Traccionada	do	120,5 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1229,5 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	1963,50 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	0,662 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la e.t		
Fibra Neutra	c	54,50 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1229,5 mm
	c/d	0,0443 -
	c/d*	0,0443 -
Deformación a Tracción	e.t	64,676 ‰
		0,065
Armadura a Tracción	ρ	0,16%
	ρ*	0,22%
	β1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	As,min	40,983 cm ²
	ps.min	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



0.4.2. Estructuras



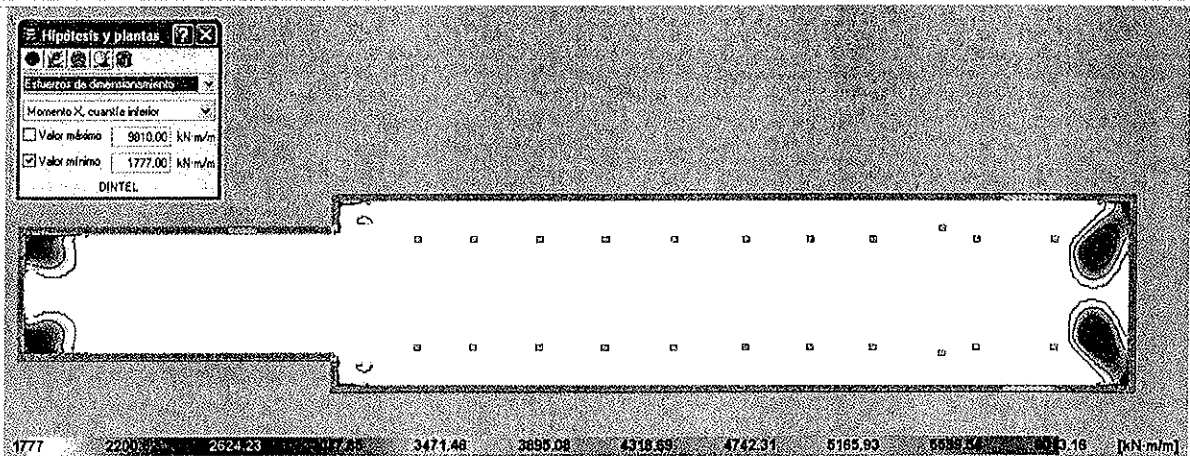
Armadura: $\emptyset 1''$ c/250 + $\emptyset 5/8''$ c/250

013366

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	1974519382 N-mm
	ϕ Mn	1777,07 kN-m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	0,319%
Resistencia del Acero de Armas	fy	420 N/mm2
Resistencia del Hormigón	f'c	30 N/mm2
Tamaño del Arido del Hormigón	a	20 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	0,9
Armadura Dispuesta en Primera Capa	$\phi.1^{\circ}$	25 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	8 ud
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	$\phi.2^{\circ}$	mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	ud
Recurbimiento de las Armaduras	r	92 mm
Separación entre Capas	sep.capas	0 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	0 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	ϕ .cerco	16 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Tractionada	do	120,5 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1229,5 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	3926,99 mm2
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	1,306 N/mm2
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la e.t		
Fibra Neutra	c	54,50 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1229,5 mm
	c/d	0,0443 -
	c/d*	0,0443 -
Deformación a Tracción	e.t	64,676 % 0,065
Armadura a Tracción	ρ	0,32%
	ρ^*	0,22%
	β_1	0,836
- Armadura Mínima de ACI	As,min	40,983 cm2
	ps.min	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASADE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





O.4.2. Estructuras

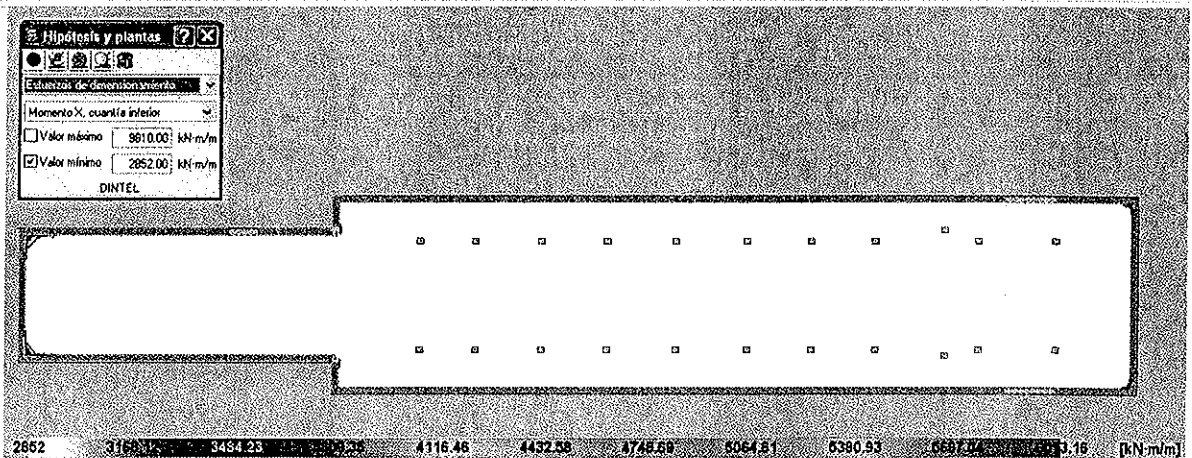
013367

Armadura: Ø 1 1/4" c/250 + Ø 1 1/4" c/250

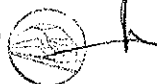
COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	3169804007 N-mm
	$\phi \cdot Mn$	2852,82 kN-m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	0,525%
Resistencia del Acero de Armas	f_y	420 N/mm ²
Resistencia del Hormigón	f'_c	30 N/mm ²
Tamaño del Arido del Hormigón	a	20 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	0,9 -
Armadura Dispuesta en Primera Capa	$\phi_{1^{\circ}}$	32 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	8 ud
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	$\phi_{2^{\circ}}$	mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	ud
Recurbimiento de las Armaduras	r	92 mm
Separación entre Capas	sep.capas	0 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	0 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	ϕ_{cerco}	16 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Tractionada	de	124 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1226 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	6433,98 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	2,109 N/mm ²
- Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la e.t		
Fibra Neutra	c	109,27 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1226 mm
	c/d	0,0891 -
	c/d*	0,0891 -
Deformación a Tracción	e.t	30,660 ‰
		0,031
Armadura a Tracción	ρ	0,52%
	ρ^*	0,45%
	β_1	0,836
- Armadura Mínima de ACI		
	As,min	40,867 cm ²
	ps.min	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAX BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



0.4.2. Estructuras



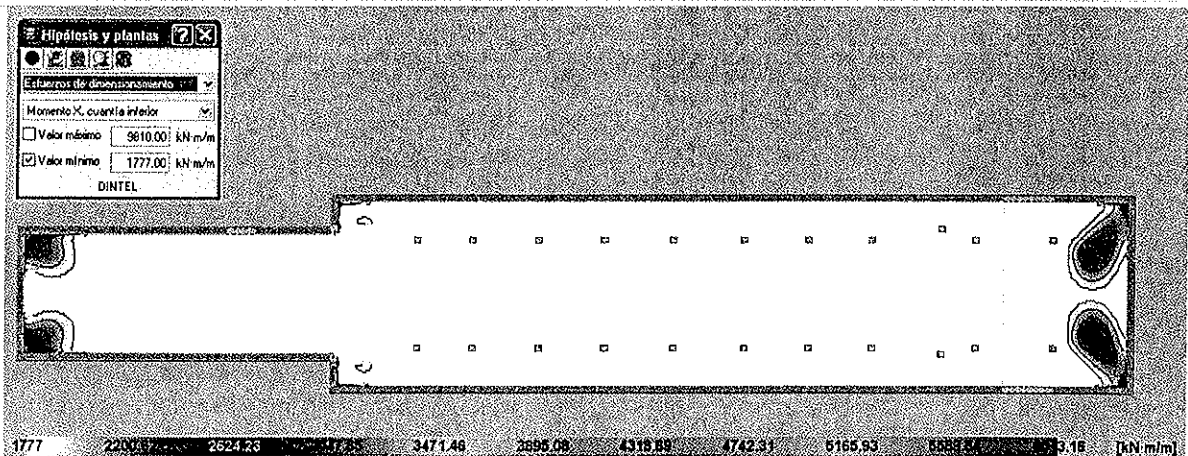
013368

Armadura: Ø 1" c/125

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	1974519382 N·mm
	$\phi \cdot Mn$	1777,07 kN·m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	0,319%
Resistencia del Acero de Armas	f_y	420 N/mm ²
Resistencia del Hormigón	f'_c	30 N/mm ²
Tamaño del Arido del Hormigón	a	20 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	0,9
Armadura Dispuesta en Primera Capa	$\phi.1^\circ$	25 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	8 ud
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	$\phi.2^\circ$	mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	ud
Recurbimiento de las Armaduras	r	92 mm
Separación entre Capas	sep.capas	0 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	0 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	$\phi.cerco$	16 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Tractionada	do	120,5 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1229,5 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	3926,99 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	1,306 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la e.t		
Fibra Neutra	c	56,11 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1229,5 mm
	c/d	0,0456 -
	c/d*	0,0456 -
Deformación a Tracción	$\epsilon.t$	62,737 ‰
		0,063
Armadura a Tracción	ρ	0,32%
	ρ^*	0,23%
	β_1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	As,min	40,983 cm ²
	ps.min	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



0.4.2. Estructuras

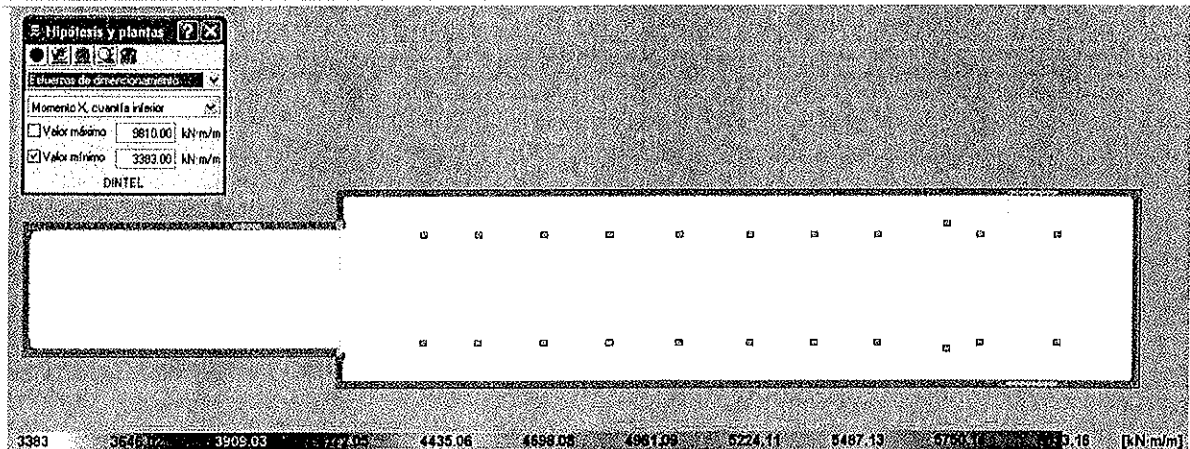
Armadura: Ø 1" c/125 + Ø 1" c/125

013369

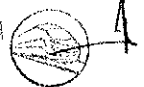
COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	3759233410 N-mm
	φ·Mn	3383,31 kN-m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	0,652%
Resistencia del Acero de Armas	fy	420 N/mm2
Resistencia del Hormigón	f'c	30 N/mm2
Tamaño del Arido del Hormigón	a	20 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	φ	0,9 -
Armadura Dispuesta en Primera Capa	φ.1º	25 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	8 ud
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	φ.2º	25 mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	8 ud
Recurbimiento de las Armaduras	r	92 mm
Separación entre Capas	sep.capas	25,4 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	50,4 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	φ.cerco	16 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Tractionada	do	145,7 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1204,3 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	7853,98 mm2
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	2,592 N/mm2
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la e.t		
Fibra Neutra	c	170,47 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1204,3 mm
	c/d	0,1416 -
	c/d*	0,1416 -
Deformación a Tracción	e.t	18,194 ‰
		0,018
Armadura a Tracción	ρ	0,65%
	ρ*	0,72%
	β1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	As,min	40,143 cm2
	ps.min	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

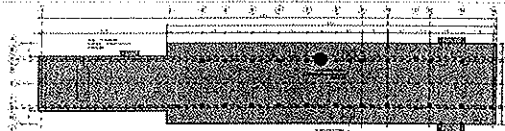


0.4.2. Estructuras



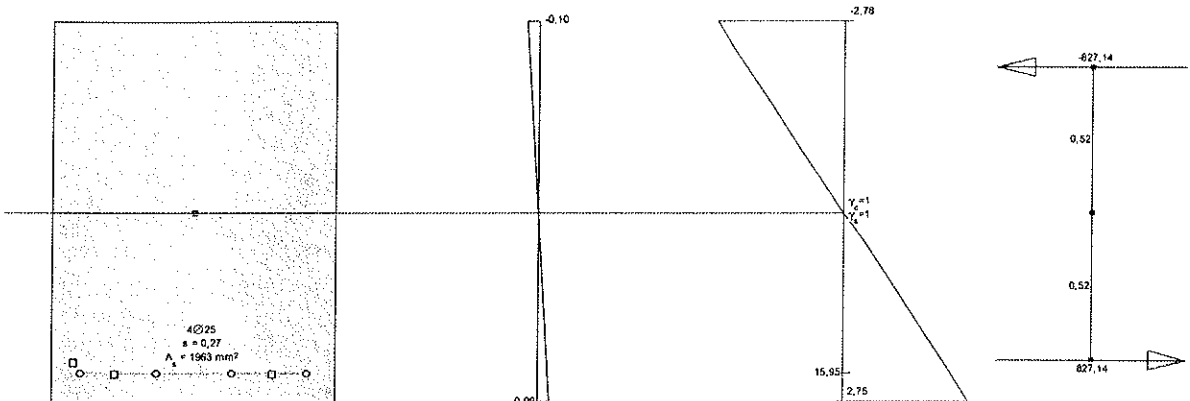
7.4.3.2 Estado Límite de Servicio (fisuración)

Sección: A
 Armado: $\varnothing 1" c/250 + \varnothing 5/8" c/250$
 $M_{servicio}$: 860 KNm/ml



Tensiones en el momento de la fisuración:

Tensiones para el momento de servicio:



Verificación del ancho de fisura (wk)

NO FISURA

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL

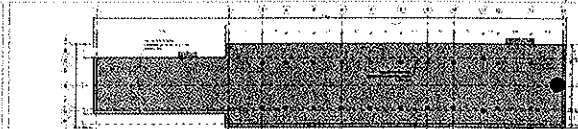




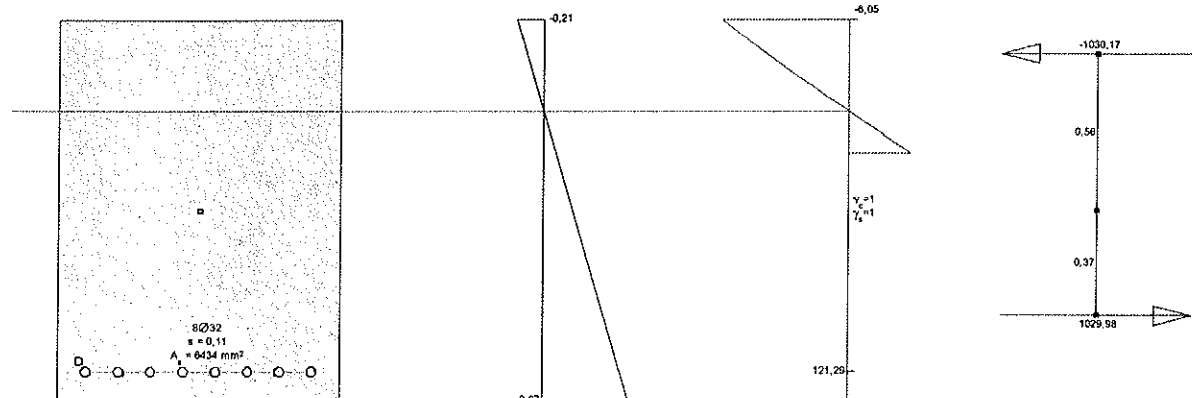
0.4.2. Estructuras

013371

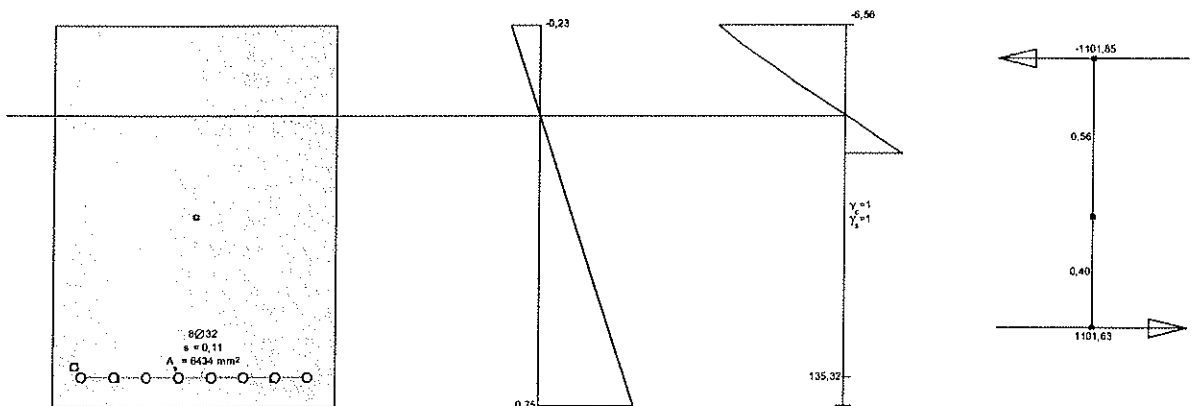
Sección: B
 Armado: $\varnothing 1 \frac{1}{4}''$ c/250 + $\varnothing 1 \frac{1}{4}''$ c/250
 $M_{servicio}$: 1055 KNm/ml



Tensiones en el momento de la fisuración:



Tensiones para el momento de servicio:



Verificación del ancho de fisura (w_k)

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224. APARTADO 4.2.3.2. APLICACIÓN DEL EUROCÓDIGO 2

Ancho de la Fisura de Diseño	w_k	0,03 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	$e_{s,m}$	0,000133027
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuantes	$s_{r,m}$	153,747 mm
Coefficiente de Carga	β	1,7
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	σ_s	135,32 N/mm ²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	$\sigma_{s,f}$	121,29 N/mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	β_1	1
Coefficiente de Cargas	β_2	1
Módulo de Deformación del Acero	E_s	200000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d_b	22,627417 mm
Cuantía efectiva	ρ_l	2,181%
Armadura de Tracción	A_s	6433,98 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A_{ct}	295000 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	k_1	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k_2	0,5
Según la ecuación (4-14) se puede estimar el $A_{s,min}$	$A_{s,min}$	1477,02 mm ²
	k_c	0,8
	k	1
	$f_{ct,eff}$	3 N/mm ²
	Act	295000 mm ²
	σ_s	239,67 N/mm ²
	Sep.Máxima	250 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL



0.4.2. Estructuras

7.4.4 Refuerzo transversal superior (T.S)

013372

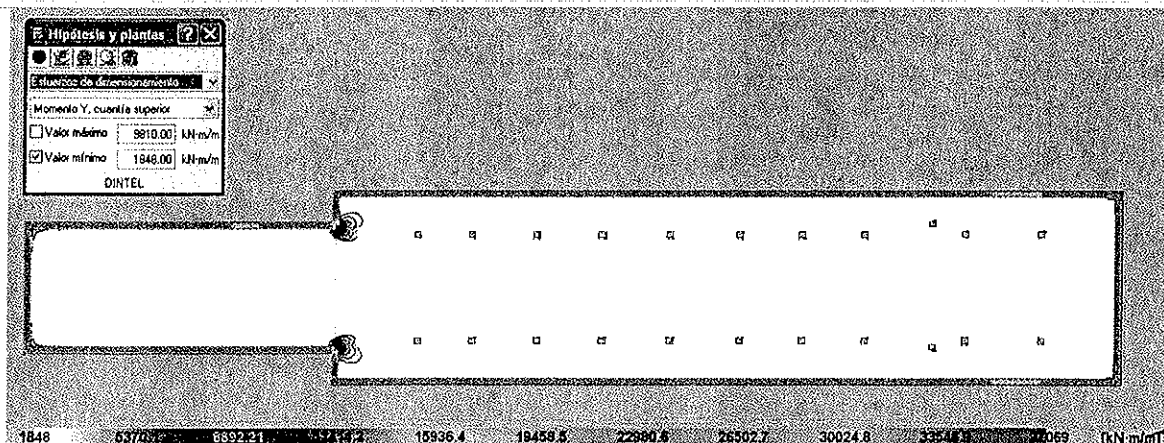
7.4.4.1 Estado Límite de Resistencia

Armadura: Ø 1" c/125

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	2053687517 N-mm
	ϕ Mn	1848,32 kN-m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	0,307%
Resistencia del Acero de Armas	fy	420 N/mm ²
Resistencia del Hormigón	f'c	25 N/mm ²
Tamaño del Arido del Hormigón	a	25 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	-
Armadura Dispuesta en Primera Capa	ϕ .1º	Ø 12 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	12
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	ϕ .2º	Ø 12 mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	12
Recurbimiento de las Armaduras	r	10 mm
Separación entre Capas	sep.capas	0 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	0 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	ϕ .cerco	10 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Traccionada	do	72,5 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1277,5 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	3926,99 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	1,258 N/mm ²
- Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la ϵ .t		
Fibra Neutra	c	80,34 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1277,5 mm
	c/d	0,0629 -
	c/d*	0,0629 -
Deformación a Tracción	ϵ .t	44,703 ‰
		0,045
Armadura a Tracción	ρ	0,31%
	ρ *	0,32%
	β 1	0,836
- Armadura Mínima de ACI		
	As,min	42,583 cm ²
	ps.min	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



0.4.2. Estructuras



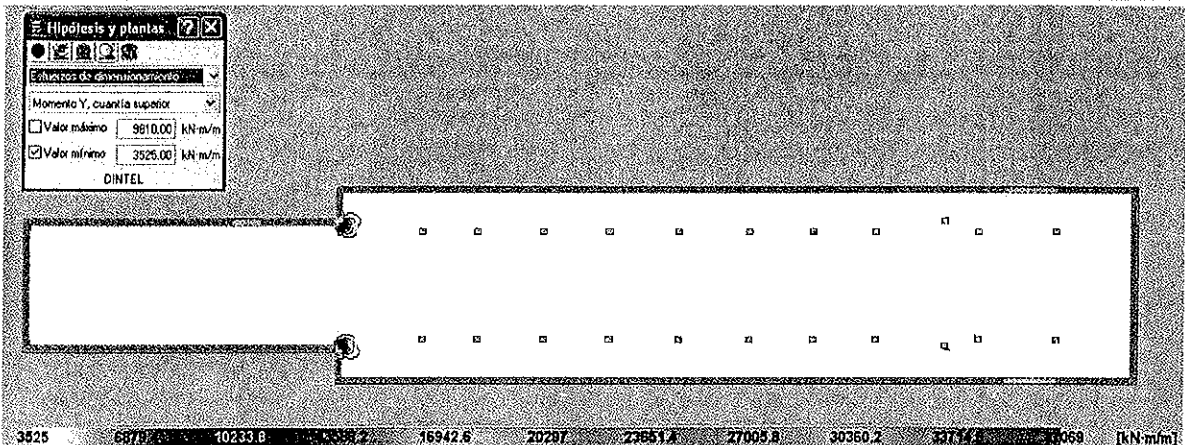
Armadura: Ø 1" c/125 + Ø 1" c/125

013373

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	3917569680 N·mm
	φ·Mn	3525,81 kN·m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuantía de la Armadura a Tracción	ρ	0,63%
Resistencia del Acero de Armas	fy	420 MPa
Resistencia del Hormigón	f'c	25 MPa
Tamaño del Arido del Hormigón	a	12 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	φ	0,836
Armadura Dispuesta en Primera Capa	φ.1º	12 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	10
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	φ.2º	12 mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	10
Recurbimiento de las Armaduras	r	10 mm
Separación entre Capas	sep.capas	25,4 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	50,4 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	φ.cerco	10 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Tractionada	do	97,7 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1252,3 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	7853,98 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	2,498 N/mm ²
- Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la ε.t		
Fibra Neutra	c	147,81 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1252,3 mm
	c/d	0,1180 -
	c/d*	0,1180 -
Deformación a Tracción	ε.t	22,417 ‰
		0,022
Armadura a Tracción	ρ	0,63%
	ρ*	0,60%
	β1	0,836
- Armadura Mínima de ACI		
	As,min	41,743 cm ²
	ps.min	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



O.4.2. Estructuras

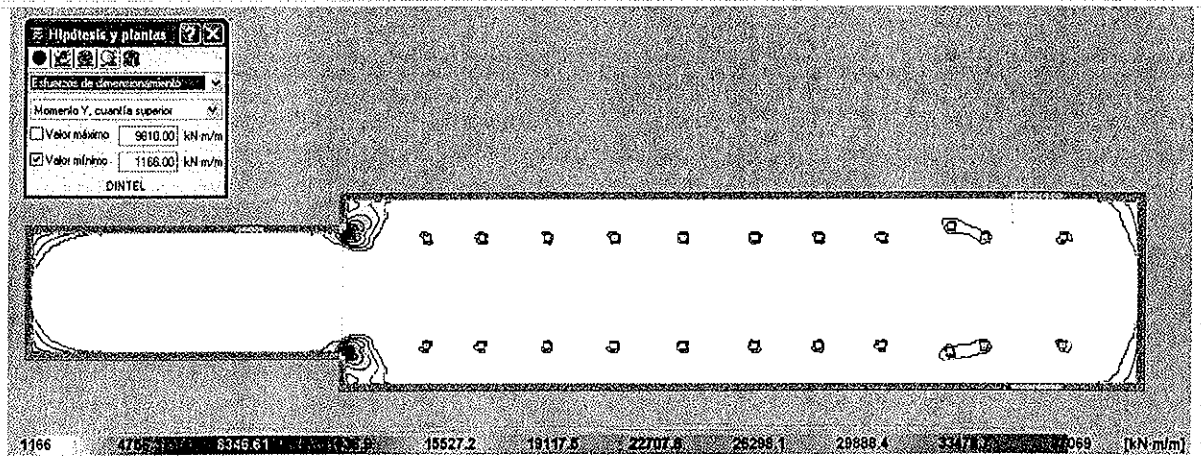


Armadura: Ø 1" c/200

013374

COMPROBACION A FLEXION SIMPLE		
Momento Nominal	Mn	1296056121 N-mm
	$\phi \cdot Mn$	1166,45 kN-m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuántía de la Armadura a Tracción	p	0,19%
Resistencia del Acero de Armas	fy	420 MPa
Resistencia del Hormigón	f'c	25 MPa
Tamaño del Arido del Hormigón	a	12 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	0,836
Armadura Dispuesta en Primera Capa	$\phi \cdot 1^{\circ}$	10 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	10
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	$\phi \cdot 2^{\circ}$	10 mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	10
Recurbimiento de las Armaduras	r	0 mm
Separación entre Capas	sep.capas	0 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	0 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	$\phi \cdot cerco$	10 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Tractionada	do	72,5 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1277,5 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	2454,37 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	0,794 N/mm ²
- Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la e.t		
Fibra Neutra	c	67,46 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1277,5 mm
	c/d	0,0528 -
	c/d*	0,0528 -
Deformación a Tracción	e.t	53,814 ‰
		0,054
Armadura a Tracción	ρ	0,19%
	ρ^*	0,27%
	β_1	0,836
- Armadura Mínima de ACI		
	As,min	42,583 cm ²
	ps.min	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



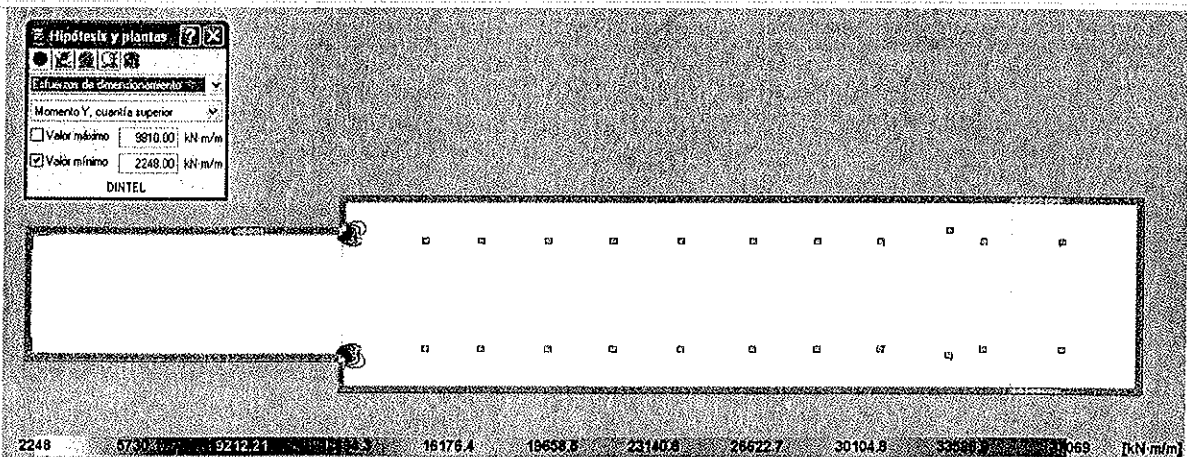


Armadura: Ø 1" c/200 + Ø 1" c/200

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	2498486743 N-mm
	φ·Mn	2248,64 kN-m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	0,392%
Resistencia del Acero de Armas	fy	420 N/mm ²
Resistencia del Hormigón	f'c	30 N/mm ²
Tamaño del Arido del Hormigón	a	20 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	φ	0,9 -
Armadura Dispuesta en Primera Capa	φ.1º	25 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	5 ud
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	φ.2º	25 mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	5 ud
Recurbimiento de las Armaduras	r	50 mm
Separación entre Capas	sep.capas	25,4 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	50,4 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	φ.cerco	10 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Traccionada	do	97,7 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1252,3 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	4908,74 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	1,593 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la ε.t		
Fibra Neutra	c	73,82 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1252,3 mm
	c/d	0,0589 -
	c/d*	0,0589 -
Deformación a Tracción	ε.t	47,895 ‰
		0,048
Armadura a Tracción	ρ	0,39%
	ρ*	0,30%
	β1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	As,min	41,743 cm ²
	ρs.min	0,333%

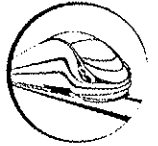
ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



0.4.2. Estructuras



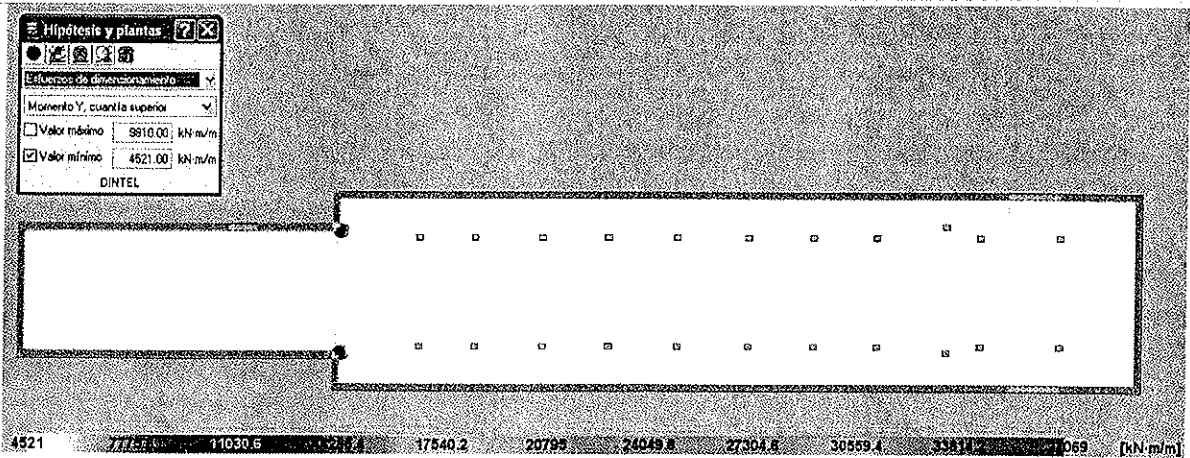
Armadura: \emptyset 1" c/125 + \emptyset 1 1/4" c/125

013376

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	5024388507 N-mm
	ϕ -Mn	4521,95 kN-m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	0,836%
Resistencia del Acero de Armas	f _y	420 N/mm ²
Resistencia del Hormigón	f' _c	30 N/mm ²
Tamaño del Arido del Hormigón	a	20 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	0,9
Armadura Dispuesta en Primera Capa	ϕ .1º	25 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	8 ud
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	ϕ .2º	32 mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	8 ud
Recurbimiento de las Armaduras	r	50 mm
Separación entre Capas	sep.capas	32 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	60,5 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	ϕ .cerco	10 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Traccionada	d _o	110,069436 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1239,930564 mm
Área Total dispuesta a Tracción	A _s	10360,97 mm ²
Parámetro K _n de la ACI 318-08	K _n	3,268 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la e.t		
Fibra Neutra	c	220,24 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1239,930564 mm
	c/d	0,1776 -
	c/d*	0,1776 -
Deformación a Tracción	e.t	13,890 ‰
		0,014
Armadura a Tracción	ρ	0,84%
	ρ^*	0,90%
	β 1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	A _{s,min}	41,331 cm ²
	ps.min	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASANE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



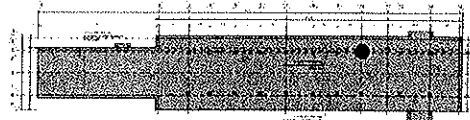
O.4.2. Estructuras



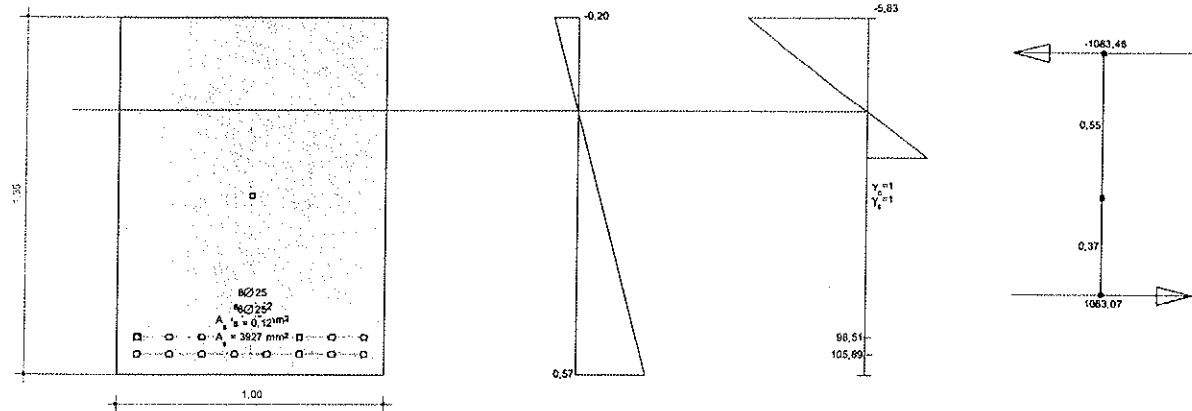
7.4.4.2 Estado Límite de Servicio (fisuración)

013377

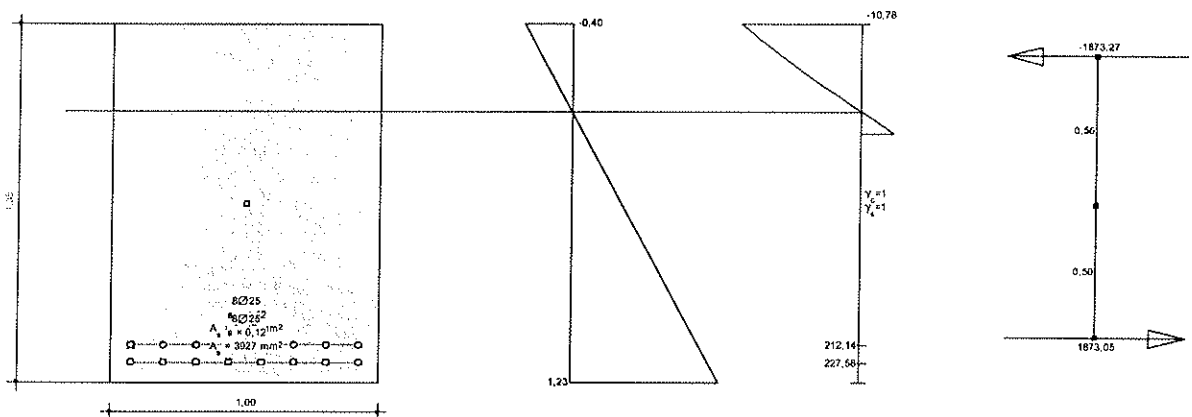
Sección: A (sobre pila)
 Armado: Ø 1" c/125 + Ø 1" c/125
 M_{servicio}: 1986 KNm/ml



Tensiones en el momento de la fisuración:



Tensiones para el momento de servicio:



Verificación del ancho de fisura (wk)

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224. APARTADO 4.2.3.2. APLICACIÓN DEL EUROCÓDIGO 2.

Ancho de la Fisura de Diseño	wk	0.19 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	e.sm	0,000891675
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuantes	S _{rm}	127,747 mm
Coefficiente de Carga	β	1,7
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	σ _s	227,6 N/mm ²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	σ _{sr}	105,89 N/mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	β ₁	1
Coefficiente de Cargas	β ₂	1
Módulo de Deformación del Acero	E _s	200000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d _b	25 mm
Cuántia efectiva	p _l	3,216%
Armadura de Tracción	A _s	7853,98 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A _{ct}	244250 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras.	k ₁	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k ₂	0,9
Según la ecuación (4-14) se puede estimar el A _{s,min}	A _{s,min}	1224,44 mm ²
	k _c	0,4
	k	1
	f _{ct,eff}	3 N/mm ²
	A _{ct}	244250 mm ²
	σ _s	239,38 N/mm ²
	Sep. Máxima	250 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASANE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL





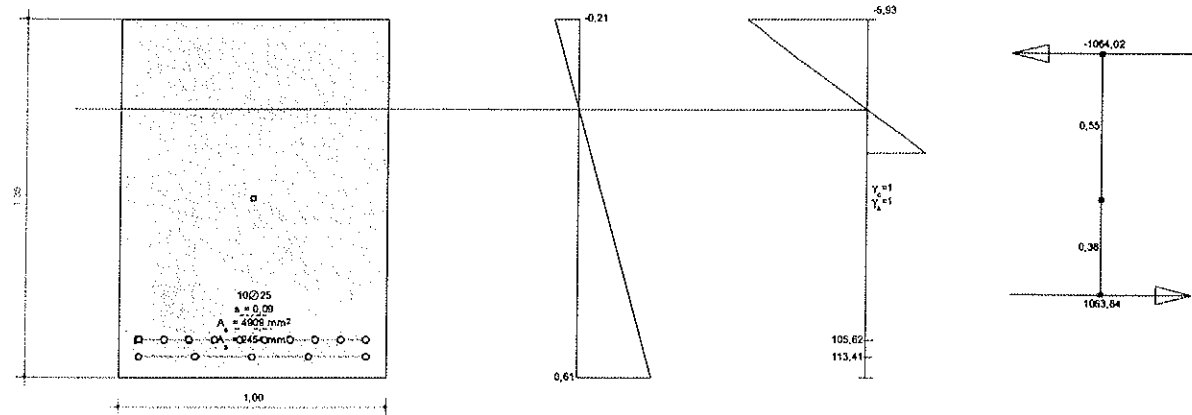
0.4.2. Estructuras

Sección: B (esquina pantallas)
 Armado: $\varnothing 1" c/200 + \varnothing 1" c/100$
 $M_{servicio}$: 2225 KNm/ml

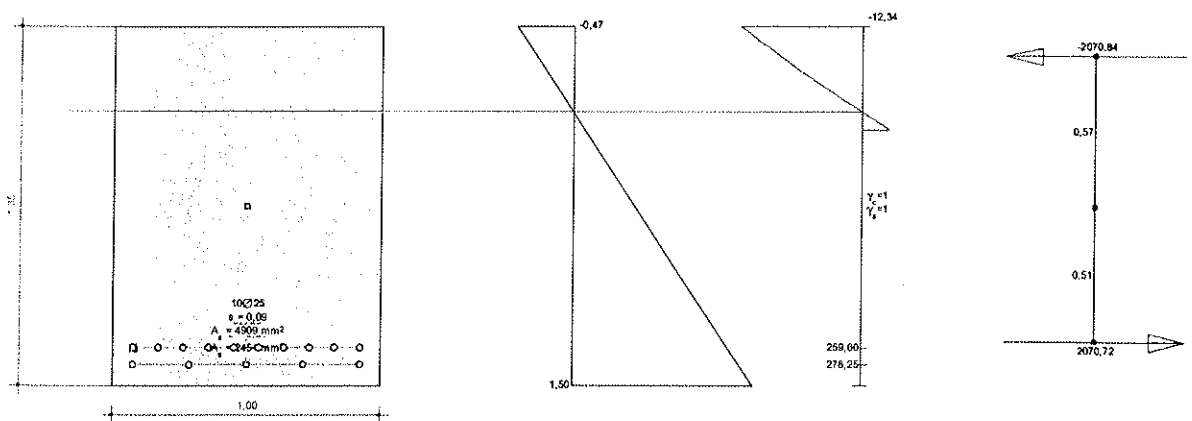
013378



Tensiones en el momento de la fisuración:



Tensiones para el momento de servicio:



Verificación del ancho de fisura (wk)

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224R APARTADO 4.2.3.2: APLICACIÓN DEL EUROCÓDIGO 2

Ancho de la Fisura de Diseño	w_k	0,28 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	e_{sm}	0,00116013
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuantes	s_{rm}	140,060 mm
Coefficiente de Carga	β	1,7
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	σ_s	278,25 N/mm ²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	σ_{sr}	113,41 N/mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	β_1	1
Coefficiente de Cargas	β_2	1
Módulo de Deformación del Acero	E_s	210000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d_b	25 mm
Cuántía efectiva	ρ_l	2,776%
Armadura de Tracción	A_s	7363,11 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A_{ct}	265250 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras.	k_1	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k_2	0,5

Según la ecuación (4-14) se puede estimar el $A_{s,min}$

$A_{s,min}$	1329,71 mm ²
k_c	0,4
k	1
$f_{ct,eff}$	3 N/mm ²
A_{ct}	265250 mm ²
σ_s	239,38 N/mm ²
Sep Maxima	250 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASARE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL



0.4.2. Estructuras



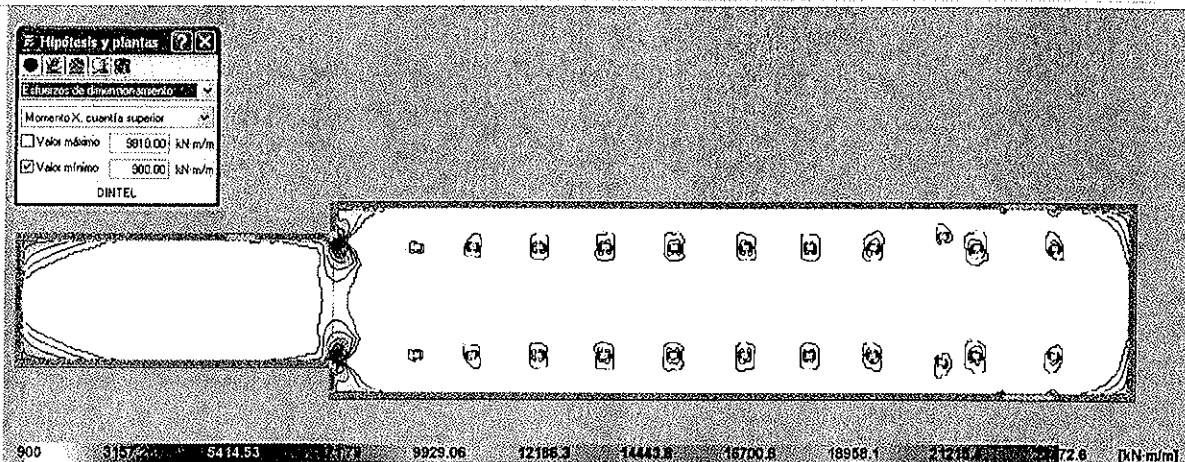
7.4.5 Refuerzo longitudinal superior (L.S)

7.4.5.1 Estado Límite de Resistencia

Armadura: \varnothing 1" c/250

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE		
Momento Nominal	Mn	1000594542 N·mm
	$\phi \cdot Mn$	900,54 kN·m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	0,160%
Resistencia del Acero de Armas	fy	420 N/mm ²
Resistencia del Hormigón	f'c	30 N/mm ²
Tamaño del Arido del Hormigón	a	20 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	0,9
Armadura Dispuesta en Primera Capa	$\phi, 1^{\circ}$	25 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	4 ud
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	$\phi, 2^{\circ}$	mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	ud
Recurbimiento de las Armaduras	r	92 mm
Separación entre Capas	sep.capas	0 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	0 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	ϕ .cerco	16 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Tractionada	do	120,5 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1229,5 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	1963,50 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	0,662 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la e.t		
Fibra Neutra	c	54,50 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1229,5 mm
	c/d	0,0443
	c/d*	0,0443
Deformación a Tracción	e.t	64,676 ‰
		0,065
Armadura a Tracción	ρ	0,16%
	ρ^*	0,22%
	β_1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	As,min	40,983 cm ²
	ps.min	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



0.4.2. Estructuras



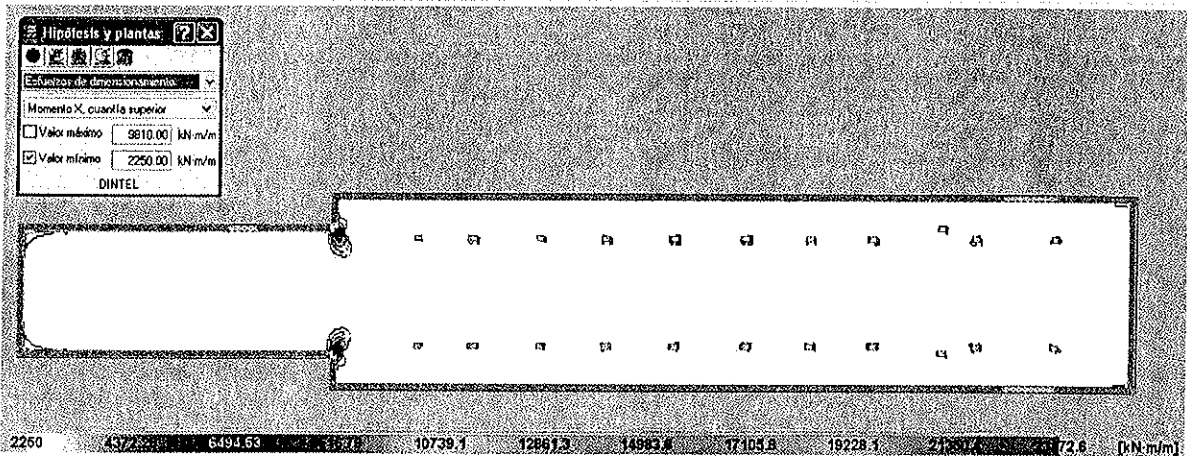
013380

Armadura: Ø 1" c/250 + Ø 1 1/4" c/250

COMPROBACIÓN A FLEXIÓN SIMPLE

Momento Nominal	Mn	2500581612 N·mm
	$\phi \cdot Mn$	2250,52 kN·m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuántía de la Armadura a Tracción	ρ	0,435%
Resistencia del Acero de Armas	f_y	420 N/mm ²
Resistencia del Hormigón	f'_c	30 N/mm ²
Tamaño del Arido del Hormigón	a	20 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	ϕ	0,9
Armadura Dispuesta en Primera Capa	$\phi \cdot 1^\circ$	25 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	4 ud
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	$\phi \cdot 2^\circ$	32 mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	4 ud
Recurbimiento de las Armaduras	r	92 mm
Separación entre Capas	sep.capas	32 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	60,5 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	ϕ .cerco	16 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Tractionada	d_o	158,069436 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1191,930564 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	5180,49 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	1,760 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra (c) y la $\epsilon \cdot t$		
Fibra Neutra	c	111,78 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1191,930564 mm
	c/d	0,0938 -
	c/d*	0,0938 -
Deformación a Tracción	$\epsilon \cdot t$	28,991 ‰
		0,029
Armadura a Tracción	ρ	0,43%
	ρ^*	0,48%
	β_1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	As,min	39,731 cm ²
	ps.min	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



0.4.2. Estructuras



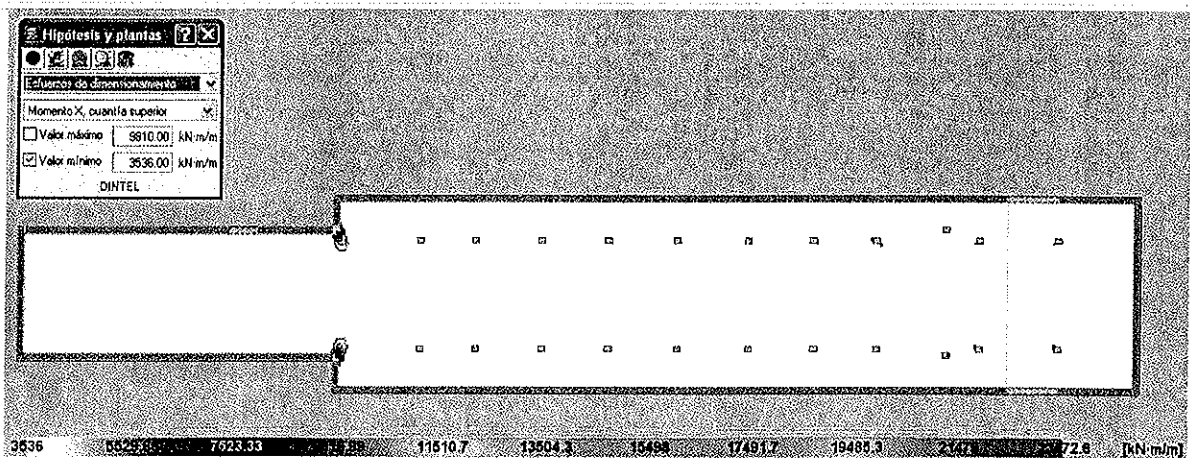
Armadura: Ø 1" c/250 + Ø 1 1/4" c/125

013381

COMPROBACION A FLEXION SIMPLE

Momento Nominal	Mn	3928977743 N·mm
	φ·Mn	3536,08 kN·m
Ancho de la Sección	b	1000 mm
Canto de la Sección	h	1350 mm
Cuantía de la Armadura a Tracción	ρ	0,710%
Resistencia del Acero de Armas	fy	420 N/mm ²
Resistencia del Hormigón	f'c	30 N/mm ²
Tamaño del Arido del Hormigón	a	20 mm
Coefficiente Reductor de Flexión	φ	0,9
Armadura Dispuesta en Primera Capa	φ.1º	25 mm
Nº de Barras en Primera Capa	N1º	4 ud
Armadura Dispuesta en Segunda Capa	φ.2º	12 mm
Nº Barras en Segunda Capa	N2º	8 ud
Recurbimiento de las Armaduras	r	92 mm
Separación entre Capas	sep.capas	32 mm
Separación de Ejes de Capas	sep.Eje.capa	60,5 mm
Diámetro del Cerco Dispuesto	φ.cerco	16 mm
distancia del Baricentro a la Fibra Más Traccionada	do	166,8539095 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1183,146091 mm
Área Total dispuesta a Tracción	As	8397,48 mm ²
Parámetro Kn de la ACI 318-08	Kn	2,807 N/mm ²
· Procedemos a Obtener las fibra Neutra [c] y la e.t		
Fibra Neutra	c	154,30 mm
Distancia del Baricentro de las Armaduras a la Fibra Comprimida	d	1183,146091 mm
	c/d	0,1304 -
	c/d*	0,1304 -
Deformación a Tracción	e.t	20,004 ‰
		0,020
Armadura a Tracción	ρ	0,71%
	ρ*	0,66%
	β1	0,836
· Armadura Mínima de ACI		
	As,min	39,438 cm ²
	ps.min	0,333%

ZONAS CUBIERTAS POR EL REFUERZO (zona blanca)

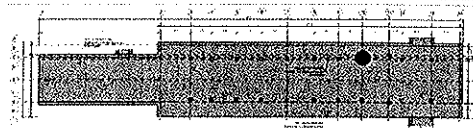


0.4.2. Estructuras



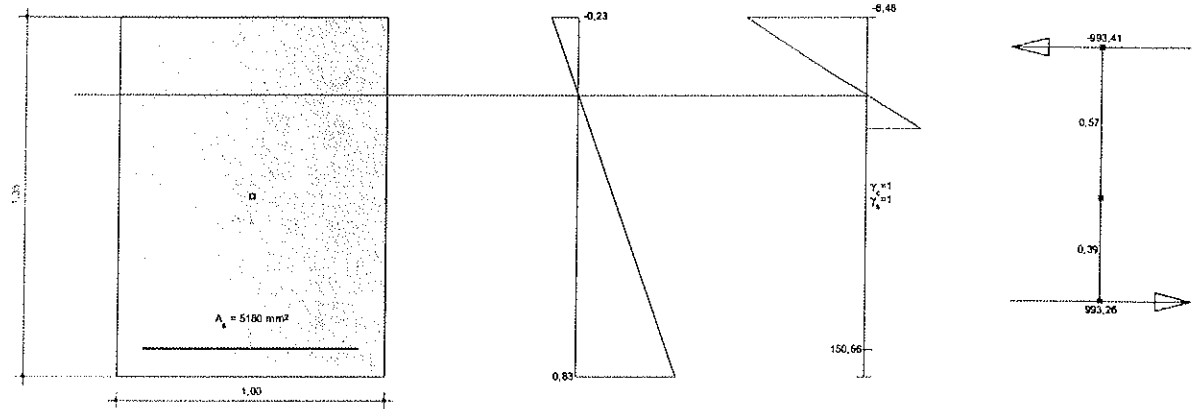
7.4.5.2 Estado Límite de Servicio (fisuración)

Sección: A (sobre pila)
 Armado: $\emptyset 1 \frac{1}{4}'' c/250 + \emptyset 1 \frac{1}{4}'' c/250$
 $M_{servicio}$: 1440 KNm/ml

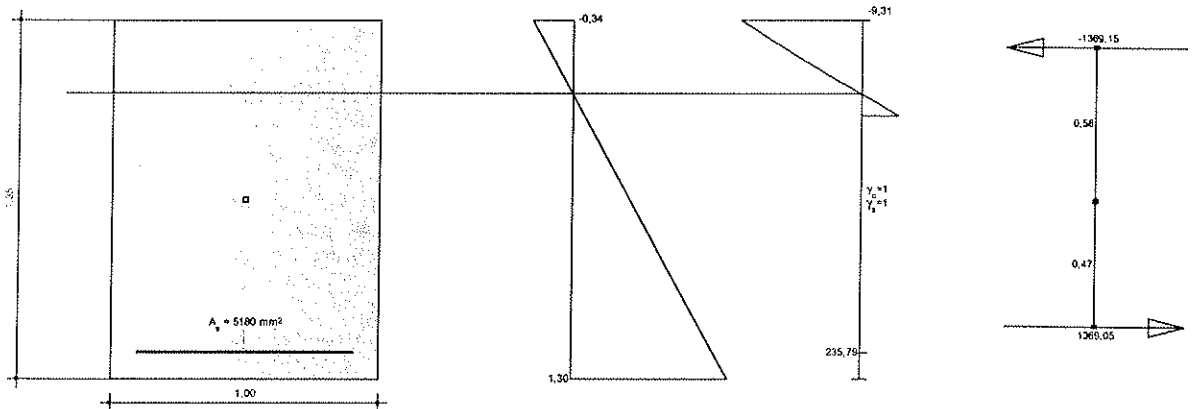


013382

Tensiones en el momento de la fisuración:



Tensiones para el momento de servicio:



Verificación del ancho de fisura (w_k)

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224. APARTADO 4.2.3.2. APLICACIÓN DEL EUROCÓDIGO 2

Ancho de la Fisura de Diseño	w_k	0,32 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	e.sm	0,000697623
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuantes	S _{rm}	269,035 mm
Coefficiente de Carga	β	1,7
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	σ_s	235,79 N/mm ²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	σ_{sr}	150,66 N/mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	β_1	1
Coefficiente de Cargas	β_2	1
Módulo de Deformación del Acero	E _s	200000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d.b	28,71410803 mm
Cuantía efectiva	ρ_l	1,311%
Armadura de Tracción	A _s	5180,49 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A _{ct}	395173,5901 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras.	k ₁	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k ₂	0,5
Según la ecuación (4-14) se puede estimar el A _{s,min}	A _{s,min}	2963,80 mm ²
	kc	0,4
	k	1
	f _{ct,eff}	3 N/mm ²
	Act	395173,5901 mm ²
	σ_s	160,00 N/mm ²
	Sep.Máxima	300 mm

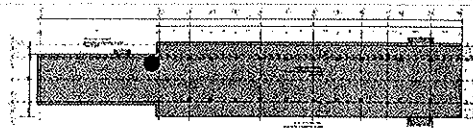
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 CONSORCIO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL

0.4.2. Estructuras

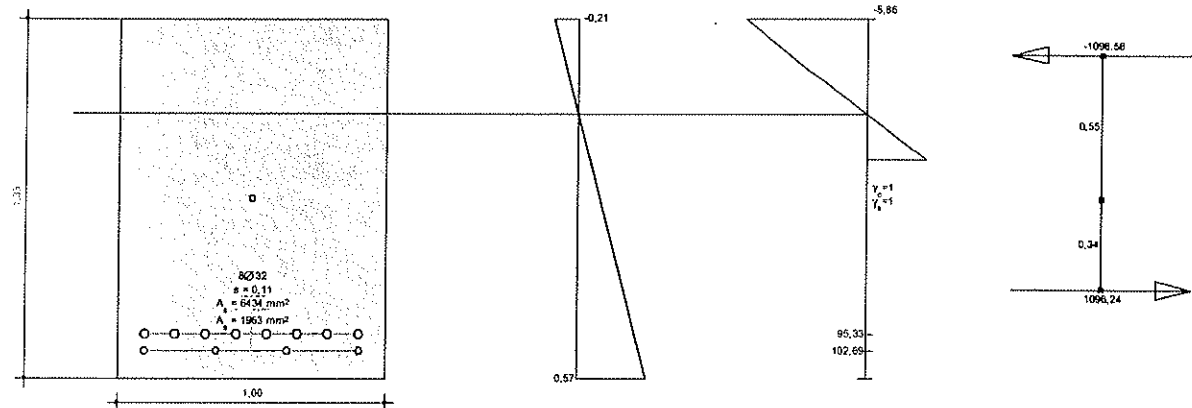


013383

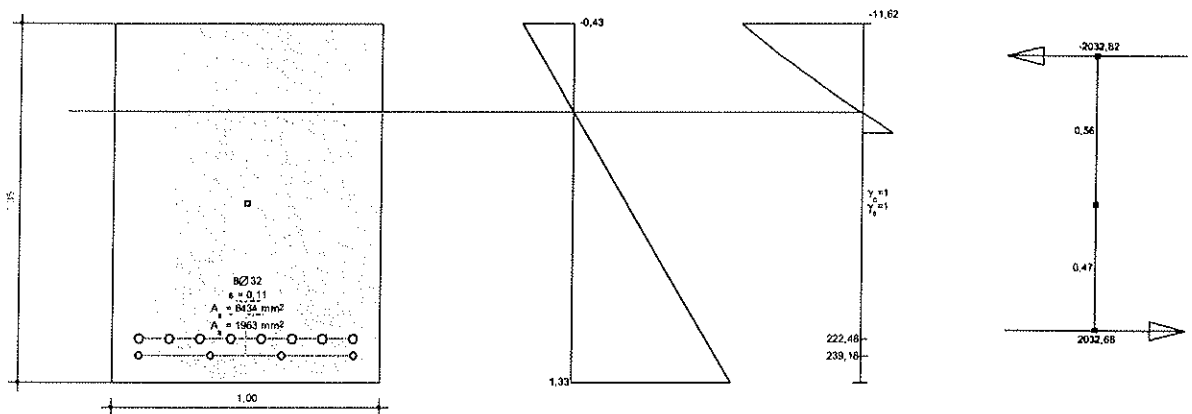
Sección: B (próximo a esquina pantallas)
 Armado: Ø 1 1/4" c/250 + Ø 1 1/4" c/125
 M_{servicio}: 2100 KNm/ml



Tensiones en el momento de la fisuración:



Tensiones para el momento de servicio:



Verificación del ancho de fisura (w_k)

FISURACIÓN SEGÚN ACI 224. APARTADO 4.2.3.2. APLICACIÓN DEL EUROCÓDIGO 2

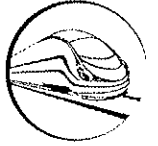
Ancho de la Fisura de Diseño	w _k	0,32 mm
Separación Media de Fisuras Estabilizadas	e.sm	0,000947986
Deformación de las Armaduras con los Esfuerzos Actuantes	S _{rm}	198,274 mm
Coefficiente de Carga	β	1,7
Tensión de las Armaduras Ante carga Actuante	σ _s	239,18 N/mm ²
Tensión de las Armaduras en el momento de la Fisuración.	σ _{sr}	108,9 N/mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	β ₁	1
Coefficiente de Cargas	β ₂	1
Módulo de Deformación del Acero	E _s	200000 N/mm ²
Diámetro Equivalente de las Barras	d _b	29,84962311 mm
Cuantía efectiva	ρ _l	2,013%
Armadura de Tracción	A _s	8397,48 mm ²
Armadura Efectiva del Hormigón	A _{ct}	417134,7737 mm ²
Coefficiente de Tipologías de Barras	k ₁	0,8
Coefficiente dependiente del Estado de Carga.	k ₂	0,5

Según la ecuación (4-14) se puede estimar el A_{s,min}

A _{s,min}	3128,51 mm ²
k _c	0,4
k	1
f _{ct,eff}	2 N/mm ²
A _{ct}	417134,7737 mm ²
σ _s	160,00 N/mm ²
Sep. Máxima	300 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL



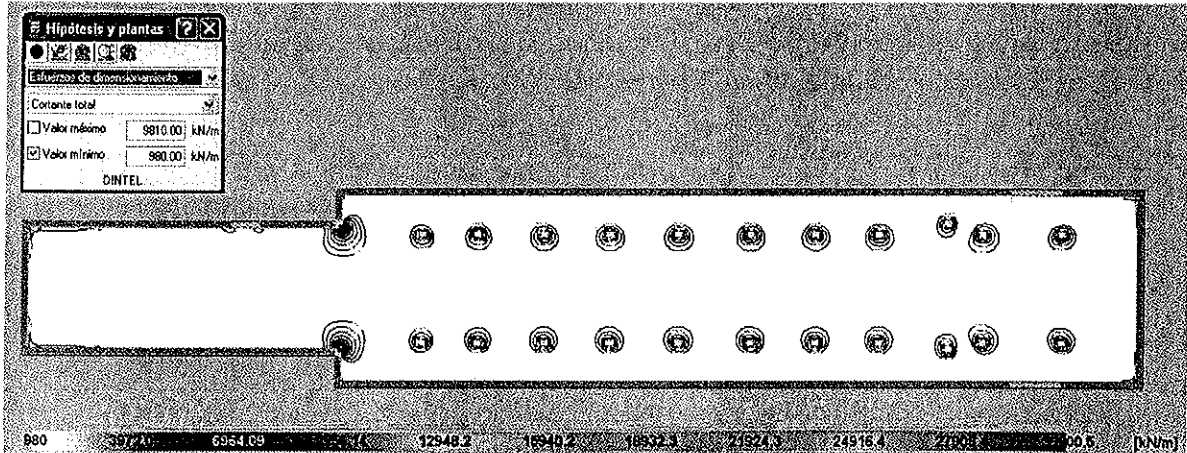


0.4.2. Estructuras

7.4.6 Cortante

013384

La resistencia de la sección a cortante, únicamente considerando la contribución del hormigón, es de aproximadamente $\phi V_c = 980$ KN. Las zonas donde se supera dicha resistencia son las siguientes:





0.4.2. Estructuras

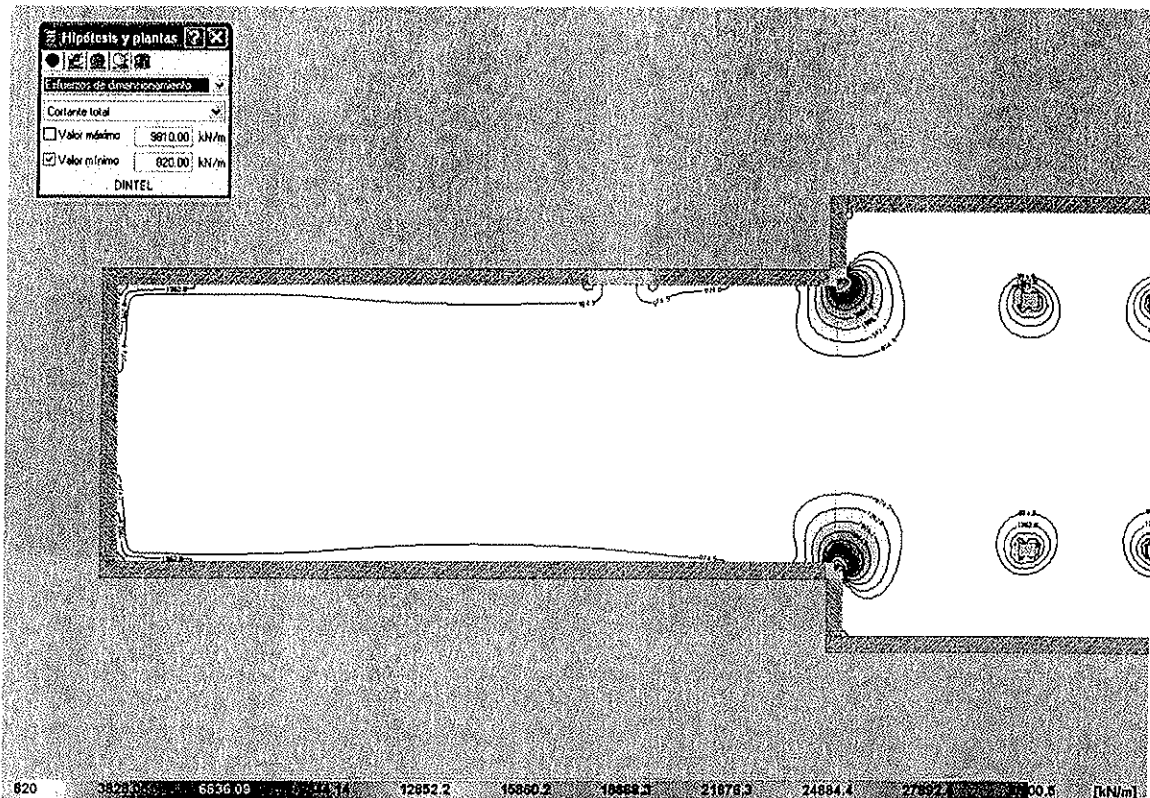
La justificación del armado es:

013385

COMPROBACIÓN A CORTANTE		
Valor Máximo de $\sqrt{f'c}$	$\sqrt{f'c}$	5,477 N/mm ²
Valor de Relación de Densidades	λ	1,3
Resistencia del Concreto a Cortante (11-3)	V_c	1156,46 kN
Armadura de Cortante Mínima	$A_{v,min/5}$	8,085 cm ² /m
Resistencia a Tracción del Acero	f_{yt}	420 N/mm ²
Cortante Mínimo Resistido por el $A_{v,min/5}$	$V_{s,min}$	421,77 kN
Diámetro del Cerco de Cortante	ϕ_{cerco}	12 mm
Nº de Ramas a Colocar en un Mismo Plano	N.ramas	8 uds
Separación entre Ramas	S.ramas	17,5 cm
Armadura Colocada a Cortante	A.cortante	72,38 cm ² /m
Cortante Resistido por el Armado de Cortante-ACERO	V_s	3775,75 kN
Factor de Resistencia por Cortante	ϕ	0,75
Cortante Total Resistido	$\phi \cdot (V_c + V_s)$	3699,16 kN
Cortante Total Resistido	$\phi \cdot (V_c)$	867,35 kN
Cortante Total Resistido	$\phi \cdot (V_s)$	2831,81 kN

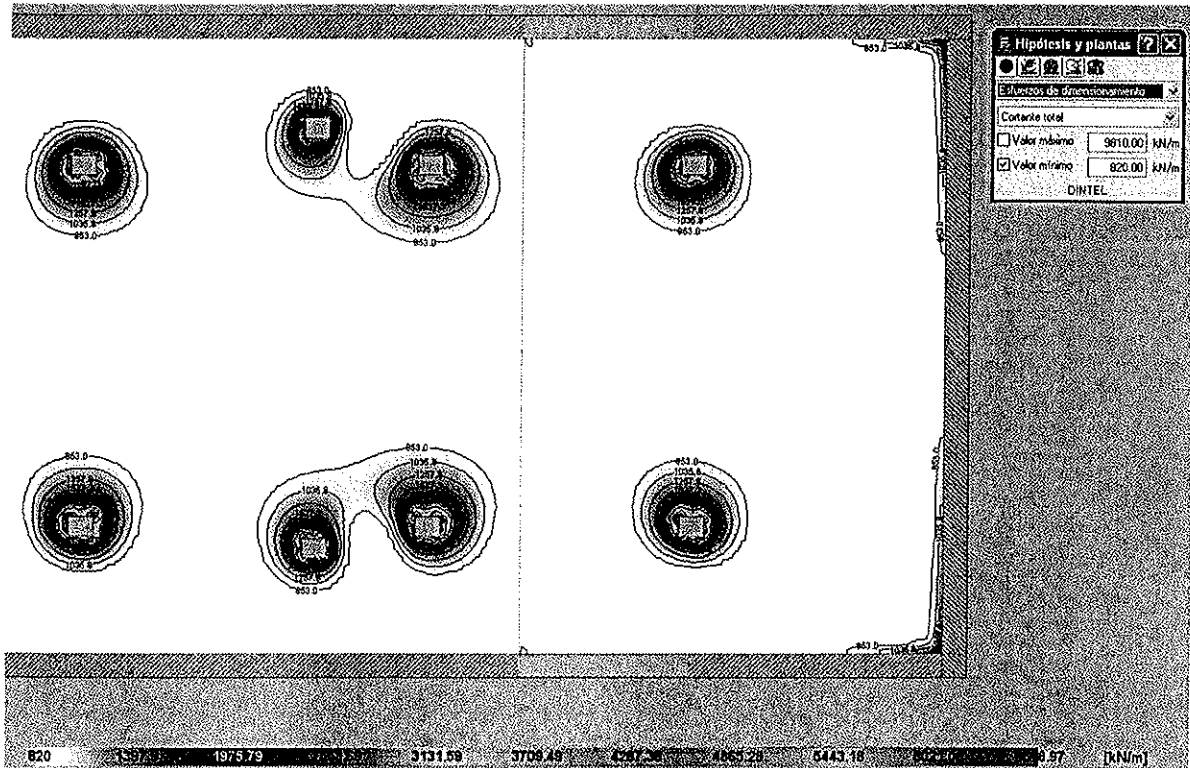
FRANJA PRÓXIMA A LAS PANTALLAS

De la misma forma, de acuerdo al artículo 11.1.3.1. de NTE E.60 el cortante de diseño se puede obtener a una distancia "d" (canto útil) del apoyo, en este caso las pantallas. De esta forma, el esfuerzo obtenido del modelo es de $V_u = 820$ KN/ml.



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

0.4.2. Estructuras



La justificación del armado es:

COMPROBACIÓN A CORTANTE		
Valor Máximo de $\sqrt{f'c}$	$\sqrt{f'c}$	5,477 N/mm ²
Valor de Relación de Densidades	λ	1 -
Resistencia del Concreto a Cortante (11-3)	Vc	1186,26 kN
Armadura de Cortante Mínima	Av,min/S	8,085 cm ² /m 0,809 mm ² /mm
Resistencia a Tracción del Acero	fyt	420 N/mm ²
Cortante Mínimo Resistido por el Av,min/S	Vs,min	432,64 kN
Diámetro del Cerco de Cortante	φ.cerco	10 mm
Nº de Ramas a Colocar en un Mismo Plano	N.ramas	4 uds
Separación entre Ramas	S.ramas	25 cm
Armadura Colocada a Cortante	Acortante	11,36 cm ² /m 1,136 mm ² /mm
Cortante Resistido por el Armado de Cortante-ACERO	Vs	607,85 kN
Factor de Resistencia por Cortante	φ	0,75 -
Cortante Total Resistido	φ.(Vc+Vs)	1345,58 kN
Cortante Total Resistido	φ.(Vc)	889,69 kN
Cortante Total Resistido	φ.(Vs)	455,89 kN

7.4.7 Punzonamiento

De acuerdo a las Disposiciones Especiales para losas y zapatas recogidas en la NTE E.60, se comprueba la resistencia a cortante de la losa en la cercanía de las columnas.

Del modelo se extraen los esfuerzos característicos de cada hipótesis simple de carga que, convenientemente mayorados por los coeficientes de amplificación, proporcionan el esfuerzo de cálculo para la verificación de la resistencia a cortante en el entorno de las pilas.

O.4.2. Estructuras



La siguiente tabla muestra los esfuerzos característicos y el esfuerzo combinado en cabeza de cada una de las columnas:

013387

Soporte	Planta	Dimensión(cm)	Tramo(m)	Hipótesis	Cabeza						Nu (kN)
					N(kN)	Mx(kN-m)	My(kN-m)	Ox(kN)	Oy(kN)	T(kN-m)	
C3	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	2916,1	0	0	0	0	0	12182,09
				Cargas muertas	3599,8	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	1799,9	0	0	0	0		
C4	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3238,2	0	0	0	0	13416,62	
				Cargas muertas	3948,1	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	1974	0	0	0	0		
C5	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3442,1	0	0	0	0	14245,23	
				Cargas muertas	4189,5	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2094,7	0	0	0	0		
C6	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3526,8	0	0	0	0	14599,02	
				Cargas muertas	4294	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2147	0	0	0	0		
C7	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3608,9	0	0	0	0	14941,21	
				Cargas muertas	4395	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2197,5	0	0	0	0		
C8	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3517,5	0	0	0	0	14563,36	
				Cargas muertas	4283,9	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2142	0	0	0	0		
C9	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3405,9	0	0	0	0	14098,7	
				Cargas muertas	4146,9	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2073,4	0	0	0	0		
C10	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3569,8	0	0	0	0	14761,82	
				Cargas muertas	4339,6	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2169,8	0	0	0	0		
C11	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	2525,3	0	0	0	0	10540,71	
				Cargas muertas	3113,5	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	1556,7	0	0	0	0		
C12	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3539,8	0	0	0	0	14624,28	
				Cargas muertas	4297,1	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2148,6	0	0	0	0		
C13	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3288,6	0	0	0	0	13706,19	
				Cargas muertas	4045,4	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2022,7	0	0	0	0		
C14	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3282,8	0	0	0	0	13682,32	
				Cargas muertas	4038,4	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2019,2	0	0	0	0		
C15	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3431,9	0	0	0	0	14186,12	
				Cargas muertas	4169,5	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2084,8	0	0	0	0		
C16	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	2821,9	0	0	0	0	11722,61	
				Cargas muertas	3454,2	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	1727,1	0	0	0	0		
C17	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3524,8	0	0	0	0	14578,81	
				Cargas muertas	4286,3	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2143,1	0	0	0	0		
C18	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3403,9	0	0	0	0	14090,81	
				Cargas muertas	4144,6	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2072,3	0	0	0	0		
C19	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3517,9	0	0	0	0	14564,96	
				Cargas muertas	4284,4	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2142,2	0	0	0	0		
C20	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3608,9	0	0	0	0	14941,21	
				Cargas muertas	4395	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2197,5	0	0	0	0		
C21	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3526,8	0	0	0	0	14599,02	
				Cargas muertas	4294	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2147	0	0	0	0		
C22	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3442	0	0	0	0	14245,09	
				Cargas muertas	4189,5	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	2094,7	0	0	0	0		
C23	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	3238,2	0	0	0	0	13416,62	
				Cargas muertas	3948,1	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	1974	0	0	0	0		
C24	DINTEL	100x80	0,00/20,65	Peso propio	2916,1	0	0	0	0	12182,09	
				Cargas muertas	3599,8	0	0	0	0		
				Sobrecarga de uso	1799,9	0	0	0	0		

MAX 14941,21

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASARE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL





O.4.2. Estructuras

Además, de acuerdo a EC2, en pilares interiores se tiene en cuenta un factor de amplificación (β) debido a excentricidad del axil y que en el caso de pilares interiores toma el valor de 1.0513388

La justificación del armado dispuesto se recoge a continuación:

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

Canto de la Losa	h	mm	1350
Recubrimiento de Losa	r	mm	50
Canto Útil	d	mm	1300
Dimensión Hor. (X) Pilar	C1	mm	1000
Dimensión Ver. (Y) Pilar	C2	mm	800
Tipología del Pilar			Interior

DETERMINACIÓN DE PERÍMETROS Y ÁREAS CRÍTICAS

Perímetro Crítico Interior	U1.1	mm	19936,28
Perímetro Crítico Borde	U1.2x	m	10968,14
	U1.2y	m	10768,14
Perímetro Crítico Esquina	U1.3	m	5884,07
Área Críticas Interior	A.c1	cm ²	259171,66
Área Críticas Borde	A.c2x	cm ²	142585,83
	A.c2y	cm ²	139985,83
Área Críticas Esquina	A.c3	cm ²	76492,92

LOSAS SIN ARMADURA DE PUNZONAMIENTO

Tensión Tangencial Nominal de Cálculo en el Perímetro Crítico	τ_{sd}	N/mm ²	0,663
Esfuerzo Efectivo de Cálculo	F.sd,ef	kN	17183,3
¿Existe Excentricidad de la Carga?	ϵ ?	-	Si
Coefficiente de Excentricidad de Carga	β	-	1,15
Esfuerzo de Cálculo	F.sd	kN	14942
Valor de U1-d a usar	U1.d	cm ²	259171,66
Tensión Resistente de Cálculo en Perímetro Crítico	τ_{rd}	N/mm ²	0,454
Tensión Máxima Resistente en Perímetro Crítico	τ_{rd}	N/mm ²	0,4538
Tensión Mínima Resistente en Perímetro Crítico	$\tau_{rd,min}$	N/mm ²	0,4499
Resistencia Efectiva del Hormigón	f _{cv}	N/mm ²	30

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL


0.4.2. Estructuras

Resistencia Caracte. Hormigón	fck	N/mm2	30
Coef. Seguridad Hormigón	γ_c	-	1,5
Resistencia Cálculo Hormigón	fcd	N/mm2	20
Cuantía Geométrica de Armadura Longitudinal de Tracción	ρ_l	-	0,00668
Cuantía Dirección X	ρ_x	-	0,00582
Cuantía Dirección Y	ρ_y	-	0,00767
Armadura Base en X	$\phi_{x,b}$	mm	25
	sep.x	cm	12,5
Armadura Refuerzo en X	$\phi_{x,r}$	mm	25
	sep.x	cm	12,5
Armadura Base en Y	$\phi_{y,b}$	mm	25
	sep.y	cm	12,5
Armadura de Refuerzo en Y	$\phi_{y,r}$	mm	32
	sep.y	cm	12,5
Armadura Dirección X	A.sx	cm2/ml	78,54
Armadura Dirección Y	A.sy	cm2/ml	103,61
	ξ	-	1,39
Tensión Axial Media	σ'_{cd}	N/mm2	0
Tensión Dirección X	σ'_{cdx}	N/mm2	0
Tensión dirección Y	σ'_{cdy}	N/mm2	0
Fuerza Longitudinal, Direc. X, en bx	N.d,x	kN	0
Fuerza Longitudinal, Direc. Y, en by	N.d,y	kN	0
	A.x	mm2	8370000
	A.y	mm2	8100000
	bx	mm	6200
	by	mm	6000

013389

LOSAS CON ARMADURA DE PUNZONAMIENTO

Tensión Tangencial Nominal de Cálculo	τ_{sd}	N/mm2	0,663
Tensión Máxima Resistente	τ_{rd}	N/mm2	0,454
Área Total en 1er Perimetro Crítico	A.sw	mm2	2680,00
Ángulo Armadura	α	°	90
Resistencia Característica de Acero	f.yk	N/mm2	500
Coef. Seguridad Acero	γ_s	-	1,15
Resistencia Cálculo Acero	f.yd	N/mm2	434,78
Resistencia Cálculo para A.sw	f.y α ,d	N/mm2	400
Separación de Barras	s	mm	250
	U1	mm	19936,28

Comprobación Normativa

$$t_{sd} < 0,75 \cdot t_{rd} + 1,5 \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot \text{sen}(\alpha) / (s \cdot u_1)$$

 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL



0.4.2. Estructuras
ZONA EXTERIOR A LA ARMADURA DE PUNZONAMIENTO

013390

Esfuerzo Efectivo de Cálculo	F.sd,ef	kN	14942,00
Esfuerzo Resistente Efectivo	F.rd,ef	kN	14942,00
			0,00
Perímetro definido en fig 46.5.1	U.n,ef	mm	25325,70
Cuántia Geométrica de Armadura Longitudinal de Tracción	$\rho.l$	-	0,00668
Cuántia Dirección X	$\rho.x$	-	0,00582
Cuántia Dirección Y	$\rho.y$	-	0,00767
Armadura Base en X	$\phi.x,b$	mm	25
	sep.x	cm	12,5
Armadura Refuerzo en X	$\phi.x,rf$	mm	25
	sep.x	cm	12,5
Armadura Base en Y	$\phi.y,b$	mm	25
	sep.y	cm	12,5
Armadura de Refuerzo en Y	$\phi.y,r$	mm	32
	sep.y	cm	12,5
Armadura Dirección X	A.sx	cm ² /ml	78,54
Armadura Dirección Y	A.sy	cm ² /ml	103,61
Resistencia Efectiva del Hormigón	f _{cv}	N/mm ²	30
Tensión Axial Media	$\sigma'.cd$	N/mm ²	0
Tensión Dirección X	$\sigma'.cdx$	N/mm ²	0
Tensión dirección Y	$\sigma'.cdy$	N/mm ²	0
Fuerza Longitudinal, Direc. X, en bx	N.d,x	kN	0
Fuerza Longitudinal, Direc. Y, en by	N.d,y	kN	0
	A.x	mm ²	11719615,43
	A.y	mm ²	11449615,43
	bx	mm	8681,20
	by	mm	8481,20
Número del Perímetro a Comprobar	n	-	0,48
Tensión Tangencial Nominal de Cálculo	$\tau.sd$	N/mm ²	0,454
Área Total en Perímetro Crítico	A.sw*	mm²	1197,28
		cm²	11,97
	U.n,ef	mm	25325,70

DIÑENO DE PUNZONAMIENTO

Nº de Brazos	Nb	uds	4
Longitud del Brazo	L,brazo	m	1,241
Armado por Brazo	A,s1.br	cm ²	6,700
	A,s2.br	cm ² /ml	26,80
Nº de Hoquillas	N.h	-	8
Diámetro de la Horquilla	$\phi.h$	mm	12
Separación de Horquillas	sep	cm	25
Armado por metro Lineal en Brazos	A,s3.br	cm ² /ml	36,19
	A,s3.br > A,s2.br		ok
Armado en Perímetro Crítico	A,s4.br	cm ²	36,191
	A,s4.br > A,sw*		ok

 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASAVE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL




0.4.2. Estructuras

7.4.8 Zunchos y vigas

En el dintel se han previsto sendos huecos provisionales durante la ejecución de los niveles inferiores de la estación. Además, las conexiones con las pantallas de accesos generan huecos en las pantallas que se han resuelto asimismo como zunchos de borde.

013391

Se han agrupado las tipologías de las vigas en seis grupos (TIPO 1 a TIPO 6) con las siguientes denominaciones de acuerdo a los listados:

- TIPO 1: V-101 y V-109
- TIPO 2: V-102, V-104, V-107, V-108
- TIPO 3: V-103
- TIPO 4: V-105, V-106
- TIPO 5: V-110, V-111
- TIPO 6: V-113, V-115, V-112, V-114

El resumen de verificación de los Estados Límites de resistencia y fisuración para cada una de las vigas se incluye a continuación. Se acompañan también los listados desarrollados de verificaciones para cada grupo.

Vigas	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (NTE E.060:2009)														Estado
	Disp.	Arm.	Q	N,M	T _c	T _{st}	T _d	TNM _v	TV _v	TV _{vs}	T,Disp _{st}	T,Disp _{st}	T,Geom _{st}	T,Arm _{st}	
V-101: B8 - B9	Cumple	Cumple	'0.000 m' η = 38.8	'5.945 m' η = 78.9	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 78.9
V-102: B20 - B19	Cumple	Cumple	'2.712 m' η = 6.8	'B20' η = 16.1	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 16.1
V-103: B12 - B13	Cumple	Cumple	'1.119 m' η = 50.6	'2.869 m' η = 78.3	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 78.3
V-104: B21 - B18	Cumple	Cumple	'0.000 m' η = 18.7	'0.760 m' η = 48.1	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 48.1
V-105: B16 - B15	Cumple	Cumple	'0.000 m' η = 41.0	'B16' η = 30.7	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 41.0
V-106: B17 - B14	Cumple	Cumple	'0.000 m' η = 41.2	'B17' η = 30.3	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 41.2
V-107: B24 - B23	Cumple	Cumple	'0.000 m' η = 18.8	'0.760 m' η = 48.3	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 48.3
V-108: B25 - B22	Cumple	Cumple	'2.712 m' η = 6.8	'B25' η = 16.0	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 16.0
V-109: B10 - B11	Cumple	Cumple	'0.000 m' η = 37.5	'5.945 m' η = 78.9	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 78.9
V-110: B17 - B16	Cumple	Cumple	'10.912 m' η = 69.0	'4.955 m' η = 63.8	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 69.0
V-111: B14 - B15	Cumple	Cumple	'10.912 m' η = 47.2	'4.830 m' η = 86.7	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 86.7
V-112: B25 - B24	Cumple	Cumple	'1.425 m' η = 10.2	'2.050 m' η = 68.5	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 68.5
V-113: B21 - B20	Cumple	Cumple	'2.275 m' η = 10.2	'0.400 m' η = 68.6	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 68.6
V-114: B22 - B23	Cumple	Cumple	'1.300 m' η = 6.9	'2.050 m' η = 71.5	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 71.5
V-115: B18 - B19	Cumple	Cumple	'2.400 m' η = 7.1	'0.400 m' η = 71.6	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 71.6

Notación:
 Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras
 Arm.: Armadura mínima y máxima
 Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)
 N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)
 T_c: Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua.
 T_{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma.
 T_d: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales.
 TNM_v: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje Y.
 TV_v: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal.
 TV_{vs}: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma.
 T,Disp_{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal.
 T,Geom_{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal.
 T,Arm_{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados.
 x: Distancia al origen de la barra
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
 N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
⁽¹⁾ La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL

O.4.2. Estructuras

CONSORCIO
NUEVO METRO DE LIMA

013392



Vigas	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (NTE E.060:2009)								Estado
	Z _{C,sup.}	Z _{C,lat.Der.}	Z _{C,inf.}	Z _{C,lat.Izg.}	Sc _{,sup.}	Sc _{,lat.Der.}	Sc _{,inf.}	Sc _{,lat.Izg.}	
V-101: B8 - B9	x: 0 m Cumple	x: 3.195 m Cumple	x: 3.195 m Cumple	x: 3.195 m Cumple	x: 0 m Cumple	x: 2.32 m Cumple	x: 0.945 m Cumple	x: 2.32 m Cumple	CUMPLE
V-102: B20 - B19	x: 0 m Cumple	x: 2.135 m Cumple	x: 2.135 m Cumple	x: 2.135 m Cumple	x: 0 m Cumple	x: 0.26 m Cumple	x: 0.26 m Cumple	x: 0.26 m Cumple	CUMPLE
V-103: B12 - B13	x: 3.9 m Cumple	x: 3.9 m Cumple	x: 1.869 m Cumple	x: 3.9 m Cumple	x: 0 m Cumple	Cumple	x: 0.494 m Cumple	Cumple	CUMPLE
V-104: B21 - B18	N.P. ⁽¹⁾	x: 2.01 m Cumple	x: 2.01 m Cumple	x: 2.01 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	Cumple	Cumple	CUMPLE
V-105: B16 - B15	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m Cumple	x: 0 m Cumple	x: 0 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	Cumple	Cumple	CUMPLE
V-106: B17 - B14	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m Cumple	x: 0 m Cumple	x: 0 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	Cumple	Cumple	CUMPLE
V-107: B24 - B23	N.P. ⁽¹⁾	x: 2.01 m Cumple	x: 2.01 m Cumple	x: 2.01 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	Cumple	Cumple	CUMPLE
V-108: B25 - B22	x: 0 m Cumple	x: 2.135 m Cumple	x: 2.135 m Cumple	x: 2.135 m Cumple	x: 0 m Cumple	x: 0.26 m Cumple	x: 0.26 m Cumple	x: 0.26 m Cumple	CUMPLE
V-109: B10 - B11	x: 0 m Cumple	x: 0 m Cumple	x: 3.195 m Cumple	x: 0 m Cumple	x: 0 m Cumple	x: 2.32 m Cumple	x: 0.945 m Cumple	x: 2.32 m Cumple	CUMPLE
V-110: B17 - B16	N.P. ⁽¹⁾	x: 6.205 m Cumple	x: 6.205 m Cumple	x: 6.205 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	Cumple	Cumple	CUMPLE
V-111: B14 - B15	N.P. ⁽¹⁾	x: 6.08 m Cumple	x: 6.08 m Cumple	x: 6.08 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	x: 6.08 m Cumple	Cumple	CUMPLE
V-112: B25 - B24	x: 3.3 m Cumple	x: 3.3 m Cumple	x: 0 m Cumple	x: 3.3 m Cumple	x: 1.288 m Cumple	Cumple	x: 0 m Cumple	Cumple	CUMPLE
V-113: B21 - B20	x: 0.4 m Cumple	x: 0.4 m Cumple	x: 3.7 m Cumple	x: 0.4 m Cumple	x: 0 m Cumple	Cumple	x: 2.525 m Cumple	Cumple	CUMPLE
V-114: B22 - B23	x: 3.3 m Cumple	x: 3.3 m Cumple	x: 0 m Cumple	x: 3.3 m Cumple	x: 1.175 m Cumple	Cumple	x: 0 m Cumple	Cumple	CUMPLE
V-115: B18 - B19	x: 0.4 m Cumple	x: 0.4 m Cumple	x: 3.7 m Cumple	x: 0.4 m Cumple	x: 0 m Cumple	Cumple	x: 2.65 m Cumple	Cumple	CUMPLE

Notación:
Z_{C,sup.}: Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara superior
Z_{C,lat.Der.}: Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral derecha
Z_{C,inf.}: Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara inferior
Z_{C,lat.Izg.}: Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral izquierda
Sc_{,sup.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara superior
Sc_{,lat.Der.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral derecha
Sc_{,inf.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara inferior
Sc_{,lat.Izg.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral izquierda
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay ninguna armadura traccionada.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REFERENTE LEGAL



VIGAS TIPO 1

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



INDICE

013394

1.- DESCRIPCIÓN..... 2

2.- RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES..... 2

3.- COMPROBACIONES DE RESISTENCIA..... 3

4.- COMPROBACIÓN DE FISURACIÓN..... 30

5.- COMPROBACIONES DE FLECHA..... 42

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



[Handwritten signature]

Viga 1

013395

1.- DESCRIPCIÓN

Datos de la viga	
	Geometría
	Dimensiones : 100x135 Luz libre : 7.0 m Recubrimiento geométrico superior : 5.0 cm Recubrimiento geométrico inferior : 5.0 cm Recubrimiento geométrico lateral : 5.0 cm
	Materiales
	Hormigón : f'c=300
	Armadura longitudinal : Grado 60 Armadura transversal : Grado 60

2.- RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES

Vano	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (NTE E.060:2009)														Estado
	Disp.	Arm.	Q	N,M	T _c	T _u	T _v	TNM _v	TV _v	TV _{v,s}	T,Disp _v	T,Disp _{st}	T,Geom _v	T,Arm _v	
V-101: B8 - B9	Cumple	Cumple	0.000 m η = 38.8	5.945 m η = 78.9	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 78.9
Notación: Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras Arm.: Armadura mínima y máxima Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) N,M: Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) T _c : Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua. T _u : Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma. T _v : Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales. TNM _v : Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje Y. TV _v : Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua TV _{v,s} : Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma. T,Disp _v : Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal. T,Disp _{st} : Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal. T,Geom _v : Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal. T,Arm _v : Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados. x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.															

Vano	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (NTE E.060:2009)								Estado
	Z _{C,sup.}	Z _{C,lat.Der.}	Z _{C,inf.}	Z _{C,lat.Izq.}	S _{C,sup.}	S _{C,lat.Der.}	S _{C,inf.}	S _{C,lat.Izq.}	
V-101: B8 - B9	x: 0 m Cumple	x: 3.195 m Cumple	x: 3.195 m Cumple	x: 3.195 m Cumple	x: 0 m Cumple	x: 2.32 m Cumple	x: 0.945 m Cumple	x: 2.32 m Cumple	CUMPLE
Notación: Z _{C,sup.} : Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara superior Z _{C,lat.Der.} : Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral derecha Z _{C,inf.} : Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara inferior Z _{C,lat.Izq.} : Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral izquierda S _{C,sup.} : Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara superior S _{C,lat.Der.} : Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral derecha S _{C,inf.} : Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara inferior S _{C,lat.Izq.} : Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral izquierda x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)									

Viga	Estado
V-101: B8 - B9	CUMPLE

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013396

3.- COMPROBACIONES DE RESISTENCIA

V-101: B8 - B9 (B8 - 2.195 m, Negativos)

Disposiciones relativas a las armaduras (NTE E.060:2009, Artículos 7.6 y 7.10)

Armadura longitudinal

La distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa no debe ser menor de $s_{l,min}$ (Artículo 7.6.1):

$$s_1 \geq s_{l,min} \qquad 25 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$s_{l,min}$: Valor máximo de s_1, s_2, s_3 .

$s_{l,min}$: 25 mm

$s_1 = d_b$

s_1 : 25 mm

$s_2 = 25 \text{ mm}$

s_2 : 25 mm

$s_3 = 1.33 \cdot d_{ag}$

s_3 : 20 mm

Siendo:

d_b : Diámetro de la barra más gruesa.

d_b : 25.4 mm

d_{ag} : Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

d_{ag} : 15 mm

Armadura mínima y máxima (NTE E.060:2009, Artículos 10.5.1, 10.5.2, 10.5.3 y 10.9.1)

Flexión negativa alrededor del eje X:

La cuantía de refuerzo longitudinal, A_s , no debe ser menor que $A_{s,min}$. Los requisitos no necesitan ser aplicados si el A_s proporcionado es al menos un tercio superior al requerido por análisis (Artículos 10.5.2 y 10.5.3):

$$A_s \geq \frac{4}{3} A_{s,req} \qquad 55.67 \text{ cm}^2 \geq 32.65 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

$A_{s,req}$: Área de refuerzo longitudinal a tracción requerida por análisis.

$A_{s,req}$: 24.49 cm²

Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 11)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{u,y}}{\phi \cdot V_{n,y}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.388} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{u,y}$: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$V_{u,y}$: 767.25 kN

$\phi \cdot V_{n,y}$: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

$\phi \cdot V_{n,y}$: 1978.21 kN

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '0.000 m', para la combinación de hipótesis "1.4·PP+1.4·CM+1.7·Qa".

Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Cortante en la dirección Y:

Resistencia nominal a cortante en piezas que requieren refuerzos de cortante, obtenida de acuerdo con el Artículo 11.1.1:

$V_n = V_c + V_s$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

V_n : 2327.30 kN

Viga 1

013397

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no preesforzados sometidos a compresión axial (Artículo 11.2.2.2):

$$V_c = \left(0.16 \cdot \sqrt{f_c} + 17 \cdot \rho_w \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_m} \right) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c : \underline{1326.31} \text{ kN}$$

(f_c en MPa)

Sin embargo, V_c no debe tomarse mayor que:

$$V_c = 0.29 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.29 \cdot N_u}{A_g}}$$

$$V_c : \underline{2010.24} \text{ kN}$$

(N_u/A_g y f_c en MPa)

Donde:

f_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$$f_c : \underline{29.43} \text{ MPa}$$

$$\sqrt{f_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$$

$$\rho_w : \underline{0.003}$$

Siendo:

A_s : Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción.

$$A_s : \underline{35.87} \text{ cm}^2$$

b_w : Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

$$b_w : \underline{1000} \text{ mm}$$

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$$d : \underline{1278} \text{ mm}$$

$$M_m = M_u - N_u \cdot \frac{(4 \cdot h - d)}{8}$$

$$M_m : \underline{275.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

M_u : Momento amplificado en la sección.

$$M_u : \underline{275.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

N_u : Carga axial amplificada normal a la sección transversal.

$$N_u : \underline{0.00} \text{ kN}$$

h : Altura de un elemento.

$$h : \underline{1350.00} \text{ mm}$$

A_g : Área total de la sección de hormigón.

$$A_g : \underline{13500.00} \text{ cm}^2$$

Resistencia al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante (Artículo 11.5.7):

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$$

$$V_s : \underline{1000.99} \text{ kN}$$

En ningún caso se debe considerar V_s mayor que (Artículo 11.5.7.9):

$$V_s = 0.66 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s : \underline{4621.24} \text{ kN}$$

(f_c en MPa)

Donde:

A_v : Área de refuerzo para cortante dentro del espaciamiento s .

$$A_v : \underline{2.85} \text{ cm}^2$$

f_{yt} : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

$$f_{yt} : \underline{412.02} \text{ MPa}$$

$$f_{yt} \geq 420 \text{ MPa}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013398

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

d : 1278 mm

s: Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

s : 150 mm

f_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f_c : 29.43 MPa

$$\sqrt{f_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

b_w : 1000 mm

Separación de las armaduras transversales

Cortante en la dirección Y:

El espaciamiento del refuerzo de cortante colocado perpendicularmente al eje del elemento no debe exceder s_{max} (Artículo 11.5.5):

$$s \leq s_{max} \qquad 150 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

s_{max}: Valor mínimo de s₁, s₂.

s_{max} : 600 mm

$$s_1 = d/2$$

s₁ : 640 mm

$$s_2 = 600 \text{ mm}$$

s₂ : 600 mm

Siendo:

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

d : 1278 mm

Cuántía mecánica mínima de la armadura transversal.

Cortante en la dirección Y:

Debe colocarse un área mínima de refuerzo para cortante, A_{v,min}, en todo elemento de concreto armado sometido a flexión (preesforzado y no preesforzado) (Artículo 11.5.6):

$$A_v \geq A_{v,min} \qquad 2.85 \text{ cm}^2 \geq 1.27 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Donde:

$$A_{v,min} = 0.062 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

A_{v,min} : 1.22 cm²

(f_c y f_{yt} en MPa)

Pero no debe ser menor que:

$$A_{v,min} = (0.35 \cdot b_w \cdot s) / f_{yt}$$

A_{v,min} : 1.27 cm²

(f_{yt} en MPa)

Siendo:

f_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f_c : 29.43 MPa

$$\sqrt{f_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

b_w : 1000 mm

s: Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

s : 150 mm

f_{yt}: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

f_{yt} : 412.02 MPa

$$f_{yt} \geq 420 \text{ MPa}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013399

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 10)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '0.000 m', para la combinación de hipótesis "Envolvente de momentos mínimos en situaciones persistentes o transitorias".

Se debe satisfacer:

**Comprobación de resistencia de la sección (η_1)**

P_u, M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u : Esfuerzo normal de cálculo.

M_u : Momento de cálculo de primer orden.

$$P_u : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{u,x} : \underline{-1235.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{u,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\phi \cdot P_n, \phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$\phi \cdot P_n$: Axil de agotamiento.

$\phi \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.

$$\phi \cdot P_n : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$\phi \cdot M_{n,x} : \underline{-2481.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\phi \cdot M_{n,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 10.2):

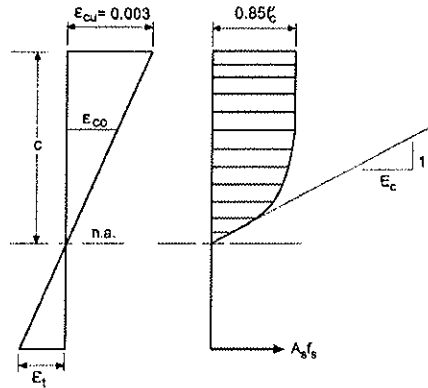
- El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y carga axial debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.
- Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.
- La máxima deformación unitaria utilizable del concreto, ϵ_{cu} , en la fibra extrema sometida a compresión, se asumirá igual a 0.003.
- El esfuerzo en el refuerzo deberá tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias en el refuerzo mayores que las correspondientes a f_y , el esfuerzo se considerará independiente de la deformación unitaria e igual a f_y .
- La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.
- La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que permita una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos de laboratorio representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

Viga 1

013400



f'_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f'_c : 29.43 MPa

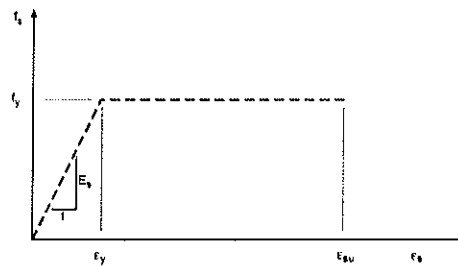
ϵ_{cu} : Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión.

ϵ_{cu} : 0.0030

ϵ_{co} : Deformación unitaria bajo carga máxima.

ϵ_{co} : 0.0020

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



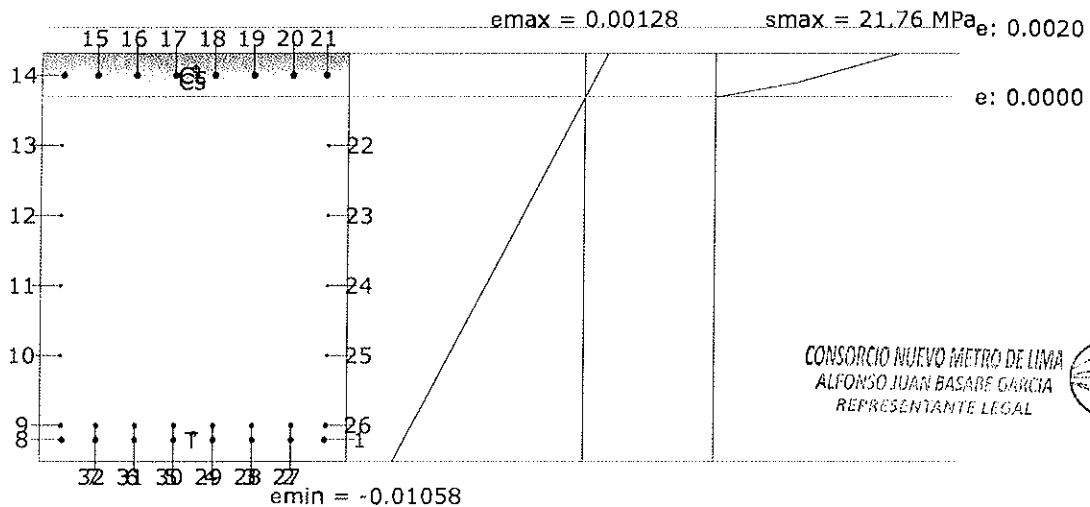
f_y : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo.

f_y : 412.02 MPa

ϵ_{su} : Máxima deformación del acero a tracción.

ϵ_{su} : 0.0100

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASARE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013401

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _t (MPa)	ε
1	Ø1"	-427.77	602.78	-412.02	-0.009950
2	Ø1"	-318.03	602.78	-412.02	-0.009950
3	Ø1"	-190.82	602.78	-412.02	-0.009950
4	Ø1"	-63.61	602.78	-412.02	-0.009950
5	Ø1"	63.61	602.78	-412.02	-0.009950
6	Ø1"	190.82	602.78	-412.02	-0.009950
7	Ø1"	318.03	602.78	-412.02	-0.009950
8	Ø1"	427.78	602.78	-412.02	-0.009950
9	Ø3/4"	430.95	555.15	-412.02	-0.009531
10	Ø1/2"	434.13	323.57	0.00	-0.007496
11	Ø1/2"	434.13	91.98	0.00	-0.005461
12	Ø1/2"	434.13	-139.60	0.00	-0.003426
13	Ø1/2"	434.13	-371.19	0.00	-0.001391
14	Ø1"	427.78	-602.77	+128.83	+0.000644
15	Ø1"	318.03	-602.77	+128.83	+0.000644
16	Ø1"	190.82	-602.77	+128.83	+0.000644
17	Ø1"	63.61	-602.77	+128.83	+0.000644
18	Ø1"	-63.61	-602.77	+128.83	+0.000644
19	Ø1"	-190.82	-602.77	+128.83	+0.000644
20	Ø1"	-318.03	-602.77	+128.83	+0.000644
21	Ø1"	-427.77	-602.77	+128.83	+0.000644
22	Ø1/2"	-434.12	-371.19	0.00	-0.001391
23	Ø1/2"	-434.12	-139.60	0.00	-0.003426
24	Ø1/2"	-434.12	91.98	0.00	-0.005461
25	Ø1/2"	-434.12	323.57	0.00	-0.007496
26	Ø3/4"	-430.95	555.15	-412.02	-0.009531
27	Ø3/4"	-318.03	555.15	-412.02	-0.009531
28	Ø3/4"	-190.82	555.15	-412.02	-0.009531
29	Ø3/4"	-63.61	555.15	-412.02	-0.009531
30	Ø3/4"	63.61	555.15	-412.02	-0.009531
31	Ø3/4"	190.82	555.15	-412.02	-0.009531
32	Ø3/4"	318.03	555.15	-412.02	-0.009531

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
C _c	1831.44	0.00	-623.21
C _s	462.15	0.00	-602.77
T	2293.59	0.00	583.27

$$P_n = C_c + C_s - T$$

$$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.

C_s: Resultante de compresiones en el acero.

T: Resultante de tracciones en el acero.

$$P_n : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{n,x} : \underline{-2757.73} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{n,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$C_c : \underline{1831.44} \text{ kN}$$

$$C_s : \underline{462.15} \text{ kN}$$

$$T : \underline{2293.59} \text{ kN}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013402

e_{cc} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

e_{ca} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

e_T : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

ϵ_{cmax} : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

ϵ_{smax} : Deformación de la barra de acero más traccionada.

σ_{cmax} : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

σ_{smax} : Tensión de la barra de acero más traccionada.

$e_{cc,x}$: 0.00 mm

$e_{cc,y}$: -623.21 mm

$e_{ca,x}$: 0.00 mm

$e_{ca,y}$: -602.77 mm

$e_{T,x}$: 0.00 mm

$e_{T,y}$: 583.27 mm

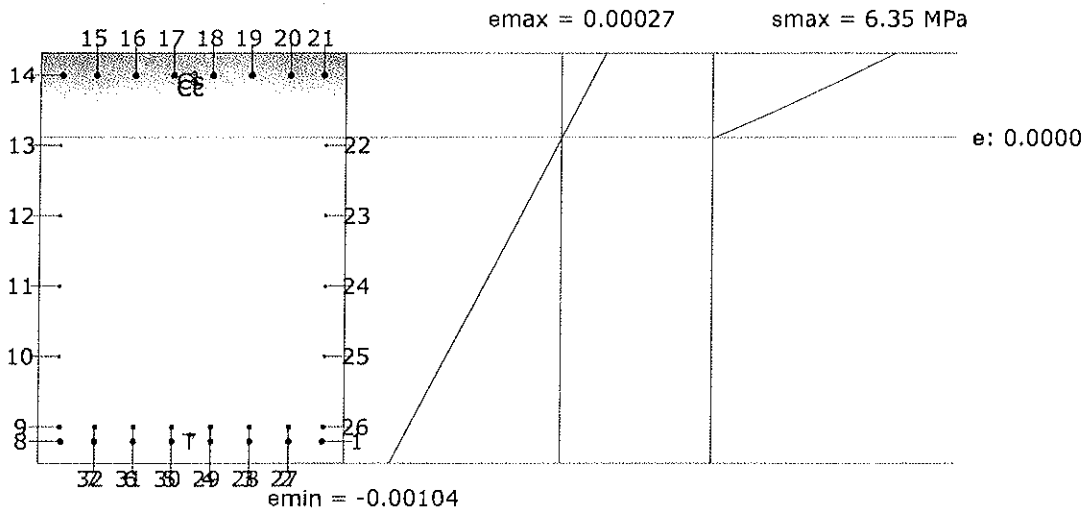
ϵ_{cmax} : 0.0013

ϵ_{smax} : 0.0099

σ_{cmax} : 21.76 MPa

σ_{smax} : 412.02 MPa

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
1	Ø1"	-427.77	602.78	-193.88	-0.000969
2	Ø1"	-318.03	602.78	-193.88	-0.000969
3	Ø1"	-190.82	602.78	-193.88	-0.000969
4	Ø1"	-63.61	602.78	-193.88	-0.000969
5	Ø1"	63.61	602.78	-193.88	-0.000969
6	Ø1"	190.82	602.78	-193.88	-0.000969
7	Ø1"	318.03	602.78	-193.88	-0.000969
8	Ø1"	427.78	602.78	-193.88	-0.000969
9	Ø3/4"	430.95	555.15	-184.62	-0.000923
10	Ø1/2"	434.13	323.57	0.00	-0.000698
11	Ø1/2"	434.13	91.98	0.00	-0.000473
12	Ø1/2"	434.13	-139.60	0.00	-0.000248
13	Ø1/2"	434.13	-371.19	0.00	-0.000023
14	Ø1"	427.78	-602.77	+40.49	+0.000202
15	Ø1"	318.03	-602.77	+40.49	+0.000202
16	Ø1"	190.82	-602.77	+40.49	+0.000202
17	Ø1"	63.61	-602.77	+40.49	+0.000202
18	Ø1"	-63.61	-602.77	+40.49	+0.000202
19	Ø1"	-190.82	-602.77	+40.49	+0.000202
20	Ø1"	-318.03	-602.77	+40.49	+0.000202
21	Ø1"	-427.77	-602.77	+40.49	+0.000202

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

Viga 1

013403

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
22	Ø1/2"	-434.12	-371.19	0.00	-0.000023
23	Ø1/2"	-434.12	-139.60	0.00	-0.000248
24	Ø1/2"	-434.12	91.98	0.00	-0.000473
25	Ø1/2"	-434.12	323.57	0.00	-0.000698
26	Ø3/4"	-430.95	555.15	-184.62	-0.000923
27	Ø3/4"	-318.03	555.15	-184.62	-0.000923
28	Ø3/4"	-190.82	555.15	-184.62	-0.000923
29	Ø3/4"	-63.61	555.15	-184.62	-0.000923
30	Ø3/4"	63.61	555.15	-184.62	-0.000923
31	Ø3/4"	190.82	555.15	-184.62	-0.000923
32	Ø3/4"	318.03	555.15	-184.62	-0.000923

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
C _c	912.94	0.00	-580.39
C _s	145.24	0.00	-602.77
T	1058.18	0.00	583.83

$$P_u = C_c + C_s - T$$

$$M_{u,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{u,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.C_s: Resultante de compresiones en el acero.

T: Resultante de tracciones en el acero.

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.σ_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$P_u : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{u,x} : \underline{-1235.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{u,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$C_c : \underline{912.94} \text{ kN}$$

$$C_s : \underline{145.24} \text{ kN}$$

$$T : \underline{1058.18} \text{ kN}$$

$$e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-580.39} \text{ mm}$$

$$e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-602.77} \text{ mm}$$

$$e_{T,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{583.83} \text{ mm}$$

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0003}$$

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0010}$$

$$\sigma_{cmax} : \underline{6.35} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{smax} : \underline{193.88} \text{ MPa}$$

Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.6)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013404

Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.7)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje Y. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.8)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.8)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.2)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.2)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.5)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

V-101: B8 - B9 (B8 - B9, Positivos)

Disposiciones relativas a las armaduras (NTE E.060:2009, Artículos 7.6 y 7.10)

Armadura longitudinal

La distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa no debe ser menor de $s_{l,min}$ (Artículo 7.6.1):

$$s_1 \geq s_{l,min} \qquad 25 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$s_{l,min}$: Valor máximo de s_1, s_2, s_3 .

$s_{l,min}$: 25 mm

$s_1 = d_b$

s_1 : 25 mm

$s_2 = 25 \text{ mm}$

s_2 : 25 mm

$s_3 = 1.33 \cdot d_{ag}$

s_3 : 20 mm

Siendo:

d_b : Diámetro de la barra más gruesa.

d_b : 25,4 mm

d_{ag} : Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

d_{ag} : 15 mm

Armadura mínima y máxima (NTE E.060:2009, Artículos 10.5.1, 10.5.2, 10.5.3 y 10.9.1)

Flexión negativa alrededor del eje X:

La cuantía de refuerzo longitudinal, A_s , no debe ser menor que $A_{s,min}$. Los requisitos no necesitan ser aplicados si el A_s proporcionado es al menos un tercio superior al requerido por análisis (Artículos 10.5.2 y 10.5.3):

$$A_s \geq \frac{4}{3} A_{s,req} \qquad 55.67 \text{ cm}^2 \geq 32.65 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

$A_{s,req}$: Área de refuerzo longitudinal a tracción requerida por análisis.

$A_{s,req}$: 24.49 cm²

Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 11)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{u,y}}{\phi \cdot V_{n,y}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.388} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{u,y}$: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$V_{u,y}$: 767.25 kN

$\phi \cdot V_{n,y}$: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

$\phi \cdot V_{n,y}$: 1978.21 kN

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '0.000 m', para la combinación de hipótesis "1.4·PP+1.4·CM+1.7·Qa".

Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Cortante en la dirección Y:

Resistencia nominal a cortante en piezas que requieren refuerzos de cortante, obtenida de acuerdo con el Artículo 11.1.1:

$$V_n = V_c + V_s$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL
2327.30 kN

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no preesforzados sometidos a compresión axial (Artículo 11.2.2.2):

Viga 1

013406

$$V_c = \left(0.16 \cdot \sqrt{f_c} + 17 \cdot \rho_w \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_m} \right) \cdot b_w \cdot d$$

$V_c :$ 1326.31 kN

(f_c en MPa)

Sin embargo, V_c no debe tomarse mayor que:

$$V_c = 0.29 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.29 \cdot N_u}{A_g}}$$

$V_c :$ 2010.24 kN

(N_u/A_g y f_c en MPa)

Donde:

f_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$f_c :$ 29.43 MPa

$$\sqrt{f_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$$

$\rho_w :$ 0.003

Siendo:

A_s : Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción.

$A_s :$ 35.87 cm²

b_w : Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

$b_w :$ 1000 mm

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$d :$ 1278 mm

$$M_m = M_u - N_u \cdot \frac{(4 \cdot h - d)}{8}$$

$M_m :$ 275.24 kN·m

Donde:

M_u : Momento amplificado en la sección.

$M_u :$ 275.24 kN·m

N_u : Carga axial amplificada normal a la sección transversal.

$N_u :$ 0.00 kN

h : Altura de un elemento.

$h :$ 1350.00 mm

A_g : Área total de la sección de hormigón.

$A_g :$ 13500.00 cm²

Resistencia al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante (Artículo 11.5.7):

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$$

$V_s :$ 1000.99 kN

En ningún caso se debe considerar V_s mayor que (Artículo 11.5.7.9):

$$V_s = 0.66 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$V_s :$ 4621.24 kN

(f_c en MPa)

Donde:

A_v : Área de refuerzo para cortante dentro del espaciamiento s .

$A_v :$ 2.85 cm²

f_{yt} : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

$f_{yt} :$ 412.02 MPa

$$f_{yt} \geq 420 \text{ MPa}$$

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

1278 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013407

s: Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

s : 150 mm

f_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f_c : 29.43 MPa

$\sqrt{f_c} \neq 8.3$ MPa

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

b_w : 1000 mm

Separación de las armaduras transversales

Cortante en la dirección Y:

El espaciamiento del refuerzo de cortante colocado perpendicularmente al eje del elemento no debe exceder s_{max} (Artículo 11.5.5):

s ≤ s_{max} **150 mm ≤ 600 mm** ✓

Donde:

s_{max}: Valor mínimo de s₁, s₂.

s_{max} : 600 mm

s₁ = d/2

s₁ : 640 mm

s₂ = 600 mm

s₂ : 600 mm

Siendo:

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

d : 1278 mm

Cuántía mecánica mínima de la armadura transversal.

Cortante en la dirección Y:

Debe colocarse un área mínima de refuerzo para cortante, A_{v,min}, en todo elemento de concreto armado sometido a flexión (preesforzado y no preesforzado) (Artículo 11.5.6):

A_v ≥ A_{v,min} **2.85 cm² ≥ 1.27 cm²** ✓

Donde:

A_{v,min} = $0.062 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$

A_{v,min} : 1.22 cm²

(f_c y f_{yt} en MPa)

Pero no debe ser menor que:

A_{v,min} = (0.35 · b_w · s) / f_{yt}

A_{v,min} : 1.27 cm²

(f_{yt} en MPa)

Siendo:

f_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f_c : 29.43 MPa

$\sqrt{f_c} \neq 8.3$ MPa

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

b_w : 1000 mm

s: Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

s : 150 mm

f_{yt}: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

f_{yt} : 412.02 MPa

f_{yt} ≠ 420 MPa

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 10)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '5.945 m', para la combinación de hipótesis "Envolvente de momentos mínimos en situaciones persistentes o transitorias".

Se debe satisfacer:

**Comprobación de resistencia de la sección (η_s)**

P_u, M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u : Esfuerzo normal de cálculo.

M_u : Momento de cálculo de primer orden.

$$\begin{aligned} P_u &: \underline{0.00} \text{ kN} \\ M_{u,x} &: \underline{-1456.49} \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M_{u,y} &: \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$\phi \cdot P_n, \phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$\phi \cdot P_n$: Axil de agotamiento.

$\phi \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.

$$\begin{aligned} \phi \cdot P_n &: \underline{0.00} \text{ kN} \\ \phi \cdot M_{n,x} &: \underline{-1847.11} \text{ kN}\cdot\text{m} \\ \phi \cdot M_{n,y} &: \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 10.2):

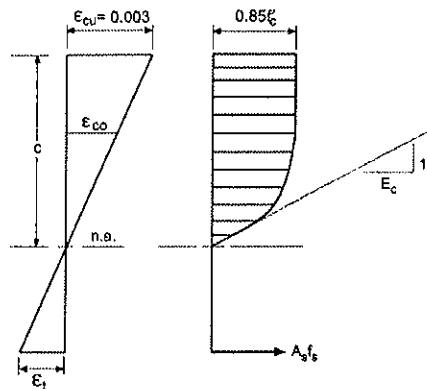
- El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y carga axial debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.
- Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.
- La máxima deformación unitaria utilizable del concreto, ϵ_{cu} , en la fibra extrema sometida a compresión, se asumirá igual a 0.003.
- El esfuerzo en el refuerzo deberá tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias en el refuerzo mayores que las correspondientes a f_y , el esfuerzo se considerará independiente de la deformación unitaria e igual a f_y .
- La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.
- La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que permita una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos de laboratorio representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1



f'_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f'_c : 29.43 MPa

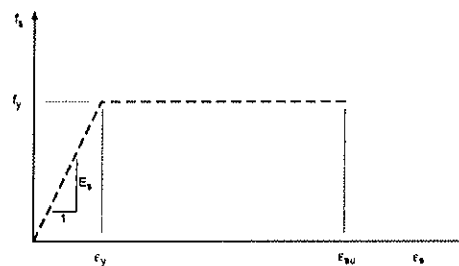
ϵ_{cu} : Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión.

ϵ_{cu} : 0.0030

ϵ_{co} : Deformación unitaria bajo carga máxima.

ϵ_{co} : 0.0020

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



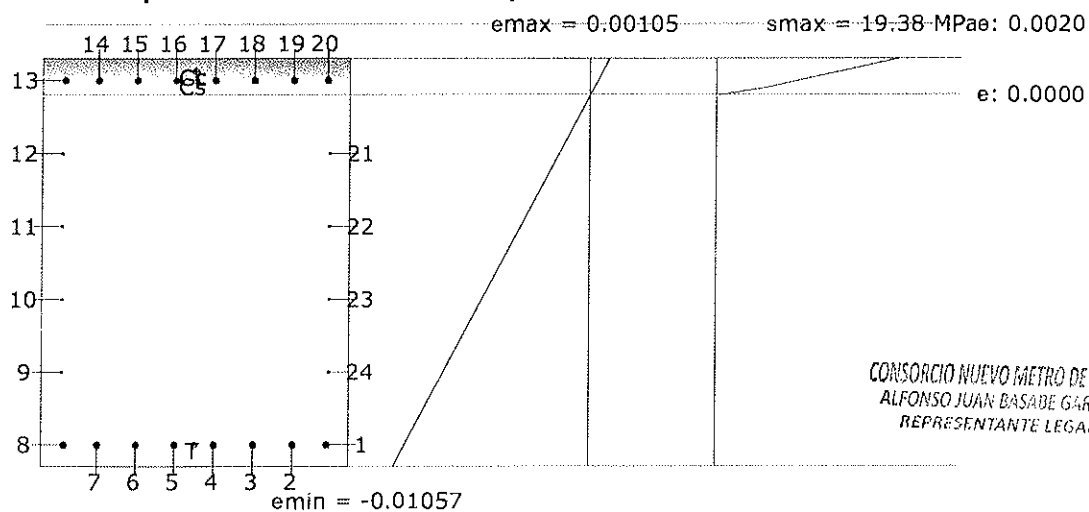
f_y : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo.

f_y : 412.02 MPa

ϵ_{su} : Máxima deformación del acero a tracción.

ϵ_{su} : 0.0100

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013410

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
1	Ø1"	-427.77	602.78	-412.02	-0.009950
2	Ø1"	-318.03	602.78	-412.02	-0.009950
3	Ø1"	-190.82	602.78	-412.02	-0.009950
4	Ø1"	-63.61	602.78	-412.02	-0.009950
5	Ø1"	63.61	602.78	-412.02	-0.009950
6	Ø1"	190.82	602.78	-412.02	-0.009950
7	Ø1"	318.03	602.78	-412.02	-0.009950
8	Ø1"	427.78	602.78	-412.02	-0.009950
9	Ø1/2"	434.13	361.67	0.00	-0.007874
10	Ø1/2"	434.13	120.56	0.00	-0.005799
11	Ø1/2"	434.13	-120.55	0.00	-0.003723
12	Ø1/2"	434.13	-361.66	0.00	-0.001647
13	Ø1"	427.78	-602.77	+85.75	+0.000429
14	Ø1"	318.03	-602.77	+85.75	+0.000429
15	Ø1"	190.82	-602.77	+85.75	+0.000429
16	Ø1"	63.61	-602.77	+85.75	+0.000429
17	Ø1"	-63.61	-602.77	+85.75	+0.000429
18	Ø1"	-190.82	-602.77	+85.75	+0.000429
19	Ø1"	-318.03	-602.77	+85.75	+0.000429
20	Ø1"	-427.77	-602.77	+85.75	+0.000429
21	Ø1/2"	-434.12	-361.66	0.00	-0.001647
22	Ø1/2"	-434.12	-120.55	0.00	-0.003723
23	Ø1/2"	-434.12	120.56	0.00	-0.005799
24	Ø1/2"	-434.12	361.67	0.00	-0.007874

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
C _c	1322.57	0.00	-632.17
C _s	347.60	0.00	-602.77
T	1670.17	0.00	602.78

$$P_n = C_c + C_s - T$$

$$P_n : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{n,x} : \underline{-2052.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{n,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{1322.57} \text{ kN}$$

C_s: Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{347.60} \text{ kN}$$

T: Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{1670.17} \text{ kN}$$

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-632.17} \text{ mm}$$

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-602.77} \text{ mm}$$

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{T,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{602.78} \text{ mm}$$

ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0011}$$

ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0100}$$

σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : \underline{19.38} \text{ MPa}$$

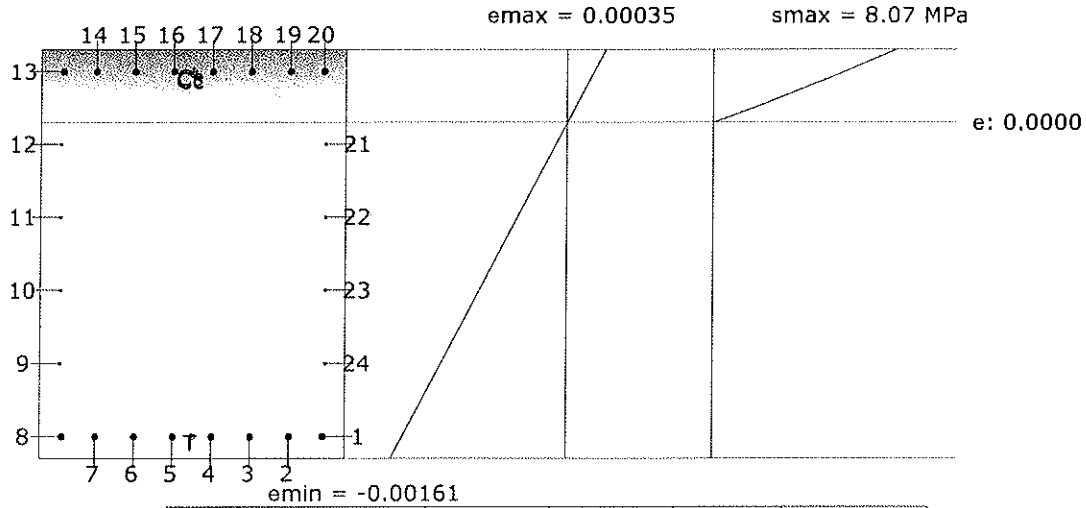
Viga 1

013411

σ_{smax} : Tensión de la barra de acero más traccionada.

σ_{smax} : 412.02 MPa

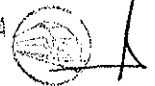
Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
1	Ø1"	-427.77	602.78	-300.18	-0.001501
2	Ø1"	-318.03	602.78	-300.18	-0.001501
3	Ø1"	-190.82	602.78	-300.18	-0.001501
4	Ø1"	-63.61	602.78	-300.18	-0.001501
5	Ø1"	63.61	602.78	-300.18	-0.001501
6	Ø1"	190.82	602.78	-300.18	-0.001501
7	Ø1"	318.03	602.78	-300.18	-0.001501
8	Ø1"	427.78	602.78	-300.18	-0.001501
9	Ø1/2"	434.13	361.67	0.00	-0.001151
10	Ø1/2"	434.13	120.56	0.00	-0.000801
11	Ø1/2"	434.13	-120.55	0.00	-0.000451
12	Ø1/2"	434.13	-361.66	0.00	-0.000101
13	Ø1"	427.78	-602.77	+49.80	+0.000249
14	Ø1"	318.03	-602.77	+49.80	+0.000249
15	Ø1"	190.82	-602.77	+49.80	+0.000249
16	Ø1"	63.61	-602.77	+49.80	+0.000249
17	Ø1"	-63.61	-602.77	+49.80	+0.000249
18	Ø1"	-190.82	-602.77	+49.80	+0.000249
19	Ø1"	-318.03	-602.77	+49.80	+0.000249
20	Ø1"	-427.77	-602.77	+49.80	+0.000249
21	Ø1/2"	-434.12	-361.66	0.00	-0.000101
22	Ø1/2"	-434.12	-120.55	0.00	-0.000451
23	Ø1/2"	-434.12	120.56	0.00	-0.000801
24	Ø1/2"	-434.12	361.67	0.00	-0.001151

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	1014.98	0.00	-592.48
Cs	201.85	0.00	-602.77
T	1216.83	0.00	602.78

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013412

$$P_u = C_c + C_s - T$$

$$P_u : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{u,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{u,x} : \underline{-1456.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{u,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{u,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

C_c : Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{1014.98} \text{ kN}$$

C_s : Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{201.85} \text{ kN}$$

T : Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{1216.83} \text{ kN}$$

e_{cc} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-592.48} \text{ mm}$$

e_{cs} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-602.77} \text{ mm}$$

e_T : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{T,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{602.78} \text{ mm}$$

ϵ_{cmax} : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0004}$$

ϵ_{smax} : Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0015}$$

σ_{cmax} : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : \underline{8.07} \text{ MPa}$$

σ_{smax} : Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$\sigma_{smax} : \underline{300.18} \text{ MPa}$$

Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.6)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.7)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje Y. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.8)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.8)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.2)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013413

Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.2)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.5)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

V-101: B8 - B9 (4.695 m - B9, Negativos)

Disposiciones relativas a las armaduras (NTE E.060:2009, Artículos 7.6 y 7.10)

Armadura longitudinal

La distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa no debe ser menor de $s_{l,min}$ (Artículo 7.6.1):

$$s_1 \geq s_{l,min} \qquad 84 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$s_{l,min}$: Valor máximo de s_1, s_2, s_3 .

$s_1 = d_b$

$s_2 = 25 \text{ mm}$

$s_3 = 1.33 \cdot d_{ag}$

Siendo:

d_b : Diámetro de la barra más gruesa.

d_{ag} : Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

$s_{l,min} : 25 \text{ mm}$

$s_1 : 25 \text{ mm}$

$s_2 : 25 \text{ mm}$

$s_3 : 20 \text{ mm}$

$d_b : 25.4 \text{ mm}$

$d_{ag} : 15 \text{ mm}$

Armadura mínima y máxima (NTE E.060:2009, Artículos 10.5.1, 10.5.2, 10.5.3 y 10.9.1)

Flexión positiva alrededor del eje X:

La cuantía de refuerzo longitudinal, A_s , no debe ser menor que $A_{s,min}$. Los requisitos no necesitan ser aplicados si el A_s proporcionado es al menos un tercio superior al requerido por análisis (Artículos 10.5.2 y 10.5.3):

$$A_s \geq \frac{4}{3} A_{s,req} \qquad 40.54 \text{ cm}^2 \geq 20.19 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

$A_{s,req}$: Área de refuerzo longitudinal a tracción requerida por análisis.

$A_{s,req} : 15.14 \text{ cm}^2$

Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 11)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{u,y}}{\phi \cdot V_{n,y}} \leq 1 \qquad \eta : 0.144 \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{u,y}$: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$V_{u,y} : 281.49 \text{ kN}$

$\phi \cdot V_{n,y}$: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

$\phi \cdot V_{n,y} : 1953.94 \text{ kN}$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '5.712 m', para la combinación de hipótesis "1.4·PP+1.4·CM+1.7·Qa".

Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Cortante en la dirección Y:

Resistencia nominal a cortante en piezas que requieren refuerzos de cortante, obtenida de acuerdo con el Artículo 11.1.1:

$V_n = V_c + V_s$

$V_n : 2298.76 \text{ kN}$

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no preesforzados sometidos a compresión axial (Artículo 11.2.2.2):

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 REPRESENTANTE LEGAL
 JUAN BASABE GARCIA



Viga 1

$$V_c = \left(0.16 \cdot \sqrt{f_c} + 17 \cdot \rho_w \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_m} \right) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c : \underline{1297.76} \text{ kN}$$

(f_c en MPa)

Sin embargo, V_c no debe tomarse mayor que:

$$V_c = 0.29 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.29 \cdot N_u}{A_g}}$$

$$V_c : \underline{2010.24} \text{ kN}$$

(N_u/A_g y f_c en MPa)

Donde:

f_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$$f_c : \underline{29.43} \text{ MPa}$$

$$\sqrt{f_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$$

$$\rho_w : \underline{0.003}$$

Siendo:

A_s : Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción.

$$A_s : \underline{40.54} \text{ cm}^2$$

b_w : Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

$$b_w : \underline{1000} \text{ mm}$$

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$$d : \underline{1278} \text{ mm}$$

$$M_m = M_u - N_u \cdot \frac{(4 \cdot h - d)}{8}$$

$$M_m : \underline{131.37} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

M_u : Momento amplificado en la sección.

$$M_u : \underline{131.37} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

N_u : Carga axial amplificada normal a la sección transversal.

$$N_u : \underline{0.00} \text{ kN}$$

h : Altura de un elemento.

$$h : \underline{1350.00} \text{ mm}$$

A_g : Área total de la sección de hormigón.

$$A_g : \underline{13500.00} \text{ cm}^2$$

Resistencia al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante (Artículo 11.5.7):

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$$

$$V_s : \underline{1000.99} \text{ kN}$$

En ningún caso se debe considerar V_s mayor que (Artículo 11.5.7.9):

$$V_s = 0.66 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s : \underline{4621.24} \text{ kN}$$

(f_c en MPa)

Donde:

A_v : Área de refuerzo para cortante dentro del espaciamiento s .

$$A_v : \underline{2.85} \text{ cm}^2$$

f_{yt} : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

$$f_{yt} : \underline{412.02} \text{ MPa}$$

$$f_{yt} \geq 420 \text{ MPa}$$

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$$d : \underline{1278} \text{ mm}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

s: Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

s : 150 mm

f_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f_c : 29.43 MPa

$\sqrt{f_c} \neq 8.3$ MPa

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

b_w : 1000 mm

Separación de las armaduras transversales

Cortante en la dirección Y:

El espaciamiento del refuerzo de cortante colocado perpendicularmente al eje del elemento no debe exceder s_{max} (Artículo 11.5.5):

s ≤ s_{max} **150 mm ≤ 600 mm** ✓

Donde:

s_{max}: Valor mínimo de s₁, s₂.

s_{max} : 600 mm

s₁ = d/2

s₁ : 640 mm

s₂ = 600 mm

s₂ : 600 mm

Siendo:

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

d : 1278 mm

Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal.

Cortante en la dirección Y:

Debe colocarse un área mínima de refuerzo para cortante, A_{v,min}, en todo elemento de concreto armado sometido a flexión (preesforzado y no preesforzado) (Artículo 11.5.6):

A_v ≥ A_{v,min} **2.85 cm² ≥ 1.27 cm²** ✓

Donde:

A_{v,min} = 0.062 · √f_c · $\frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$

A_{v,min} : 1.22 cm²

(f_c y f_{yt} en MPa)

Pero no debe ser menor que:

A_{v,min} = (0.35 · b_w · s) / f_{yt}

A_{v,min} : 1.27 cm²

(f_{yt} en MPa)

Siendo:

f_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f_c : 29.43 MPa

$\sqrt{f_c} \neq 8.3$ MPa

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

b_w : 1000 mm

s: Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

s : 150 mm

f_{yt}: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

f_{yt} : 412.02 MPa

f_{yt} ≥ 420 MPa

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 10)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '5.945 m', para la combinación de hipótesis "Envolvente de momentos mínimos en situaciones persistentes o transitorias".

Se debe satisfacer:

**Comprobación de resistencia de la sección (η_1)**

P_u, M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u : Esfuerzo normal de cálculo.

M_u : Momento de cálculo de primer orden.

$$P_u : \frac{0.00}{0.729} \text{ kN}$$

$$M_{u,x} : \frac{-1456.49}{0.729} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{u,y} : \frac{0.00}{0.729} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\phi \cdot P_n, \phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$\phi \cdot P_n$: Axil de agotamiento.

$\phi \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.

$$\phi \cdot P_n : \frac{0.00}{0.729} \text{ kN}$$

$$\phi \cdot M_{n,x} : \frac{-1847.11}{0.729} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\phi \cdot M_{n,y} : \frac{0.00}{0.729} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 10.2):

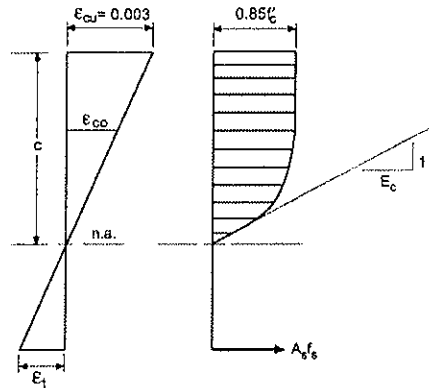
- El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y carga axial debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.
- Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.
- La máxima deformación unitaria utilizable del concreto, ϵ_{cu} , en la fibra extrema sometida a compresión, se asumirá igual a 0.003.
- El esfuerzo en el refuerzo deberá tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias en el refuerzo mayores que las correspondientes a f_y , el esfuerzo se considerará independiente de la deformación unitaria e igual a f_y .
- La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.
- La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que permita una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos de laboratorio representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1



f_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f_c : 29.43 MPa

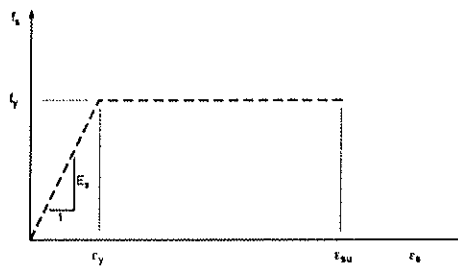
ϵ_{cu} : Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión.

ϵ_{cu} : 0.0030

ϵ_{co} : Deformación unitaria bajo carga máxima.

ϵ_{co} : 0.0020

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



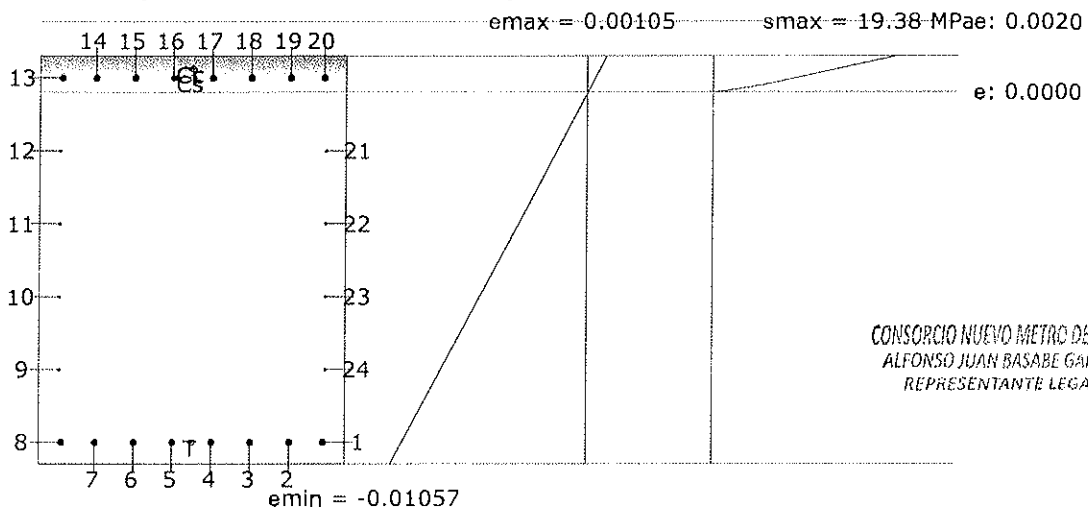
f_y : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo.

f_y : 412.02 MPa

ϵ_{su} : Máxima deformación del acero a tracción.

ϵ_{su} : 0.0100

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



[Handwritten signature]

Viga 1

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
1	Ø1"	-427.77	602.78	-412.02	-0.009950
2	Ø1"	-318.03	602.78	-412.02	-0.009950
3	Ø1"	-190.82	602.78	-412.02	-0.009950
4	Ø1"	-63.61	602.78	-412.02	-0.009950
5	Ø1"	63.61	602.78	-412.02	-0.009950
6	Ø1"	190.82	602.78	-412.02	-0.009950
7	Ø1"	318.03	602.78	-412.02	-0.009950
8	Ø1"	427.78	602.78	-412.02	-0.009950
9	Ø1/2"	434.13	361.67	0.00	-0.007874
10	Ø1/2"	434.13	120.56	0.00	-0.005799
11	Ø1/2"	434.13	-120.55	0.00	-0.003723
12	Ø1/2"	434.13	-361.66	0.00	-0.001647
13	Ø1"	427.78	-602.77	+85.75	+0.000429
14	Ø1"	318.03	-602.77	+85.75	+0.000429
15	Ø1"	190.82	-602.77	+85.75	+0.000429
16	Ø1"	63.61	-602.77	+85.75	+0.000429
17	Ø1"	-63.61	-602.77	+85.75	+0.000429
18	Ø1"	-190.82	-602.77	+85.75	+0.000429
19	Ø1"	-318.03	-602.77	+85.75	+0.000429
20	Ø1"	-427.77	-602.77	+85.75	+0.000429
21	Ø1/2"	-434.12	-361.66	0.00	-0.001647
22	Ø1/2"	-434.12	-120.55	0.00	-0.003723
23	Ø1/2"	-434.12	120.56	0.00	-0.005799
24	Ø1/2"	-434.12	361.67	0.00	-0.007874

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
C _c	1322.57	0.00	-632.17
C _s	347.60	0.00	-602.77
T	1670.17	0.00	602.78

$$P_n = C_c + C_s - T$$

$$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.

C_s: Resultante de compresiones en el acero.

T: Resultante de tracciones en el acero.

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.

σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$P_n : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{n,x} : \underline{-2052.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{n,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$C_c : \underline{1322.57} \text{ kN}$$

$$C_s : \underline{347.60} \text{ kN}$$

$$T : \underline{1670.17} \text{ kN}$$

$$e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-632.17} \text{ mm}$$

$$e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-602.77} \text{ mm}$$

$$e_{T,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{602.78} \text{ mm}$$

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0011}$$

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0100}$$

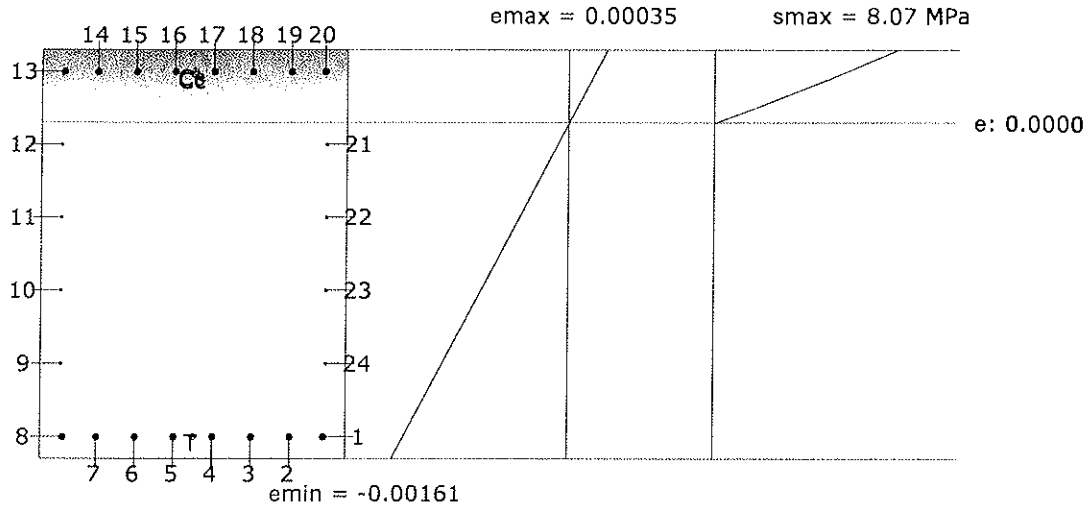
$$\sigma_{cmax} : \underline{19.38} \text{ MPa}$$

Viga 1

σ_{smax} : Tensión de la barra de acero más traccionada.

σ_{smax} : 412.02 MPa

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
1	Ø1"	-427.77	602.78	-300.18	-0.001501
2	Ø1"	-318.03	602.78	-300.18	-0.001501
3	Ø1"	-190.82	602.78	-300.18	-0.001501
4	Ø1"	-63.61	602.78	-300.18	-0.001501
5	Ø1"	63.61	602.78	-300.18	-0.001501
6	Ø1"	190.82	602.78	-300.18	-0.001501
7	Ø1"	318.03	602.78	-300.18	-0.001501
8	Ø1"	427.78	602.78	-300.18	-0.001501
9	Ø1/2"	434.13	361.67	0.00	-0.001151
10	Ø1/2"	434.13	120.56	0.00	-0.000801
11	Ø1/2"	434.13	-120.55	0.00	-0.000451
12	Ø1/2"	434.13	-361.66	0.00	-0.000101
13	Ø1"	427.78	-602.77	+49.80	+0.000249
14	Ø1"	318.03	-602.77	+49.80	+0.000249
15	Ø1"	190.82	-602.77	+49.80	+0.000249
16	Ø1"	63.61	-602.77	+49.80	+0.000249
17	Ø1"	-63.61	-602.77	+49.80	+0.000249
18	Ø1"	-190.82	-602.77	+49.80	+0.000249
19	Ø1"	-318.03	-602.77	+49.80	+0.000249
20	Ø1"	-427.77	-602.77	+49.80	+0.000249
21	Ø1/2"	-434.12	-361.66	0.00	-0.000101
22	Ø1/2"	-434.12	-120.55	0.00	-0.000451
23	Ø1/2"	-434.12	120.56	0.00	-0.000801
24	Ø1/2"	-434.12	361.67	0.00	-0.001151

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	1014.98	0.00	-592.48
Cs	201.85	0.00	-602.77
T	1216.83	0.00	602.78

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013421

$$P_u = C_c + C_s - T$$

$$P_u : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{u,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{u,x} : \underline{-1456.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{u,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{u,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

C_c : Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{1014.98} \text{ kN}$$

C_s : Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{201.85} \text{ kN}$$

T : Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{1216.83} \text{ kN}$$

e_{cc} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-592.48} \text{ mm}$$

e_{cs} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-602.77} \text{ mm}$$

e_T : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{T,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{602.78} \text{ mm}$$

ϵ_{cmax} : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0004}$$

ϵ_{smax} : Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0015}$$

σ_{cmax} : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : \underline{8.07} \text{ MPa}$$

σ_{smax} : Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$\sigma_{smax} : \underline{300.18} \text{ MPa}$$

Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.6)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.7)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje Y. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.8)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.8)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.2)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013422

Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.2)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.5)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

4.- COMPROBACIÓN DE FISURACIÓN

V-101: B8 - B9

Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara superior (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.3)

Se debe satisfacer:

$Z \leq Z_{max}$ $11.6 \text{ kN/mm} \leq 26.0 \text{ kN/mm}$ ✓

El valor máximo del parámetro de control Z se produce en el nudo B8, para la combinación de acciones PP+CM+0.5·Qa. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = -190.82 mm, Y = 602.78 mm.

Donde:

Z_{max} : Máximo valor admisible del parámetro de control Z_{max} .

$Z_{max} : \underline{26.0} \text{ kN/mm}$

Z: Parámetro de control.

$Z : \underline{11.6} \text{ kN/mm}$

$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A_{ct}}$

Siendo:

f_s : [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$f_s : \underline{120.40} \text{ MPa}$

d_c : [mm] Espesor del recubrimiento de concreto medido desde la fibra extrema en tracción al centro de la barra de refuerzo.

$d_c : \underline{72.23} \text{ mm}$

A_{ct} : [mm²] Área efectiva del concreto en tracción que rodea a la barra de refuerzo.

$A_{ct} : \underline{12245.10} \text{ mm}^2$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

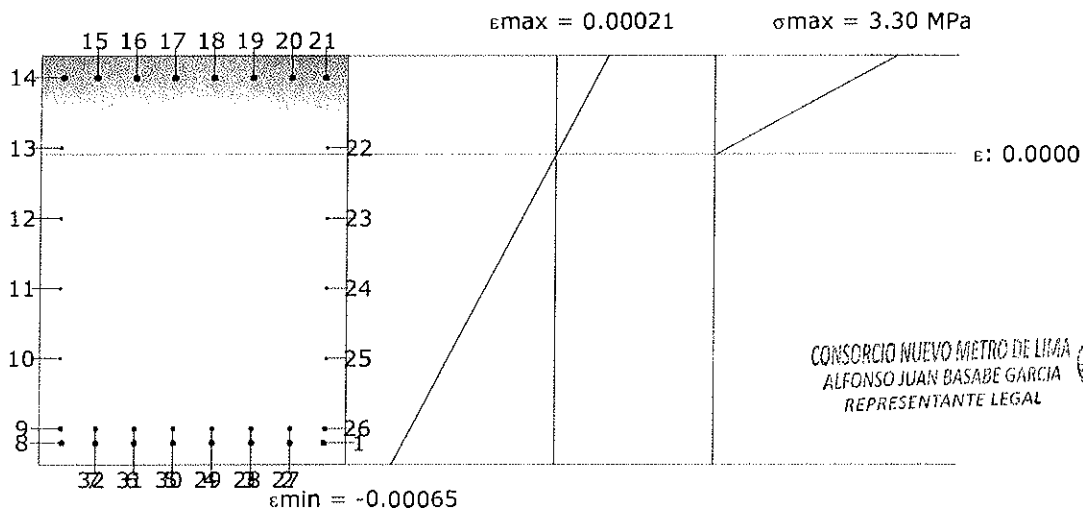
$N_{ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$

$M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$M_{ed,x} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$M_{ed,y} : \underline{-759.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
1	Ø1"	-427.77	602.78	-120.40	-0.000602
2	Ø1"	-318.03	602.78	-120.40	-0.000602

Viga 1

4.- COMPROBACIÓN DE FISURACIÓN

V-105: B16 - B15

Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara superior (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.3)

La comprobación no procede, ya que no hay ninguna armadura traccionada.

Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral derecha (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.3)

Se debe satisfacer:

$Z \leq Z_{max}$ **7.3 kN/mm** ≤ **26.0 kN/mm** ✓

El valor máximo del parámetro de control Z se produce en el nudo B16, para la combinación de acciones PP+CM+0.5·Qa. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 427.78 mm, Y = -602.77 mm.

Donde:

Z_{max} : Máximo valor admisible del parámetro de control Z_{max} .

$Z_{max} : \underline{26.0} \text{ kN/mm}$

Z: Parámetro de control.

$Z : \underline{7.3} \text{ kN/mm}$

$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A_{ct}}$

Siendo:

f_s : [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$f_s : \underline{57.60} \text{ MPa}$

d_c : [mm] Espesor del recubrimiento de concreto medido desde la fibra extrema en tracción al centro de la barra de refuerzo.

$d_c : \underline{72.23} \text{ mm}$

A_{ct} : [mm²] Área efectiva del concreto en tracción que rodea a la barra de refuerzo.

$A_{ct} : \underline{27960.75} \text{ mm}^2$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

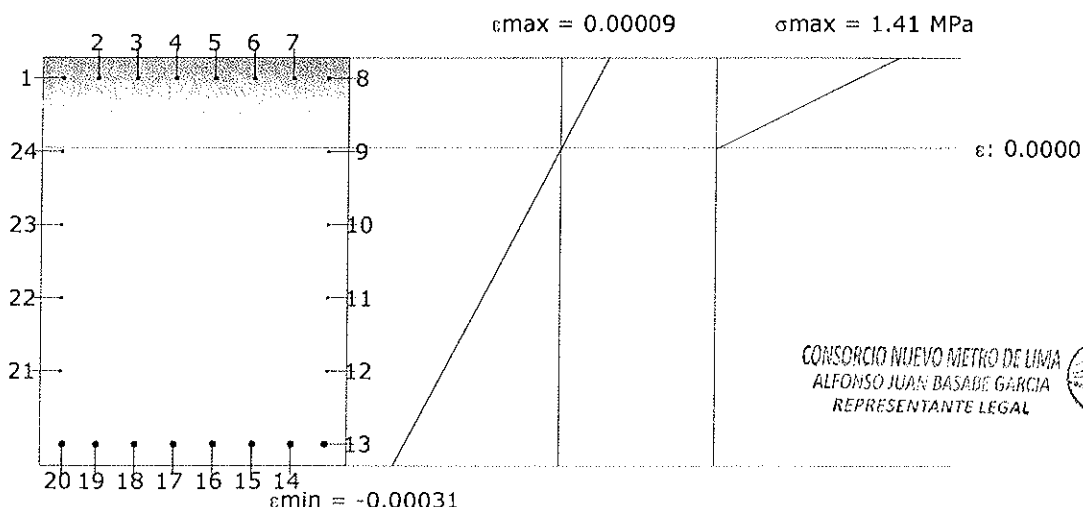
$N_{ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$

$M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$M_{ed,x} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$M_{ed,y} : \underline{275.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$



Viga 1

013425

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
9	Ø1/2"	434.13	365.48	0.00	-0.000003
10	Ø1/2"	434.13	123.41	0.00	-0.000074
11	Ø1/2"	434.13	-118.65	0.00	-0.000145
12	Ø1/2"	434.13	-360.71	0.00	-0.000217
13	Ø1"	427.78	-602.77	-57.60	-0.000288
14	Ø1"	318.03	-602.77	-57.60	-0.000288
15	Ø1"	190.82	-602.77	-57.60	-0.000288
16	Ø1"	63.61	-602.77	-57.60	-0.000288
17	Ø1"	-63.61	-602.77	-57.60	-0.000288
18	Ø1"	-190.82	-602.77	-57.60	-0.000288
19	Ø1"	-318.03	-602.77	-57.60	-0.000288
20	Ø1"	-427.77	-602.77	-57.60	-0.000288
21	Ø1/2"	-434.12	-360.71	0.00	-0.000217
22	Ø1/2"	-434.12	-118.65	0.00	-0.000145
23	Ø1/2"	-434.12	123.41	0.00	-0.000074
24	Ø1/2"	-434.12	365.48	0.00	-0.000003

Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara inferior (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.3)

Se debe satisfacer:

$$Z \leq Z_{\max}$$

$$6.3 \text{ kN/mm} \leq 26.0 \text{ kN/mm} \quad \checkmark$$

El valor máximo del parámetro de control Z se produce en el nudo B16, para la combinación de acciones PP+CM+0.5·Qa. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 190.82 mm, Y = -602.77 mm.

Donde:

 Z_{\max} : Máximo valor admisible del parámetro de control Z_{\max} .

$$Z_{\max} : \underline{26.0} \text{ kN/mm}$$

Z: Parámetro de control.

$$Z : \underline{6.3} \text{ kN/mm}$$

$$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A_{ct}}$$

Siendo:

 f_s : [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$$f_s : \underline{57.60} \text{ MPa}$$

 d_c : [mm] Espesor del recubrimiento de concreto medido desde la fibra extrema en tracción al centro de la barra de refuerzo.

$$d_c : \underline{72.23} \text{ mm}$$

 A_{ct} : [mm²] Área efectiva del concreto en tracción que rodea a la barra de refuerzo.

$$A_{ct} : \underline{18423.75} \text{ mm}^2$$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón: N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes. N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

$$N_{ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

 $M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$$M_{ed,x} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

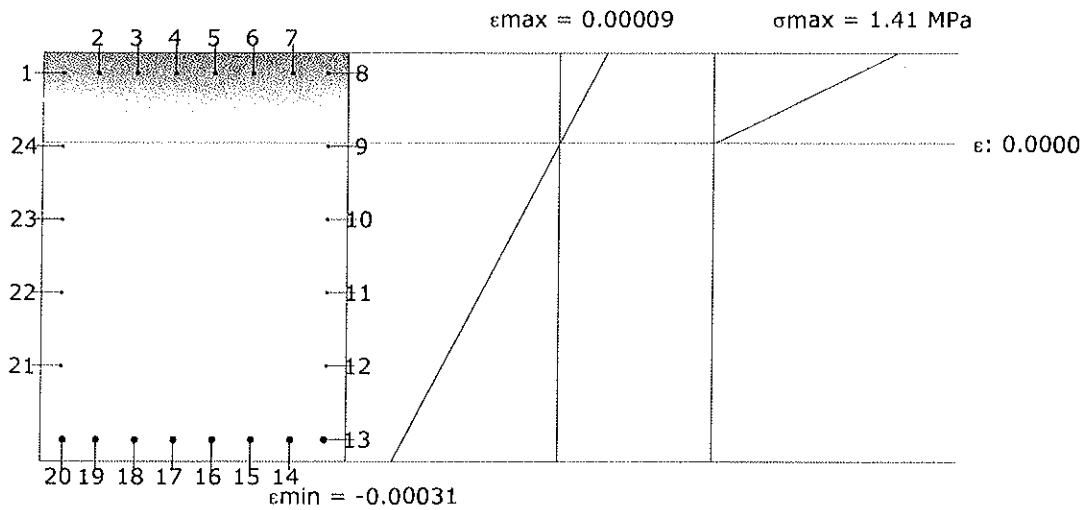
 $M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$$M_{ed,y} : \underline{275.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
9	Ø1/2"	434.13	365.48	0.00	-0.000003
10	Ø1/2"	434.13	123.41	0.00	-0.000074
11	Ø1/2"	434.13	-118.65	0.00	-0.000145
12	Ø1/2"	434.13	-360.71	0.00	-0.000217
13	Ø1"	427.78	-602.77	-57.60	-0.000288
14	Ø1"	318.03	-602.77	-57.60	-0.000288
15	Ø1"	190.82	-602.77	-57.60	-0.000288
16	Ø1"	63.61	-602.77	-57.60	-0.000288
17	Ø1"	-63.61	-602.77	-57.60	-0.000288
18	Ø1"	-190.82	-602.77	-57.60	-0.000288
19	Ø1"	-318.03	-602.77	-57.60	-0.000288
20	Ø1"	-427.77	-602.77	-57.60	-0.000288
21	Ø1/2"	-434.12	-360.71	0.00	-0.000217
22	Ø1/2"	-434.12	-118.65	0.00	-0.000145
23	Ø1/2"	-434.12	123.41	0.00	-0.000074
24	Ø1/2"	-434.12	365.48	0.00	-0.000003

Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral izquierda (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.3)

Se debe satisfacer:

$$Z \leq Z_{max} \quad 7.3 \text{ kN/mm} \leq 26.0 \text{ kN/mm} \quad \checkmark$$

El valor máximo del parámetro de control Z se produce en el nudo B16, para la combinación de acciones PP+CM+0.5·Qa. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = -427.77 mm, Y = -602.77 mm.

Donde:

Z_{max}: Máximo valor admisible del parámetro de control Z_{max}.

Z: Parámetro de control.

$$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c} \cdot A_{ct}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASADE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Z_{max} : 26.0 kN/mm
Z : 7.3 kN/mm

Viga 1

Siendo:

f_s : [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

f_s : 57.60 MPa

d_c : [mm] Espesor del recubrimiento de concreto medido desde la fibra extrema en tracción al centro de la barra de refuerzo.

d_c : 72.23 mm

A_{ct} : [mm²] Área efectiva del concreto en tracción que rodea a la barra de refuerzo.

A_{ct} : 27960.75 mm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

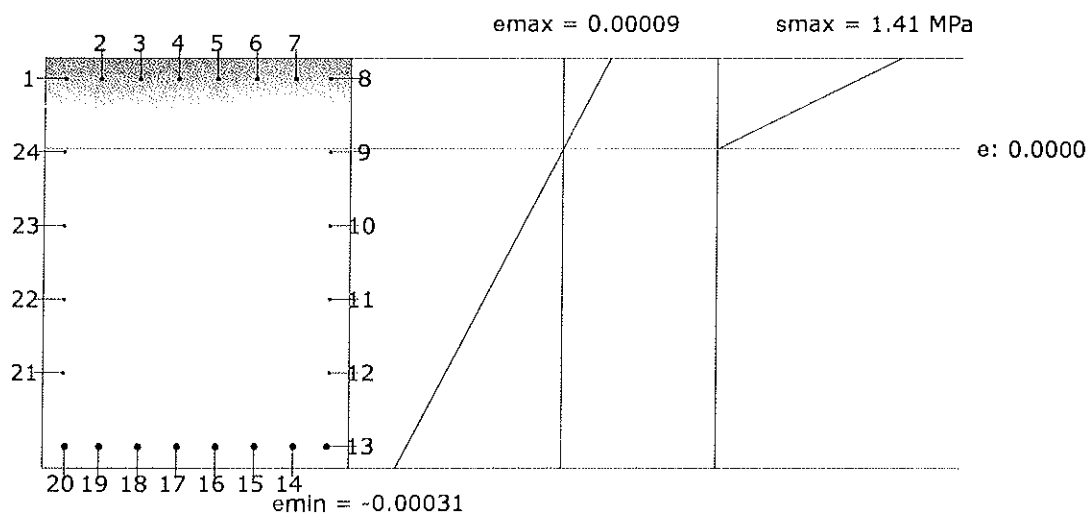
N_{ed} : 0.00 kN

$M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$M_{ed,x}$: 0.00 kN·m

$M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$M_{ed,y}$: 275.69 kN·m



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
9	Ø1/2"	434.13	365.48	0.00	-0.000003
10	Ø1/2"	434.13	123.41	0.00	-0.000074
11	Ø1/2"	434.13	-118.65	0.00	-0.000145
12	Ø1/2"	434.13	-360.71	0.00	-0.000217
13	Ø1"	427.78	-602.77	-57.60	-0.000288
14	Ø1"	318.03	-602.77	-57.60	-0.000288
15	Ø1"	190.82	-602.77	-57.60	-0.000288
16	Ø1"	63.61	-602.77	-57.60	-0.000288
17	Ø1"	-63.61	-602.77	-57.60	-0.000288
18	Ø1"	-190.82	-602.77	-57.60	-0.000288
19	Ø1"	-318.03	-602.77	-57.60	-0.000288
20	Ø1"	-427.77	-602.77	-57.60	-0.000288
21	Ø1/2"	-434.12	-360.71	0.00	-0.000217
22	Ø1/2"	-434.12	-118.65	0.00	-0.000145
23	Ø1/2"	-434.12	123.41	0.00	-0.000074
24	Ø1/2"	-434.12	365.48	0.00	-0.000003

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013428

Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara superior (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.6)

La comprobación no procede, ya que no hay ninguna armadura traccionada.

Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral derecha (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.6)

Se debe satisfacer:

$$s \leq s_{max} \quad 242.06 \text{ mm} \leq 300.00 \text{ mm} \quad \checkmark$$

La separación entre barras más restrictiva se produce para la combinación de acciones PP+CM. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 427.78 mm, Y = -602.77 mm.

Donde:

s: Espaciamiento del refuerzo.

s : 242.06 mm

s_{max}: Espaciamiento máximo permitido del refuerzo, calculado como el menor de los siguientes valores:

s_{max} : 300.00 mm

$$s_1 = 380 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right) - 2.5 \cdot c_c$$

s₁ : 1725.68 mm

$$s_2 = 300 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right)$$

s₂ : 1479.87 mm

s₃ = 300mm

s₃ : 300.00 mm

Siendo:

f_s: [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

f_s : 50.68 MPa

c_c: Distancia entre la superficie del refuerzo y la cara en tracción.

c_c : 59.53 mm

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed}: Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

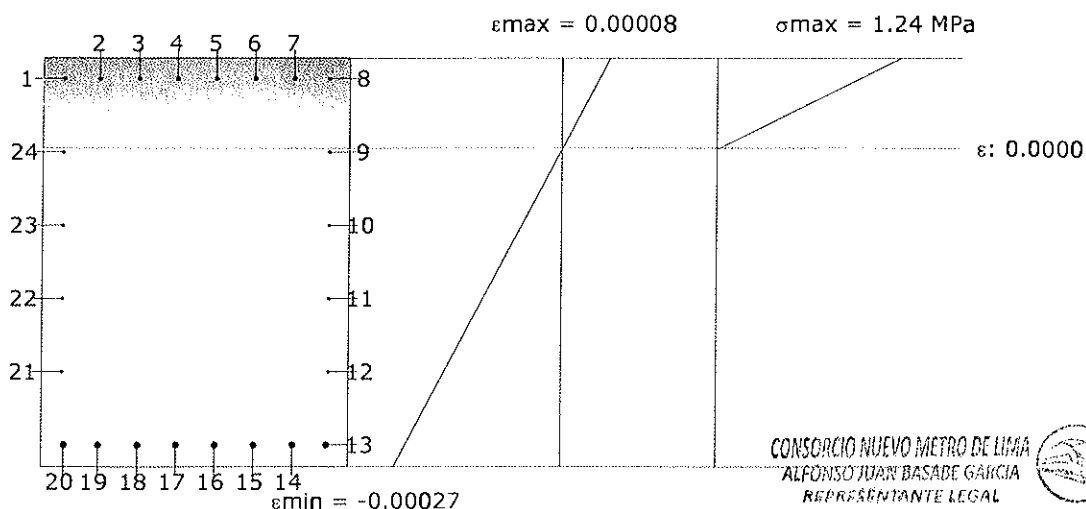
N_{ed} : 0.00 kN

M_{ed,x}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

M_{ed,x} : 0.00 kN·m

M_{ed,y}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

M_{ed,y} : 242.57 kN·m



Viga 1

013429

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
9	Ø1/2"	434.13	365.48	0.00	-0.000002
10	Ø1/2"	434.13	123.41	0.00	-0.000065
11	Ø1/2"	434.13	-118.65	0.00	-0.000128
12	Ø1/2"	434.13	-360.71	0.00	-0.000191
13	Ø1"	427.78	-602.77	-50.68	-0.000253
14	Ø1"	318.03	-602.77	-50.68	-0.000253
15	Ø1"	190.82	-602.77	-50.68	-0.000253
16	Ø1"	63.61	-602.77	-50.68	-0.000253
17	Ø1"	-63.61	-602.77	-50.68	-0.000253
18	Ø1"	-190.82	-602.77	-50.68	-0.000253
19	Ø1"	-318.03	-602.77	-50.68	-0.000253
20	Ø1"	-427.77	-602.77	-50.68	-0.000253
21	Ø1/2"	-434.12	-360.71	0.00	-0.000191
22	Ø1/2"	-434.12	-118.65	0.00	-0.000128
23	Ø1/2"	-434.12	123.41	0.00	-0.000065
24	Ø1/2"	-434.12	365.48	0.00	-0.000002

Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara inferior (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.6)

Se debe satisfacer:

$$s \leq s_{\max}$$

$$127.21 \text{ mm} \leq 300.00 \text{ mm} \quad \checkmark$$

La separación entre barras más restrictiva se produce para la combinación de acciones PP+CM. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 190.82 mm, Y = -602.77 mm.

Donde:

s: Espaciamiento del refuerzo.

$$s : 127.21 \text{ mm}$$

s_{max}: Espaciamiento máximo permitido del refuerzo, calculado como el menor de los siguientes valores:

$$s_{\max} : 300.00 \text{ mm}$$

$$s_1 = 380 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right) - 2.5 \cdot c_c$$

$$s_1 : 1725.68 \text{ mm}$$

$$s_2 = 300 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right)$$

$$s_2 : 1479.87 \text{ mm}$$

$$s_3 = 300 \text{ mm}$$

$$s_3 : 300.00 \text{ mm}$$

Siendo:

f_s: [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$$f_s : 50.68 \text{ MPa}$$

c_c: Distancia entre la superficie del refuerzo y la cara en tracción.

$$c_c : 59.53 \text{ mm}$$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed}: Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

$$N_{ed} : 0.00 \text{ kN}$$

M_{ed,x}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$$M_{ed,x} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{ed,y}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$$M_{ed,y} : 242.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

$$s_1 = 380 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right) - 2.5 \cdot c_c$$

s_1 : 1725.68 mm

$$s_2 = 300 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right)$$

s_2 : 1479.87 mm

$s_3 = 300$ mm

s_3 : 300.00 mm

Siendo:

f_s : [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

f_s : 50.68 MPa

C_c : Distancia entre la superficie del refuerzo y la cara en tracción.

C_c : 59.53 mm

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

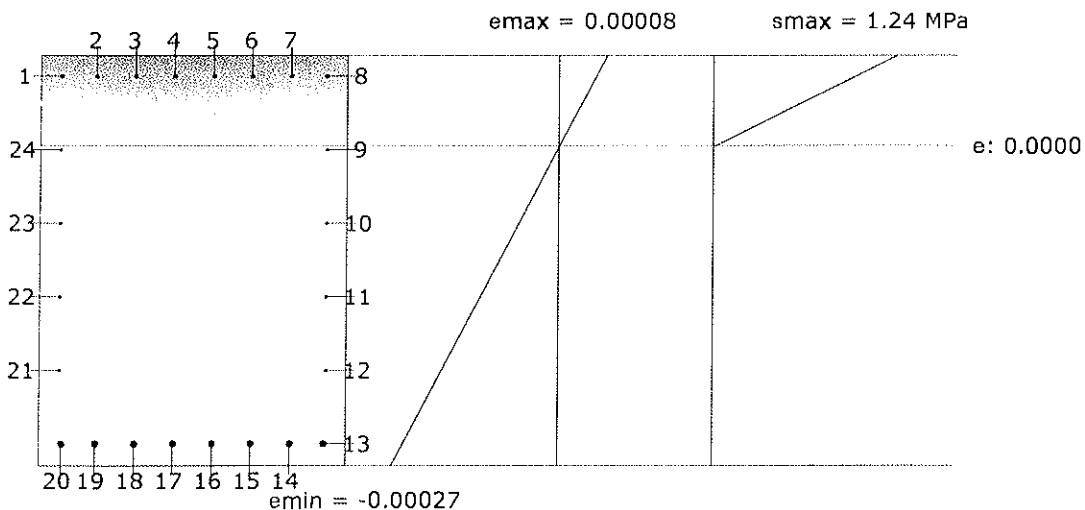
N_{ed} : 0.00 kN

$M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$M_{ed,x}$: 0.00 kN·m

$M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$M_{ed,y}$: 242.57 kN·m



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
9	Ø1/2"	434.13	365.48	0.00	-0.000002
10	Ø1/2"	434.13	123.41	0.00	-0.000065
11	Ø1/2"	434.13	-118.65	0.00	-0.000128
12	Ø1/2"	434.13	-360.71	0.00	-0.000191
13	Ø1"	427.78	-602.77	-50.68	-0.000253
14	Ø1"	318.03	-602.77	-50.68	-0.000253
15	Ø1"	190.82	-602.77	-50.68	-0.000253
16	Ø1"	63.61	-602.77	-50.68	-0.000253
17	Ø1"	-63.61	-602.77	-50.68	-0.000253
18	Ø1"	-190.82	-602.77	-50.68	-0.000253
19	Ø1"	-318.03	-602.77	-50.68	-0.000253
20	Ø1"	-427.77	-602.77	-50.68	-0.000253
21	Ø1/2"	-434.12	-360.71	0.00	-0.000191
22	Ø1/2"	-434.12	-118.65	0.00	-0.000128
23	Ø1/2"	-434.12	123.41	0.00	-0.000065

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013432

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f. (MPa)	ε
24	Ø1/2"	-434.12	365.48	0.00	-0.000002

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



VIGAS TIPO 5

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



1.- DESCRIPCIÓN..... 2

2.- RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES..... 2

3.- COMPROBACIONES DE RESISTENCIA..... 3

4.- COMPROBACIÓN DE FISURACIÓN..... 12

5.- COMPROBACIONES DE FLECHA..... 21

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



[Handwritten signature]

Viga 1

013435

1.- DESCRIPCIÓN

Datos de la viga	
	Geometría
	Dimensiones : 100x135
	Luz libre : 12.2 m
	Recubrimiento geométrico superior : 5.0 cm
	Materiales
Hormigón : $f_c=300$	
Armadura longitudinal : Grado 60	
Armadura transversal : Grado 60	

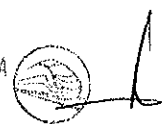
2.- RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES

Vano	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (NTE E.060:2009)														Estado
	Disp.	Arm.	Q	N,M	T _c	T _w	T _w	TNM _w	TV _w	TV _s	T,Disp. _w	T,Disp. _w	T,Geom. _w	T,Arm. _w	
V-111: B14 - B15	Cumple	Cumple	'10.912 m' $\eta = 47.2$	'4.830 m' $\eta = 86.7$	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE $\eta = 86.7$
<p>Notación:</p> <p>Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras</p> <p>Arm.: Armadura mínima y máxima</p> <p>Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)</p> <p>N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)</p> <p>T_c: Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua.</p> <p>T_w: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma.</p> <p>T_w: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales.</p> <p>TNM_w: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje Y.</p> <p>TV_w: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua</p> <p>TV_s: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma.</p> <p>T,Disp._w: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal.</p> <p>T,Disp._w: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal.</p> <p>T,Geom._w: Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal.</p> <p>T,Arm._w: Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados.</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>⁽¹⁾ La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.</p>															

Vano	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (NTE E.060:2009)								Estado
	Z _{C,sup.}	Z _{C,lat.Der.}	Z _{C,inf.}	Z _{C,lat.Izq.}	S _{C,sup.}	S _{C,lat.Der.}	S _{C,inf.}	S _{C,lat.Izq.}	
V-111: B14 - B15	N.P. ⁽¹⁾	x: 6.08 m Cumple	x: 6.08 m Cumple	x: 6.08 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	x: 6.08 m Cumple	Cumple	CUMPLE
<p>Notación:</p> <p>Z_{C,sup.}: Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara superior</p> <p>Z_{C,lat.Der.}: Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral derecha</p> <p>Z_{C,inf.}: Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara inferior</p> <p>Z_{C,lat.Izq.}: Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral izquierda</p> <p>S_{C,sup.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara superior</p> <p>S_{C,lat.Der.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral derecha</p> <p>S_{C,inf.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara inferior</p> <p>S_{C,lat.Izq.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral izquierda</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay ninguna armadura traccionada.</p>									

Viga	Estado
V-111: B14 - B15	CUMPLE

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

3.- COMPROBACIONES DE RESISTENCIA

V-111: B14 - B15

Disposiciones relativas a las armaduras (NTE E.060:2009, Artículos 7.6 y 7.10)

Armadura longitudinal

La distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa no debe ser menor de $s_{l,min}$ (Artículo 7.6.1):

$$s_i \geq s_{l,min} \quad 32 \text{ mm} \geq 32 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$s_{l,min}$: Valor máximo de s_1, s_2, s_3 .

$s_{l,min} : \underline{32} \text{ mm}$

$s_1 = d_b$

$s_1 : \underline{32} \text{ mm}$

$s_2 = 25 \text{ mm}$

$s_2 : \underline{25} \text{ mm}$

$s_3 = 1.33 \cdot d_{ag}$

$s_3 : \underline{20} \text{ mm}$

Siendo:

d_b : Diámetro de la barra más gruesa.

$d_b : \underline{31.8} \text{ mm}$

d_{ag} : Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

$d_{ag} : \underline{15} \text{ mm}$

Armadura mínima y máxima (NTE E.060:2009, Artículos 10.5.1, 10.5.2, 10.5.3 y 10.9.1)

Flexión positiva alrededor del eje X:

La cuantía de refuerzo longitudinal, A_s , no debe ser menor que $A_{s,min}$.

Los requisitos no necesitan ser aplicados si el A_s proporcionado es al menos un tercio superior al requerido por análisis (Artículos 10.5.2 y 10.5.3):

$$A_s \geq \frac{4}{3} A_{s,req} \quad 126.67 \text{ cm}^2 \geq 86.36 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

$A_{s,req}$: Área de refuerzo longitudinal a tracción requerida por análisis.

$A_{s,req} : \underline{64.77} \text{ cm}^2$

Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 11)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{u,y}}{\phi \cdot V_{n,y}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.472} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{u,y}$: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$V_{u,y} : \underline{752.05} \text{ kN}$

$\phi \cdot V_{n,y}$: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

$\phi \cdot V_{n,y} : \underline{1592.38} \text{ kN}$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '10.912 m', para la combinación de hipótesis "1.4·PP+1.4·CM+1.7·Qa".

Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Cortante en la dirección Y:

Resistencia nominal a cortante en piezas que requieren refuerzos de cortante, obtenida de acuerdo con el Artículo 11.1.1:

$V_n = V_c + V_s$

$V_n : \underline{1873.39} \text{ kN}$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASADE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no preesforzados sometidos a compresión axial (Artículo 11.2.2.2):

$$V_c = \left(0.16 \cdot \sqrt{f_c} + 17 \cdot \rho_w \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_m} \right) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c : \underline{1143.16} \text{ kN}$$

(f_c en MPa)

Sin embargo, V_c no debe tomarse mayor que:

$$V_c = 0.29 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.29 \cdot N_u}{A_g}}$$

$$V_c : \underline{1955.29} \text{ kN}$$

(N_u/A_g y f_c en MPa)

Donde:

f_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$$f_c : \underline{29.43} \text{ MPa}$$

$$\sqrt{f_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$$

$$\rho_w : \underline{0.010}$$

Siendo:

A_s : Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción.

$$A_s : \underline{126.67} \text{ cm}^2$$

b_w : Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

$$b_w : \underline{1000} \text{ mm}$$

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$$d : \underline{1243} \text{ mm}$$

$$M_m = M_u - N_u \cdot \frac{(4 \cdot h - d)}{8}$$

$$M_m : \underline{3126.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

M_u : Momento amplificado en la sección.

$$M_u : \underline{3126.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

N_u : Carga axial amplificada normal a la sección transversal.

$$N_u : \underline{0.00} \text{ kN}$$

h : Altura de un elemento.

$$h : \underline{1350.00} \text{ mm}$$

A_g : Área total de la sección de hormigón.

$$A_g : \underline{13500.00} \text{ cm}^2$$

Resistencia al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante (Artículo 11.5.7):

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$$

$$V_s : \underline{730.22} \text{ kN}$$

En ningún caso se debe considerar V_s mayor que (Artículo 11.5.7.9):

$$V_s = 0.66 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s : \underline{4494.93} \text{ kN}$$

(f_c en MPa)

Donde:

A_v : Área de refuerzo para cortante dentro del espaciamiento s .

$$A_v : \underline{2.85} \text{ cm}^2$$

f_{yt} : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

$$f_{yt} : \underline{412.02} \text{ MPa}$$

$$f_{yt} \geq 420 \text{ MPa}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

Viga 1

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

d : 1243 mm

s: Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

s : 200 mm

f_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f_c : 29.43 MPa

$\sqrt{f_c} \geq 8.3$ MPa

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

b_w : 1000 mm

Separación de las armaduras transversales

Cortante en la dirección Y:

El espaciamiento del refuerzo de cortante colocado perpendicularmente al eje del elemento no debe exceder s_{max} (Artículo 11.5.5):

s ≤ s_{max} **200 mm ≤ 600 mm** ✓

Donde:

s_{max}: Valor mínimo de s₁, s₂.

s_{max} : 600 mm

s₁ = d/2

s₁ : 625 mm

s₂ = 600 mm

s₂ : 600 mm

Siendo:

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

d : 1243 mm

Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal.

Cortante en la dirección Y:

Debe colocarse un área mínima de refuerzo para cortante, A_{v,min}, en todo elemento de concreto armado sometido a flexión (preesforzado y no preesforzado) (Artículo 11.5.6):

A_v ≥ A_{v,min} **2.85 cm² ≥ 1.70 cm²** ✓

Donde:

A_{v,min} = 0.062 · √f_c · $\frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$

A_{v,min} : 1.63 cm²

(f_c y f_{yt} en MPa)

Pero no debe ser menor que:

A_{v,min} = (0.35 · b_w · s) / f_{yt}

A_{v,min} : 1.70 cm²

(f_{yt} en MPa)

Siendo:

f_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f_c : 29.43 MPa

$\sqrt{f_c} \geq 8.3$ MPa

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

b_w : 1000 mm

s: Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

s : 200 mm

f_{yt}: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

f_{yt} : 412.02 MPa

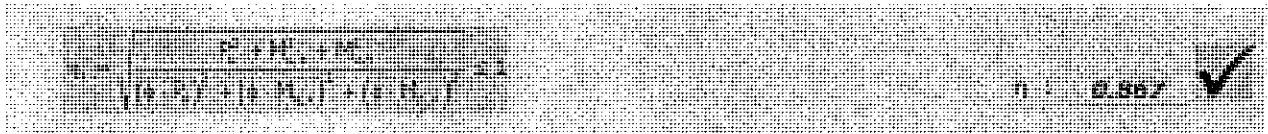
f_{yt} ≥ 420 MPa

Viga 1

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 10)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '4.830 m', para la combinación de hipótesis "Envolvente de momentos máximos en situaciones persistentes o transitorias".

Se debe satisfacer:



Comprobación de resistencia de la sección (η_u)

P_u, M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u : Esfuerzo normal de cálculo.

M_u : Momento de cálculo de primer orden.

$$P_u : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{u,x} : \underline{4673.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{u,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\phi \cdot P_n, \phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$\phi \cdot P_n$: Axil de agotamiento.

$\phi \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.

$$\phi \cdot P_n : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$\phi \cdot M_{n,x} : \underline{5389.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\phi \cdot M_{n,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 10.2):

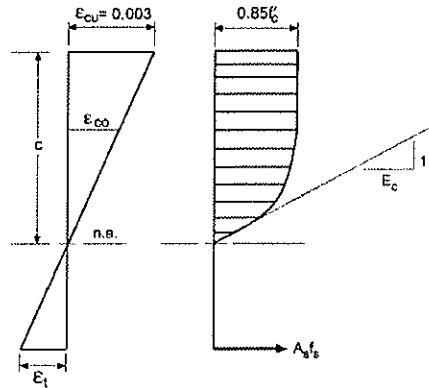
- El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y carga axial debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.
- Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.
- La máxima deformación unitaria utilizable del concreto, ϵ_{cu} , en la fibra extrema sometida a compresión, se asumirá igual a 0.003.
- El esfuerzo en el refuerzo deberá tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias en el refuerzo mayores que las correspondientes a f_y , el esfuerzo se considerará independiente de la deformación unitaria e igual a f_y .
- La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.
- La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que permita una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos de laboratorio representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1



f'_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f'_c : 29.43 MPa

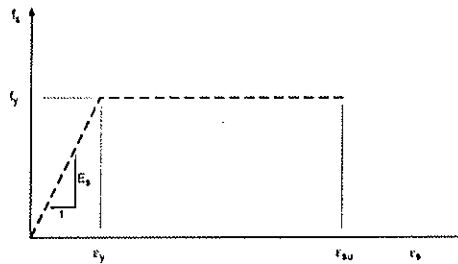
ϵ_{cu} : Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión.

ϵ_{cu} : 0.0030

ϵ_{co} : Deformación unitaria bajo carga máxima.

ϵ_{co} : 0.0020

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



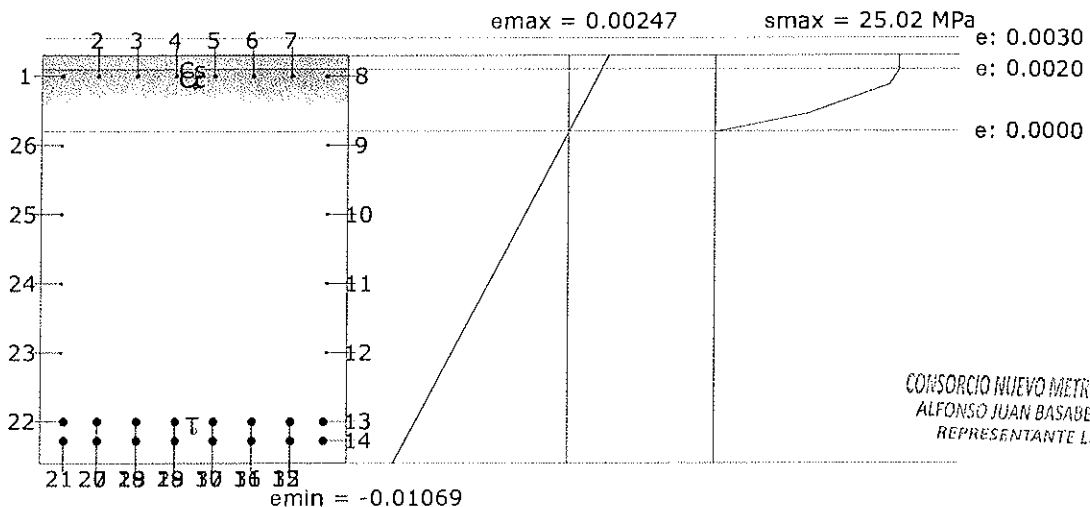
f_y : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo.

f_y : 412.02 MPa

ϵ_{su} : Máxima deformación del acero a tracción.

ϵ_{su} : 0.0100

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



CONSORCIO NUEVO METRO DE LÍNEA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

Viga 1

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _c (MPa)	ε
1	Ø5/8"	-432.54	607.54	+363.51	+0.001817
2	Ø5/8"	-318.03	607.54	+363.51	+0.001817
3	Ø5/8"	-190.82	607.54	+363.51	+0.001817
4	Ø5/8"	-63.61	607.54	+363.51	+0.001817
5	Ø5/8"	63.61	607.54	+363.51	+0.001817
6	Ø5/8"	190.82	607.54	+363.51	+0.001817
7	Ø5/8"	318.03	607.54	+363.51	+0.001817
8	Ø5/8"	432.54	607.54	+363.51	+0.001817
9	Ø1/2"	434.13	378.81	0.00	-0.000412
10	Ø1/2"	434.13	150.08	0.00	-0.002642
11	Ø1/2"	434.13	-78.64	0.00	-0.004872
12	Ø1/2"	434.13	-307.37	0.00	-0.007101
13	Ø1 1/4"	424.60	-536.10	-412.02	-0.009331
14	Ø1 1/4"	424.60	-599.60	-412.02	-0.009950
15	Ø1 1/4"	318.03	-599.60	-412.02	-0.009950
16	Ø1 1/4"	190.82	-599.60	-412.02	-0.009950
17	Ø1 1/4"	63.61	-599.60	-412.02	-0.009950
18	Ø1 1/4"	-63.61	-599.60	-412.02	-0.009950
19	Ø1 1/4"	-190.82	-599.60	-412.02	-0.009950
20	Ø1 1/4"	-318.03	-599.60	-412.02	-0.009950
21	Ø1 1/4"	-424.60	-599.60	-412.02	-0.009950
22	Ø1 1/4"	-424.60	-536.10	-412.02	-0.009331
23	Ø1/2"	-434.12	-307.37	0.00	-0.007101
24	Ø1/2"	-434.12	-78.64	0.00	-0.004872
25	Ø1/2"	-434.12	150.08	0.00	-0.002642
26	Ø1/2"	-434.12	378.81	0.00	-0.000412
27	Ø1 1/4"	-318.03	-536.10	-412.02	-0.009331
28	Ø1 1/4"	-190.82	-536.10	-412.02	-0.009331
29	Ø1 1/4"	-63.61	-536.10	-412.02	-0.009331
30	Ø1 1/4"	63.61	-536.10	-412.02	-0.009331
31	Ø1 1/4"	190.82	-536.10	-412.02	-0.009331
32	Ø1 1/4"	318.03	-536.10	-412.02	-0.009331

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
C _c	4640.43	0.00	575.95
C _s	578.71	0.00	607.54
T	5219.14	0.00	-567.85

$$P_n = C_c + C_s - T$$

$$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.

C_s: Resultante de compresiones en el acero.

T: Resultante de tracciones en el acero.

$$P_n : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{n,x} : \underline{5987.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{n,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



$$C_c : \underline{4640.43} \text{ kN}$$

$$C_s : \underline{578.71} \text{ kN}$$

$$T : \underline{5219.14} \text{ kN}$$

Viga 1

e_{cc} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

e_{cs} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

e_T : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

ϵ_{cmax} : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

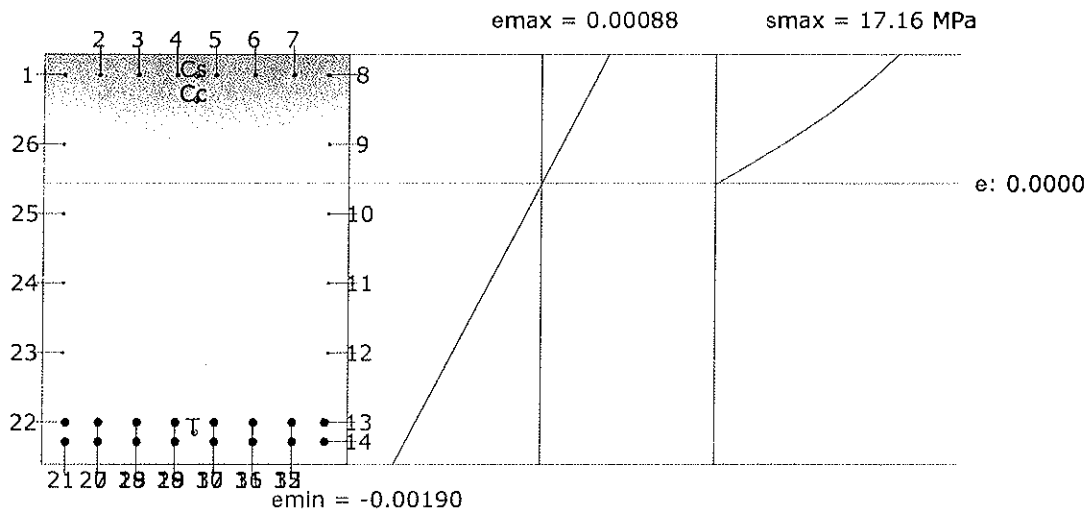
ϵ_{smax} : Deformación de la barra de acero más traccionada.

σ_{cmax} : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

σ_{smax} : Tensión de la barra de acero más traccionada.

$e_{cc,x}$: 0.00	mm
$e_{cc,y}$: 575.95	mm
$e_{cs,x}$: 0.00	mm
$e_{cs,y}$: 607.54	mm
$e_{T,x}$: 0.00	mm
$e_{T,y}$: -567.85	mm
ϵ_{cmax}	: 0.0025	
ϵ_{smax}	: 0.0099	
σ_{cmax}	: 25.02	MPa
σ_{smax}	: 412.02	MPa

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
1	Ø5/8"	-432.54	607.54	+148.15	+0.000741
2	Ø5/8"	-318.03	607.54	+148.15	+0.000741
3	Ø5/8"	-190.82	607.54	+148.15	+0.000741
4	Ø5/8"	-63.61	607.54	+148.15	+0.000741
5	Ø5/8"	63.61	607.54	+148.15	+0.000741
6	Ø5/8"	190.82	607.54	+148.15	+0.000741
7	Ø5/8"	318.03	607.54	+148.15	+0.000741
8	Ø5/8"	432.54	607.54	+148.15	+0.000741
9	Ø1/2"	434.13	378.81	0.00	+0.000270
10	Ø1/2"	434.13	150.08	0.00	-0.000200
11	Ø1/2"	434.13	-78.64	0.00	-0.000671
12	Ø1/2"	434.13	-307.37	0.00	-0.001141
13	Ø1 1/4"	424.60	-536.10	-322.39	-0.001612
14	Ø1 1/4"	424.60	-599.60	-348.51	-0.001742
15	Ø1 1/4"	318.03	-599.60	-348.51	-0.001742
16	Ø1 1/4"	190.82	-599.60	-348.51	-0.001742
17	Ø1 1/4"	63.61	-599.60	-348.51	-0.001742
18	Ø1 1/4"	-63.61	-599.60	-348.51	-0.001742
19	Ø1 1/4"	-190.82	-599.60	-348.51	-0.001742
20	Ø1 1/4"	-318.03	-599.60	-348.51	-0.001742
21	Ø1 1/4"	-424.60	-599.60	-348.51	-0.001742

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

Viga 1

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
22	Ø1 1/4"	-424.60	-536.10	-322.39	-0.001612
23	Ø1/2"	-434.12	-307.37	0.00	-0.001141
24	Ø1/2"	-434.12	-78.64	0.00	-0.000671
25	Ø1/2"	-434.12	150.08	0.00	-0.000200
26	Ø1/2"	-434.12	378.81	0.00	+0.000270
27	Ø1 1/4"	-318.03	-536.10	-322.39	-0.001612
28	Ø1 1/4"	-190.82	-536.10	-322.39	-0.001612
29	Ø1 1/4"	-63.61	-536.10	-322.39	-0.001612
30	Ø1 1/4"	63.61	-536.10	-322.39	-0.001612
31	Ø1 1/4"	190.82	-536.10	-322.39	-0.001612
32	Ø1 1/4"	318.03	-536.10	-322.39	-0.001612

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	4013.37	0.00	526.37
Cs	235.85	0.00	607.54
T	4249.22	0.00	-569.09

$$P_u = C_c + C_s - T$$

$$P_u : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{u,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{u,x} : \underline{4673.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{u,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{u,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{4013.37} \text{ kN}$$

C_s: Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{235.85} \text{ kN}$$

T: Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{4249.22} \text{ kN}$$

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{526.37} \text{ mm}$$

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{607.54} \text{ mm}$$

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{T,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{-569.09} \text{ mm}$$

ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0009}$$

ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0017}$$

σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : \underline{17.16} \text{ MPa}$$

σ_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$\sigma_{smax} : \underline{348.51} \text{ MPa}$$


Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.6)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013444

Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.7)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje Y. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.8)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.8)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.2)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.2)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.5)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Viga 1

4.- COMPROBACIÓN DE FISURACIÓN

V-111: B14 - B15

Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara superior (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.3)

La comprobación no procede, ya que no hay ninguna armadura traccionada.

Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral derecha (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.3)

Se debe satisfacer:

$$Z \leq Z_{max}$$

$$23.4 \text{ kN/mm} \leq 26.0 \text{ kN/mm}$$



El valor máximo del parámetro de control Z se produce en un punto situado a una distancia de 6.080 m del nudo B14, para la combinación de acciones PP+CM+0.5·Qa. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 424.60 mm, Y = -536.10 mm.

Donde:

Z_{max}: Máximo valor admisible del parámetro de control Z_{max}.

$$Z_{max} : \underline{26.0} \text{ kN/mm}$$

Z: Parámetro de control.

$$Z : \underline{23.4} \text{ kN/mm}$$

$$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A_{ct}}$$

Siendo:

f_s: [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$$f_s : \underline{197.53} \text{ MPa}$$

d_c: [mm] Espesor del recubrimiento de concreto medido desde la fibra extrema en tracción al centro de la barra de refuerzo.

$$d_c : \underline{75.40} \text{ mm}$$

A_{ct}: [mm²] Área efectiva del concreto en tracción que rodea a la barra de refuerzo.

$$A_{ct} : \underline{22121.50} \text{ mm}^2$$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed}: Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

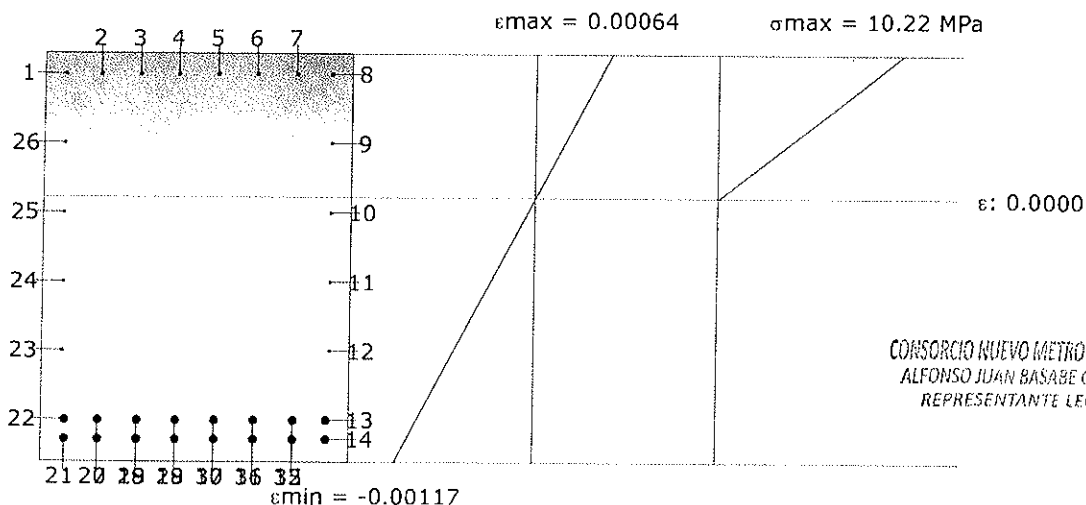
$$N_{ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

M_{ed,x}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$$M_{ed,x} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{ed,y}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$$M_{ed,y} : \underline{2848.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
10	Ø1/2"	434.13	150.08	0.00	-0.000065
11	Ø1/2"	434.13	-78.64	0.00	-0.000372
12	Ø1/2"	434.13	-307.37	0.00	-0.000680
13	Ø1 1/4"	424.60	-536.10	-197.53	-0.000988
14	Ø1 1/4"	424.60	-599.60	-214.61	-0.001073
15	Ø1 1/4"	318.03	-599.60	-214.61	-0.001073
16	Ø1 1/4"	190.82	-599.60	-214.61	-0.001073
17	Ø1 1/4"	63.61	-599.60	-214.61	-0.001073
18	Ø1 1/4"	-63.61	-599.60	-214.61	-0.001073
19	Ø1 1/4"	-190.82	-599.60	-214.61	-0.001073
20	Ø1 1/4"	-318.03	-599.60	-214.61	-0.001073
21	Ø1 1/4"	-424.60	-599.60	-214.61	-0.001073
22	Ø1 1/4"	-424.60	-536.10	-197.53	-0.000988
23	Ø1/2"	-434.12	-307.37	0.00	-0.000680
24	Ø1/2"	-434.12	-78.64	0.00	-0.000372
25	Ø1/2"	-434.12	150.08	0.00	-0.000065
27	Ø1 1/4"	-318.03	-536.10	-197.53	-0.000988
28	Ø1 1/4"	-190.82	-536.10	-197.53	-0.000988
29	Ø1 1/4"	-63.61	-536.10	-197.53	-0.000988
30	Ø1 1/4"	63.61	-536.10	-197.53	-0.000988
31	Ø1 1/4"	190.82	-536.10	-197.53	-0.000988
32	Ø1 1/4"	318.03	-536.10	-197.53	-0.000988

Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara inferior (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.3)

Se debe satisfacer:

$$Z \leq Z_{\max}$$

$$21.7 \text{ kN/mm} \leq 26.0 \text{ kN/mm} \quad \checkmark$$

El valor máximo del parámetro de control Z se produce en un punto situado a una distancia de 6.080 m del nudo B14, para la combinación de acciones PP+CM+0.5·Qa. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 424.60 mm, Y = -599.60 mm.

Donde:

Z_{max}: Máximo valor admisible del parámetro de control Z_{max}.

$$Z_{\max} : \underline{26.0} \text{ kN/mm}$$

Z: Parámetro de control.

$$Z : \underline{21.7} \text{ kN/mm}$$

$$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A_{ct}}$$

Siendo:

f_s: [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$$f_s : \underline{214.61} \text{ MPa}$$

d_c: [mm] Espesor del recubrimiento de concreto medido desde la fibra extrema en tracción al centro de la barra de refuerzo.

$$d_c : \underline{75.40} \text{ mm}$$

A_{ct}: [mm²] Área efectiva del concreto en tracción que rodea a la barra de refuerzo.

$$A_{ct} : \underline{13768.78} \text{ mm}^2$$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

013447

N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

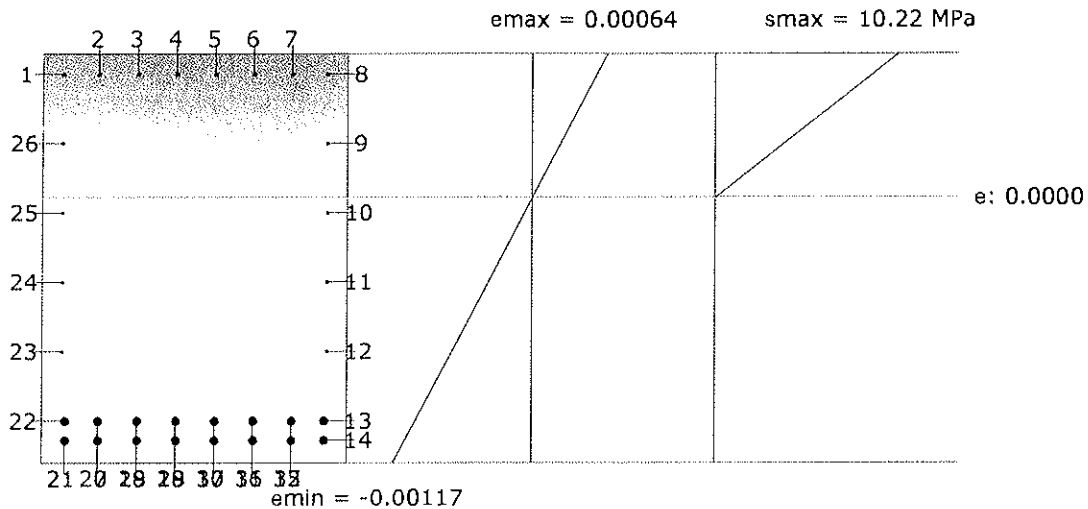
$M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

N_{ed} : 0.00 kN

$M_{ed,x}$: 0.00 kN·m

$M_{ed,y}$: 2848.85 kN·m



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
10	Ø1/2"	434.13	150.08	0.00	-0.000065
11	Ø1/2"	434.13	-78.64	0.00	-0.000372
12	Ø1/2"	434.13	-307.37	0.00	-0.000680
13	Ø1 1/4"	424.60	-536.10	-197.53	-0.000988
14	Ø1 1/4"	424.60	-599.60	-214.61	-0.001073
15	Ø1 1/4"	318.03	-599.60	-214.61	-0.001073
16	Ø1 1/4"	190.82	-599.60	-214.61	-0.001073
17	Ø1 1/4"	63.61	-599.60	-214.61	-0.001073
18	Ø1 1/4"	-63.61	-599.60	-214.61	-0.001073
19	Ø1 1/4"	-190.82	-599.60	-214.61	-0.001073
20	Ø1 1/4"	-318.03	-599.60	-214.61	-0.001073
21	Ø1 1/4"	-424.60	-599.60	-214.61	-0.001073
22	Ø1 1/4"	-424.60	-536.10	-197.53	-0.000988
23	Ø1/2"	-434.12	-307.37	0.00	-0.000680
24	Ø1/2"	-434.12	-78.64	0.00	-0.000372
25	Ø1/2"	-434.12	150.08	0.00	-0.000065
27	Ø1 1/4"	-318.03	-536.10	-197.53	-0.000988
28	Ø1 1/4"	-190.82	-536.10	-197.53	-0.000988
29	Ø1 1/4"	-63.61	-536.10	-197.53	-0.000988
30	Ø1 1/4"	63.61	-536.10	-197.53	-0.000988
31	Ø1 1/4"	190.82	-536.10	-197.53	-0.000988
32	Ø1 1/4"	318.03	-536.10	-197.53	-0.000988

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral izquierda (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.3)

Se debe satisfacer:

$Z \leq Z_{max}$ **23.4 kN/mm ≤ 26.0 kN/mm** ✓

El valor máximo del parámetro de control Z se produce en un punto situado a una distancia de 6.080 m del nudo B14, para la combinación de acciones PP+CM+0.5·Qa. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = -424.60 mm, Y = -536.10 mm.

Donde:

Z_{max} : Máximo valor admisible del parámetro de control Z_{max} .

$Z_{max} : \underline{26.0} \text{ kN/mm}$

Z: Parámetro de control.

$Z : \underline{23.4} \text{ kN/mm}$

$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A_{ct}}$

Siendo:

f_s : [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$f_s : \underline{197.53} \text{ MPa}$

d_c : [mm] Espesor del recubrimiento de concreto medido desde la fibra extrema en tracción al centro de la barra de refuerzo.

$d_c : \underline{75.40} \text{ mm}$

A_{ct} : [mm²] Área efectiva del concreto en tracción que rodea a la barra de refuerzo.

$A_{ct} : \underline{22121.50} \text{ mm}^2$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

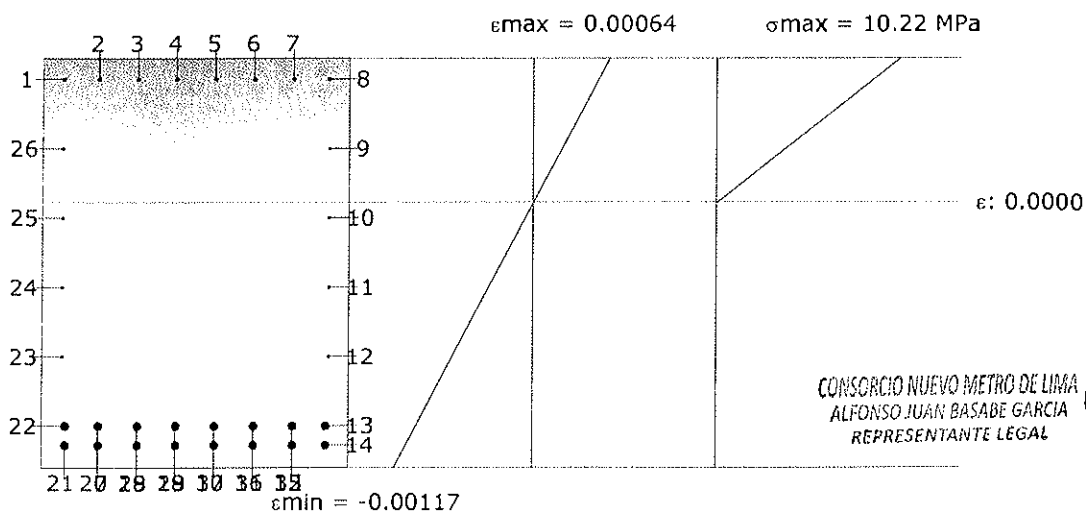
$N_{ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$

$M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$M_{ed,x} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$M_{ed,y} : \underline{2848.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
10	Ø1/2"	434.13	150.08	0.00	-0.000065
11	Ø1/2"	434.13	-78.64	0.00	-0.000372
12	Ø1/2"	434.13	-307.37	0.00	-0.000680

Viga 1

013449

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
13	Ø1 1/4"	424.60	-536.10	-197.53	-0.000988
14	Ø1 1/4"	424.60	-599.60	-214.61	-0.001073
15	Ø1 1/4"	318.03	-599.60	-214.61	-0.001073
16	Ø1 1/4"	190.82	-599.60	-214.61	-0.001073
17	Ø1 1/4"	63.61	-599.60	-214.61	-0.001073
18	Ø1 1/4"	-63.61	-599.60	-214.61	-0.001073
19	Ø1 1/4"	-190.82	-599.60	-214.61	-0.001073
20	Ø1 1/4"	-318.03	-599.60	-214.61	-0.001073
21	Ø1 1/4"	-424.60	-599.60	-214.61	-0.001073
22	Ø1 1/4"	-424.60	-536.10	-197.53	-0.000988
23	Ø1/2"	-434.12	-307.37	0.00	-0.000680
24	Ø1/2"	-434.12	-78.64	0.00	-0.000372
25	Ø1/2"	-434.12	150.08	0.00	-0.000065
27	Ø1 1/4"	-318.03	-536.10	-197.53	-0.000988
28	Ø1 1/4"	-190.82	-536.10	-197.53	-0.000988
29	Ø1 1/4"	-63.61	-536.10	-197.53	-0.000988
30	Ø1 1/4"	63.61	-536.10	-197.53	-0.000988
31	Ø1 1/4"	190.82	-536.10	-197.53	-0.000988
32	Ø1 1/4"	318.03	-536.10	-197.53	-0.000988

Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara superior (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.6)

La comprobación no procede, ya que no hay ninguna armadura traccionada.

Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral derecha (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.6)

Se debe satisfacer:

$$s \leq s_{max} \quad 146.11 \text{ mm} \leq 300.00 \text{ mm} \quad \checkmark$$

La separación entre barras más restrictiva se produce para la combinación de acciones PP+CM. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 424.60 mm, Y = -536.10 mm.

Donde:

s: Espaciamiento del refuerzo.

s : 146.11 mm

s_{max}: Espaciamiento máximo permitido del refuerzo, calculado como el menor de los siguientes valores:

s_{max} : 300.00 mm

$$s_1 = 380 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right) - 2.5 \cdot c_c$$

s₁ : 995.76 mm

$$s_2 = 300 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right)$$

s₂ : 903.61 mm

s₃ = 300mm

s₃ : 300.00 mm

Siendo:

f_s: [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

f_s : 83.00 MPa

c_c: Distancia entre la superficie del refuerzo y la cara en tracción.

c_c : 59.53 mm

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

Viga 1

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

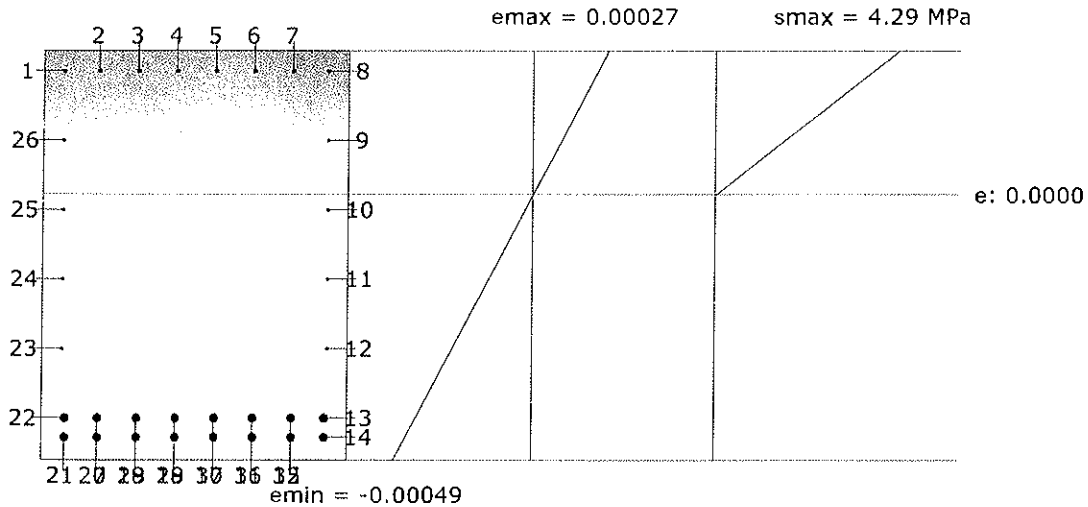
N_{ed} : 0.00 kN

$M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$M_{ed,x}$: 0.00 kN·m

$M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$M_{ed,y}$: 1197.08 kN·m



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
10	Ø1/2"	434.13	150.08	0.00	-0.000027
11	Ø1/2"	434.13	-78.64	0.00	-0.000156
12	Ø1/2"	434.13	-307.37	0.00	-0.000286
13	Ø1 1/4"	424.60	-536.10	-83.00	-0.000415
14	Ø1 1/4"	424.60	-599.60	-90.18	-0.000451
15	Ø1 1/4"	318.03	-599.60	-90.18	-0.000451
16	Ø1 1/4"	190.82	-599.60	-90.18	-0.000451
17	Ø1 1/4"	63.61	-599.60	-90.18	-0.000451
18	Ø1 1/4"	-63.61	-599.60	-90.18	-0.000451
19	Ø1 1/4"	-190.82	-599.60	-90.18	-0.000451
20	Ø1 1/4"	-318.03	-599.60	-90.18	-0.000451
21	Ø1 1/4"	-424.60	-599.60	-90.18	-0.000451
22	Ø1 1/4"	-424.60	-536.10	-83.00	-0.000415
23	Ø1/2"	-434.12	-307.37	0.00	-0.000286
24	Ø1/2"	-434.12	-78.64	0.00	-0.000156
25	Ø1/2"	-434.12	150.08	0.00	-0.000027
27	Ø1 1/4"	-318.03	-536.10	-83.00	-0.000415
28	Ø1 1/4"	-190.82	-536.10	-83.00	-0.000415
29	Ø1 1/4"	-63.61	-536.10	-83.00	-0.000415
30	Ø1 1/4"	63.61	-536.10	-83.00	-0.000415
31	Ø1 1/4"	190.82	-536.10	-83.00	-0.000415
32	Ø1 1/4"	318.03	-536.10	-83.00	-0.000415

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara inferior (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.6)

Se debe satisfacer:

$$s \leq s_{max} \quad 127.21 \text{ mm} \leq 293.86 \text{ mm} \quad \checkmark$$

La separación entre barras más restrictiva se produce en un punto situado a una distancia de 6.080 m del nudo B14, para la combinación de acciones PP+CM+0.5·Qa. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 190.82 mm, Y = -599.60 mm.

Donde:

s: Espaciamiento del refuerzo.

s : 127.21 mm

s_{max}: Espaciamiento máximo permitido del refuerzo, calculado como el menor de los siguientes valores:

s_{max} : 293.86 mm

$$s_1 = 380 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right) - 2.5 \cdot c_c$$

s₁ : 293.86 mm

$$s_2 = 300 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right)$$

s₂ : 349.48 mm

s₃ = 300mm

s₃ : 300.00 mm

Siendo:

f_s: [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

f_s : 214.61 MPa

C_c: Distancia entre la superficie del refuerzo y la cara en tracción.

C_c : 59.53 mm

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed}: Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

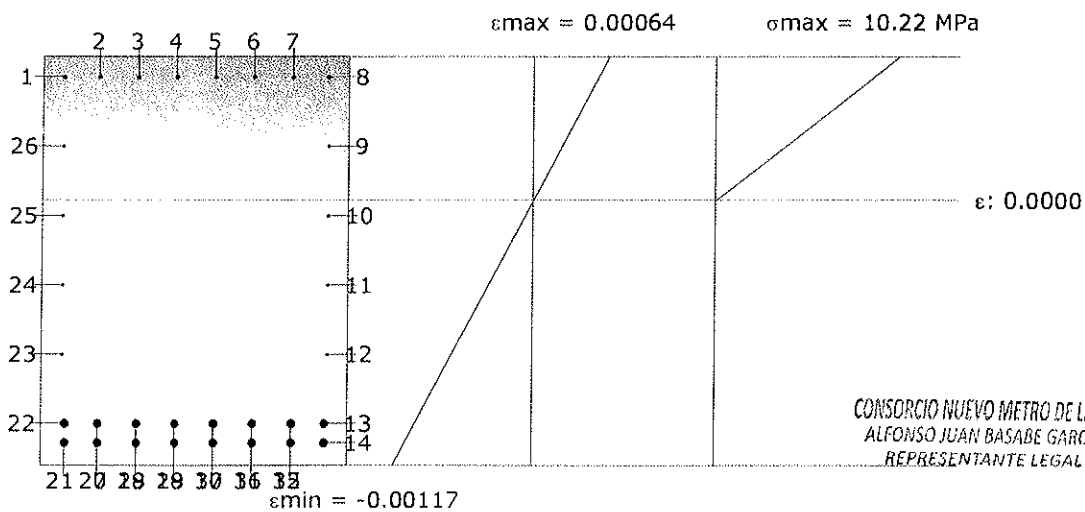
N_{ed} : 0.00 kN

M_{ed,x}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

M_{ed,x} : 0.00 kN·m

M_{ed,y}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

M_{ed,y} : 2848.85 kN·m



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
10	Ø1/2"	434.13	150.08	0.00	-0.000065
11	Ø1/2"	434.13	-78.64	0.00	-0.000372
12	Ø1/2"	434.13	-307.37	0.00	-0.000680

Viga 1

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
13	Ø1 1/4"	424.60	-536.10	-197.53	-0.000988
14	Ø1 1/4"	424.60	-599.60	-214.61	-0.001073
15	Ø1 1/4"	318.03	-599.60	-214.61	-0.001073
16	Ø1 1/4"	190.82	-599.60	-214.61	-0.001073
17	Ø1 1/4"	63.61	-599.60	-214.61	-0.001073
18	Ø1 1/4"	-63.61	-599.60	-214.61	-0.001073
19	Ø1 1/4"	-190.82	-599.60	-214.61	-0.001073
20	Ø1 1/4"	-318.03	-599.60	-214.61	-0.001073
21	Ø1 1/4"	-424.60	-599.60	-214.61	-0.001073
22	Ø1 1/4"	-424.60	-536.10	-197.53	-0.000988
23	Ø1/2"	-434.12	-307.37	0.00	-0.000680
24	Ø1/2"	-434.12	-78.64	0.00	-0.000372
25	Ø1/2"	-434.12	150.08	0.00	-0.000065
27	Ø1 1/4"	-318.03	-536.10	-197.53	-0.000988
28	Ø1 1/4"	-190.82	-536.10	-197.53	-0.000988
29	Ø1 1/4"	-63.61	-536.10	-197.53	-0.000988
30	Ø1 1/4"	63.61	-536.10	-197.53	-0.000988
31	Ø1 1/4"	190.82	-536.10	-197.53	-0.000988
32	Ø1 1/4"	318.03	-536.10	-197.53	-0.000988

Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral izquierda (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.6)

Se debe satisfacer:

$$s \leq s_{max}$$

$$146.11 \text{ mm} \leq 300.00 \text{ mm} \quad \checkmark$$

La separación entre barras más restrictiva se produce para la combinación de acciones PP+CM. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = -424.60 mm, Y = -536.10 mm.

Donde:

s: Espaciamiento del refuerzo.

$$s : 146.11 \text{ mm}$$

s_{max}: Espaciamiento máximo permitido del refuerzo, calculado como el menor de los siguientes valores:

$$s_{max} : 300.00 \text{ mm}$$

$$s_1 = 380 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right) - 2.5 \cdot c_c$$

$$s_1 : 995.76 \text{ mm}$$

$$s_2 = 300 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right)$$

$$s_2 : 903.61 \text{ mm}$$

$$s_3 = 300 \text{ mm}$$

$$s_3 : 300.00 \text{ mm}$$

Siendo:

f_s: [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$$f_s : 83.00 \text{ MPa}$$

c_c: Distancia entre la superficie del refuerzo y la cara en tracción.

$$c_c : 59.53 \text{ mm}$$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}/M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed}: Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

$$N_{ed} : 0.00 \text{ kN}$$



Viga 1

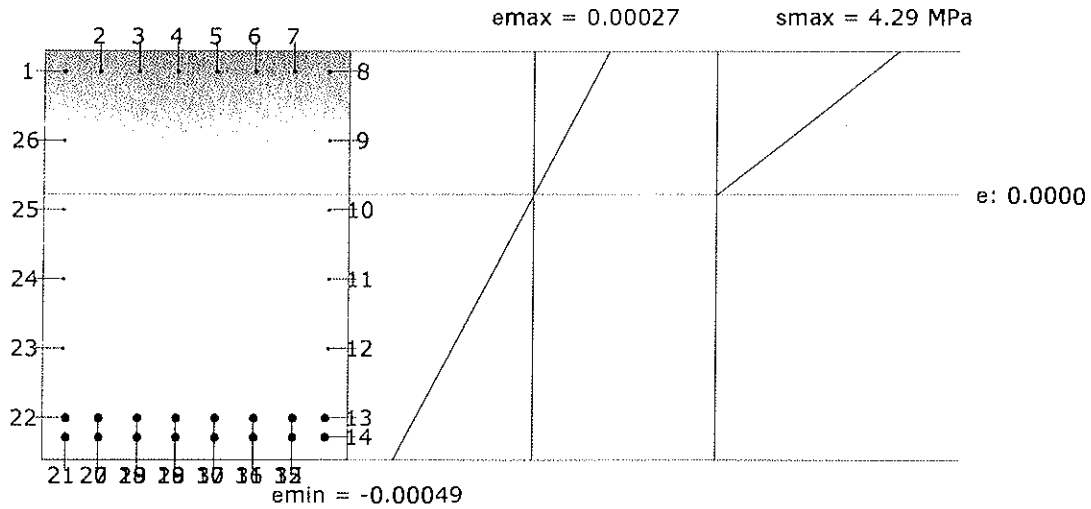
013453

M_{ed,x}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

M_{ed,x} : 0.00 kN·m

M_{ed,y}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

M_{ed,y} : 1197.08 kN·m



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f, (MPa)	ε
10	Ø1/2"	434.13	150.08	0.00	-0.000027
11	Ø1/2"	434.13	-78.64	0.00	-0.000156
12	Ø1/2"	434.13	-307.37	0.00	-0.000286
13	Ø1 1/4"	424.60	-536.10	-83.00	-0.000415
14	Ø1 1/4"	424.60	-599.60	-90.18	-0.000451
15	Ø1 1/4"	318.03	-599.60	-90.18	-0.000451
16	Ø1 1/4"	190.82	-599.60	-90.18	-0.000451
17	Ø1 1/4"	63.61	-599.60	-90.18	-0.000451
18	Ø1 1/4"	-63.61	-599.60	-90.18	-0.000451
19	Ø1 1/4"	-190.82	-599.60	-90.18	-0.000451
20	Ø1 1/4"	-318.03	-599.60	-90.18	-0.000451
21	Ø1 1/4"	-424.60	-599.60	-90.18	-0.000451
22	Ø1 1/4"	-424.60	-536.10	-83.00	-0.000415
23	Ø1/2"	-434.12	-307.37	0.00	-0.000286
24	Ø1/2"	-434.12	-78.64	0.00	-0.000156
25	Ø1/2"	-434.12	150.08	0.00	-0.000027
27	Ø1 1/4"	-318.03	-536.10	-83.00	-0.000415
28	Ø1 1/4"	-190.82	-536.10	-83.00	-0.000415
29	Ø1 1/4"	-63.61	-536.10	-83.00	-0.000415
30	Ø1 1/4"	63.61	-536.10	-83.00	-0.000415
31	Ø1 1/4"	190.82	-536.10	-83.00	-0.000415
32	Ø1 1/4"	318.03	-536.10	-83.00	-0.000415

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



VIGAS TIPO 6

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



A handwritten signature in black ink, appearing to be "Alfonso Juan Basabe Garcia", written over the stamp.

INDICE

1.- DESCRIPCIÓN..... 2

2.- RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES..... 2

3.- COMPROBACIONES DE RESISTENCIA..... 3

4.- COMPROBACIÓN DE FISURACIÓN..... 21

5.- COMPROBACIONES DE FLECHA..... 32

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

1.- DESCRIPCIÓN

Datos de la viga	
	Geometría
	Dimensiones : 70x135 Luz libre : 3.7 m Recubrimiento geométrico superior : 5.0 cm Recubrimiento geométrico inferior : 5.0 cm Recubrimiento geométrico lateral : 5.0 cm
	Materiales
	Hormigón : f'c=300
	Armadura longitudinal : Grado 60 Armadura transversal : Grado 60

2.- RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES

Vano	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (NTE E.060:2009)														Estado
	Disp.	Arm.	Q	N,M	T _c	T _{tr}	T _{tr}	TNM _y	TV _y	TV _z	T,Disp. _l	T,Disp. _{tr}	T,Geom. _l	T,Arm. _{tr}	
V-115: B18 - B19	Cumple	Cumple	2.400 m' η = 7.1	0.400 m' η = 71.6	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE η = 71.6
Notación: Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras Arm.: Armadura mínima y máxima Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) T _c : Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua. T _{tr} : Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma. T _{tr} : Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales. TNM _y : Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje Y. TV _y : Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua. TV _z : Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Z. Tracción en el alma. T,Disp. _l : Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal. T,Disp. _{tr} : Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal. T,Geom. _l : Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal. T,Arm. _{tr} : Estado límite de agotamiento por torsión. Cantidad mínima de estribos cerrados. x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.															

Vano	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (NTE E.060:2009)								Estado
	Z _{C,sup.}	Z _{C,lat.Der.}	Z _{C,inf.}	Z _{C,lat.Izq.}	S _{C,sup.}	S _{C,lat.Der.}	S _{C,inf.}	S _{C,lat.Izq.}	
V-115: B18 - B19	x: 0.4 m Cumple	x: 0.4 m Cumple	x: 3.7 m Cumple	x: 0.4 m Cumple	x: 0 m Cumple	Cumple	x: 2.65 m Cumple	Cumple	CUMPLE
Notación: Z _{C,sup.} : Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara superior Z _{C,lat.Der.} : Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral derecha Z _{C,inf.} : Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara inferior Z _{C,lat.Izq.} : Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral izquierda S _{C,sup.} : Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara superior S _{C,lat.Der.} : Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral derecha S _{C,inf.} : Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara inferior S _{C,lat.Izq.} : Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral izquierda x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)									

Viga	Estado
V-115: B18 - B19	CUMPLE

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
 REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

3.- COMPROBACIONES DE RESISTENCIA

V-115: B18 - B19 (B18 - B19, Negativos)

Disposiciones relativas a las armaduras (NTE E.060:2009, Artículos 7.6 y 7.10)**Armadura longitudinal**La distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa no debe ser menor de $s_{l,min}$ (Artículo 7.6.1):

$$s_i \geq s_{l,min} \quad 114 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

 $s_{l,min}$: Valor máximo de s_1, s_2, s_3 .

$s_{l,min} : 25 \text{ mm}$

$s_1 = d_b$

$s_1 : 19 \text{ mm}$

$s_2 = 25 \text{ mm}$

$s_2 : 25 \text{ mm}$

$s_3 = 1.33 \cdot d_{ag}$

$s_3 : 20 \text{ mm}$

Siendo:

 d_b : Diámetro de la barra más gruesa.

$d_b : 19.1 \text{ mm}$

 d_{ag} : Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

$d_{ag} : 15 \text{ mm}$

Armadura mínima y máxima (NTE E.060:2009, Artículos 10.5.1, 10.5.2, 10.5.3 y 10.9.1)

Flexión negativa alrededor del eje X:

La cuantía de refuerzo longitudinal, A_s , no debe ser menor que $A_{s,min}$. Los requisitos no necesitan ser aplicados si el A_s proporcionado es al menos un tercio superior al requerido por análisis (Artículos 10.5.2 y 10.5.3):

$$A_s \geq \frac{4}{3} A_{s,req} \quad 14.25 \text{ cm}^2 \geq 11.37 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

 $A_{s,req}$: Área de refuerzo longitudinal a tracción requerida por análisis.

$A_{s,req} : 8.53 \text{ cm}^2$

Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 11)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{u,y}}{\phi \cdot V_{n,y}} \leq 1 \quad \eta : 0.071 \quad \checkmark$$

Donde:

 $V_{u,y}$: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$V_{u,y} : 96.51 \text{ kN}$

 $\phi \cdot V_{n,y}$: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

$\phi \cdot V_{n,y} : 1368.81 \text{ kN}$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '2.400 m', para la combinación de hipótesis "1.4·PP+1.4·CM+1.7·Qa".

Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Cortante en la dirección Y:

Resistencia nominal a cortante en piezas que requieren refuerzos de cortante, obtenida de acuerdo con el Artículo 11.1.1:

$V_n = V_c + V_s$

$V_n : 1610.36 \text{ kN}$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN DASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no preesforzados sometidos a compresión axial (Artículo 11.2.2.2):

$$V_c = \left(0.16 \cdot \sqrt{f'_c} + 17 \cdot \rho_w \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_m} \right) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c : \underline{857.75} \text{ kN}$$

(f'_c en MPa)

Sin embargo, V_c no debe tomarse mayor que:

$$V_c = 0.29 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.29 \cdot N_u}{A_g}}$$

$$V_c : \underline{1410.66} \text{ kN}$$

(N_u/A_g y f'_c en MPa)

Donde:

f'_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$$f'_c : \underline{29.43} \text{ MPa}$$

$$\sqrt{f'_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$$

$$\rho_w : \underline{0.002}$$

Siendo:

A_s : Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción.

$$A_s : \underline{14.25} \text{ cm}^2$$

b_w : Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

$$b_w : \underline{700} \text{ mm}$$

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$$d : \underline{1281} \text{ mm}$$

$$M_m = M_u - N_u \cdot \frac{(4 \cdot h - d)}{8}$$

$$M_m : \underline{37.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

M_u : Momento amplificado en la sección.

$$M_u : \underline{-37.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

N_u : Carga axial amplificada normal a la sección transversal.

$$N_u : \underline{0.00} \text{ kN}$$

h : Altura de un elemento.

$$h : \underline{1350.00} \text{ mm}$$

A_g : Área total de la sección de hormigón.

$$A_g : \underline{9450.00} \text{ cm}^2$$

Resistencia al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante (Artículo 11.5.7):

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$$

$$V_s : \underline{752.61} \text{ kN}$$

En ningún caso se debe considerar V_s mayor que (Artículo 11.5.7.9):

$$V_s = 0.66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s : \underline{3242.90} \text{ kN}$$

(f'_c en MPa)

Donde:

A_v : Área de refuerzo para cortante dentro del espaciamiento s .

$$A_v : \underline{2.85} \text{ cm}^2$$

f_{yt} : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

$$f_{yt} : \underline{412.02} \text{ MPa}$$

$$f_{yt} \geq 420 \text{ MPa}$$



[Handwritten signature]

Viga 1

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

d : 1281 mm

s: Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

s : 200 mm

f_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f_c : 29.43 MPa

$\sqrt{f_c} \geq 8.3$ MPa

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

b_w : 700 mm

Separación de las armaduras transversales

Cortante en la dirección Y:

El espaciamiento del refuerzo de cortante colocado perpendicularmente al eje del elemento no debe exceder s_{max} (Artículo 11.5.5):

s ≤ s_{max} **200 mm ≤ 600 mm** ✓

Donde:

s_{max}: Valor mínimo de s₁, s₂.

s_{max} : 600 mm

s₁ = d/2

s₁ : 645 mm

s₂ = 600 mm

s₂ : 600 mm

Siendo:

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

d : 1281 mm

Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal.

Cortante en la dirección Y:

Debe colocarse un área mínima de refuerzo para cortante, A_{v,min}, en todo elemento de concreto armado sometido a flexión (preesforzado y no preesforzado) (Artículo 11.5.6):

A_v ≥ A_{v,min} **2.85 cm² ≥ 1.19 cm²** ✓

Donde:

A_{v,min} = 0.062 · √f_c · (b_w · s) / f_{yt}

A_{v,min} : 1.14 cm²

(f_c y f_{yt} en MPa)

Pero no debe ser menor que:

A_{v,min} = (0.35 · b_w · s) / f_{yt}

A_{v,min} : 1.19 cm²

(f_{yt} en MPa)

Siendo:

f_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f_c : 29.43 MPa

$\sqrt{f_c} \geq 8.3$ MPa

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

b_w : 700 mm

s: Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

s : 200 mm

f_{yt}: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

f_{yt} : 412.02 MPa

f_{yt} ≥ 420 MPa



Viga 1

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 10)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 0.400 m', para la combinación de hipótesis "Envolvente de momentos mínimos en situaciones persistentes o transitorias".

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \frac{P_u^2 + M_{u,x}^2 + M_{u,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.716} \quad \checkmark$$

Comprobación de resistencia de la sección (η_1)

P_u, M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u : Esfuerzo normal de cálculo.

M_u : Momento de cálculo de primer orden.

$$P_u : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{u,x} : \underline{-471.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{u,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\phi \cdot P_n, \phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$\phi \cdot P_n$: Axil de agotamiento.

$\phi \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.

$$\phi \cdot P_n : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$\phi \cdot M_{n,x} : \underline{-658.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\phi \cdot M_{n,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 10.2):

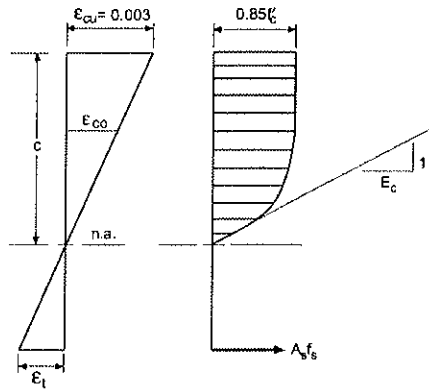
- El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y carga axial debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.
- Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.
- La máxima deformación unitaria utilizable del concreto, ϵ_{cu} , en la fibra extrema sometida a compresión, se asumirá igual a 0.003.
- El esfuerzo en el refuerzo deberá tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias en el refuerzo mayores que las correspondientes a f_y , el esfuerzo se considerará independiente de la deformación unitaria e igual a f_y .
- La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.
- La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que permita una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos de laboratorio representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1



f_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f_c : 29.43 MPa

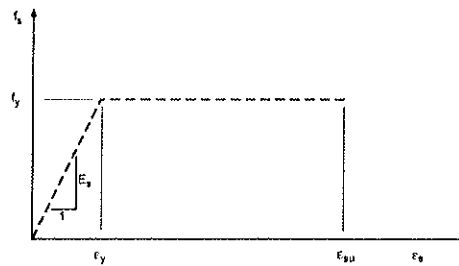
ϵ_{cu} : Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión.

ϵ_{cu} : 0.0030

ϵ_{co} : Deformación unitaria bajo carga máxima.

ϵ_{co} : 0.0020

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



f_y : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo.

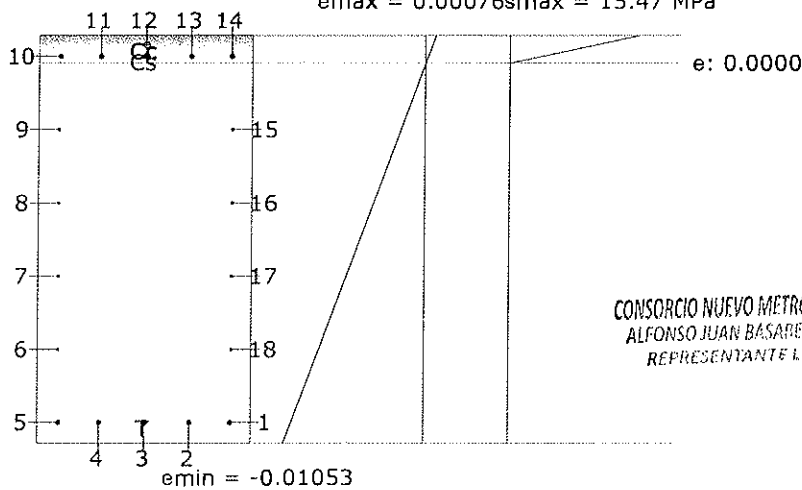
f_y : 412.02 MPa

ϵ_{su} : Máxima deformación del acero a tracción.

ϵ_{su} : 0.0100

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:

$e_{max} = 0.00076s_{max} = 15.47$ MPa



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASARE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



[Handwritten signature]

Viga 1

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
1	Ø3/4"	-280.95	605.95	-412.02	-0.009950
2	Ø3/4"	-147.62	605.95	-412.02	-0.009950
3	Ø3/4"	0.00	605.95	-412.02	-0.009950
4	Ø3/4"	147.62	605.95	-412.02	-0.009950
5	Ø3/4"	280.95	605.95	-412.02	-0.009950
6	Ø1/2"	284.13	363.57	0.00	-0.007923
7	Ø1/2"	284.13	121.19	0.00	-0.005895
8	Ø1/2"	284.13	-121.19	0.00	-0.003868
9	Ø1/2"	284.13	-363.57	0.00	-0.001840
10	Ø3/4"	280.95	-605.95	+37.39	+0.000187
11	Ø3/4"	147.62	-605.95	+37.39	+0.000187
12	Ø3/4"	0.00	-605.95	+37.39	+0.000187
13	Ø3/4"	-147.62	-605.95	+37.39	+0.000187
14	Ø3/4"	-280.95	-605.95	+37.39	+0.000187
15	Ø1/2"	-284.12	-363.57	0.00	-0.001840
16	Ø1/2"	-284.12	-121.19	0.00	-0.003868
17	Ø1/2"	-284.12	121.19	0.00	-0.005895
18	Ø1/2"	-284.12	363.57	0.00	-0.007923

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
C _c	533.84	0.00	-643.42
C _s	53.29	0.00	-605.95
T	587.13	0.00	605.95

$$P_n = C_c + C_s - T$$

$$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.

C_s: Resultante de compresiones en el acero.

T: Resultante de tracciones en el acero.

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.

σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

σ_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$P_n : 0.00 \text{ kN}$$

$$M_{n,x} : -731.55 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{n,y} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$C_c : 533.84 \text{ kN}$$

$$C_s : 53.29 \text{ kN}$$

$$T : 587.13 \text{ kN}$$

$$e_{cc,x} : 0.00 \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : -643.42 \text{ mm}$$

$$e_{cs,x} : 0.00 \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : -605.95 \text{ mm}$$

$$e_{T,x} : 0.00 \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : 605.95 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{cmax} : 0.0008$$

$$\epsilon_{smax} : 0.0099$$

$$\sigma_{cmax} : 15.47 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{smax} : 412.02 \text{ MPa}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

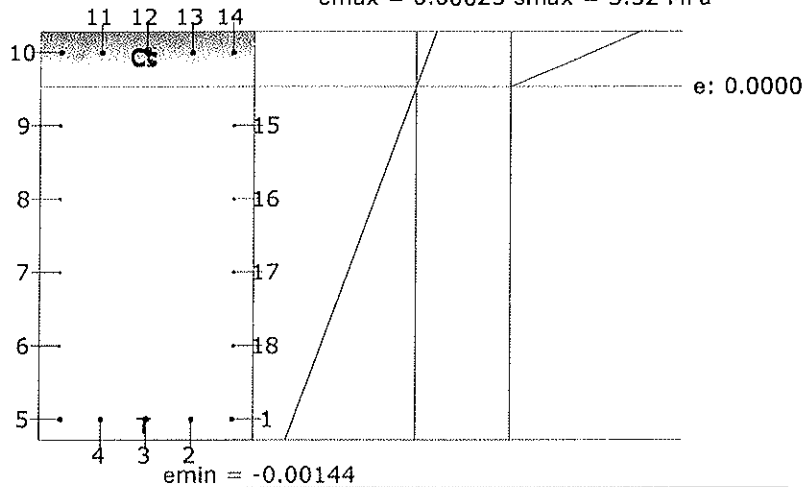


Viga 1

013463

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:

$e_{max} = 0.00023$ $s_{max} = 5.32$ MPa



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
1	Ø3/4"	-280.95	605.95	-271.52	-0.001357
2	Ø3/4"	-147.62	605.95	-271.52	-0.001357
3	Ø3/4"	0.00	605.95	-271.52	-0.001357
4	Ø3/4"	147.62	605.95	-271.52	-0.001357
5	Ø3/4"	280.95	605.95	-271.52	-0.001357
6	Ø1/2"	284.13	363.57	0.00	-0.001058
7	Ø1/2"	284.13	121.19	0.00	-0.000758
8	Ø1/2"	284.13	-121.19	0.00	-0.000459
9	Ø1/2"	284.13	-363.57	0.00	-0.000159
10	Ø3/4"	280.95	-605.95	+28.05	+0.000140
11	Ø3/4"	147.62	-605.95	+28.05	+0.000140
12	Ø3/4"	0.00	-605.95	+28.05	+0.000140
13	Ø3/4"	-147.62	-605.95	+28.05	+0.000140
14	Ø3/4"	-280.95	-605.95	+28.05	+0.000140
15	Ø1/2"	-284.12	-363.57	0.00	-0.000159
16	Ø1/2"	-284.12	-121.19	0.00	-0.000459
17	Ø1/2"	-284.12	121.19	0.00	-0.000758
18	Ø1/2"	-284.12	363.57	0.00	-0.001058

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	346.95	0.00	-613.56
Cs	39.97	0.00	-605.95
T	386.92	0.00	605.95

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



$P_u = C_c + C_s - T$

$M_{u,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$

$M_{u,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.

C_s: Resultante de compresiones en el acero.

T: Resultante de tracciones en el acero.

$P_u : 0.00$ kN

$M_{u,x} : -471.55$ kN·m

$M_{u,y} : 0.00$ kN·m

C_c : 346.95 kN

C_s : 39.97 kN

T : 386.92 kN

Viga 1

e_{cc} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cc,x}$:	<u>0.00</u>	mm
	$e_{cc,y}$:	<u>-613.56</u>	mm
e_{ca} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{ca,x}$:	<u>0.00</u>	mm
	$e_{ca,y}$:	<u>-605.95</u>	mm
e_T : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{T,x}$:	<u>0.00</u>	mm
	$e_{T,y}$:	<u>605.95</u>	mm
ϵ_{cmax} : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	ϵ_{cmax} :	<u>0.0002</u>	
ϵ_{smax} : Deformación de la barra de acero más traccionada.	ϵ_{smax} :	<u>0.0014</u>	
σ_{cmax} : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	σ_{cmax} :	<u>5.32</u>	MPa
σ_{smax} : Tensión de la barra de acero más traccionada.	σ_{smax} :	<u>271.52</u>	MPa

Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.1)
La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.6)
La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.7)
La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje Y. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.8)
La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.1)
La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.8)
La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.2)
La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.1)
La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.2)
La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



[Handwritten signature]

Viga 1

Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.5)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

A circular stamp containing a signature, with a larger handwritten signature extending to the right.

Viga 1

V-115: B18 - B19 (1.400 m - B19, Positivos)

Disposiciones relativas a las armaduras (NTE E.060:2009, Artículos 7.6 y 7.10)

Armadura longitudinal

La distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa no debe ser menor de $s_{l,min}$ (Artículo 7.6.1):

$$s_l \geq s_{l,min} \quad 114 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$s_{l,min}$: Valor máximo de s_1, s_2, s_3 .

$$s_{l,min} : \underline{25} \text{ mm}$$

$$s_1 = d_b$$

$$s_1 : \underline{19} \text{ mm}$$

$$s_2 = 25 \text{ mm}$$

$$s_2 : \underline{25} \text{ mm}$$

$$s_3 = 1.33 \cdot d_{ag}$$

$$s_3 : \underline{20} \text{ mm}$$

Siendo:

d_b : Diámetro de la barra más gruesa.

$$d_b : \underline{19.1} \text{ mm}$$

d_{ag} : Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

$$d_{ag} : \underline{15} \text{ mm}$$

Armadura mínima y máxima (NTE E.060:2009, Artículos 10.5.1, 10.5.2, 10.5.3 y 10.9.1)

Flexión negativa alrededor del eje X:

La cuantía de refuerzo longitudinal, A_s , no debe ser menor que $A_{s,min}$. Los requisitos no necesitan ser aplicados si el A_s proporcionado es al menos un tercio superior al requerido por análisis (Artículos 10.5.2 y 10.5.3):

$$A_s \geq \frac{4}{3} A_{s,req} \quad 14.25 \text{ cm}^2 \geq 12.16 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

$A_{s,req}$: Área de refuerzo longitudinal a tracción requerida por análisis.

$$A_{s,req} : \underline{9.12} \text{ cm}^2$$

Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 11)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{u,y}}{\phi \cdot V_{n,y}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.071} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{u,y}$: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$$V_{u,y} : \underline{96.51} \text{ kN}$$

$\phi \cdot V_{n,y}$: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

$$\phi \cdot V_{n,y} : \underline{1368.81} \text{ kN}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '2.400 m', para la combinación de hipótesis "1.4·PP+1.4·CM+1.7·Qa".

Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Cortante en la dirección Y:

Resistencia nominal a cortante en piezas que requieren refuerzos de cortante, obtenida de acuerdo con el Artículo 11.1.1:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n : \underline{1610.36} \text{ kN}$$

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no preesforzados sometidos a compresión axial (Artículo 11.2.2.2):

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

Viga 1

$$V_c = \left(0.16 \cdot \sqrt{f_c} + 17 \cdot \rho_w \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_m} \right) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c : \underline{857.75} \text{ kN}$$

(f_c en MPa)

Sin embargo, V_c no debe tomarse mayor que:

$$V_c = 0.29 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.29 \cdot N_u}{A_g}}$$

$$V_c : \underline{1410.66} \text{ kN}$$

(N_u/A_g y f_c en MPa)

Donde:

f_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$$f_c : \underline{29.43} \text{ MPa}$$

$$\sqrt{f_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$$

$$\rho_w : \underline{0.002}$$

Siendo:

A_s : Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción.

$$A_s : \underline{14.25} \text{ cm}^2$$

b_w : Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

$$b_w : \underline{700} \text{ mm}$$

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$$d : \underline{1281} \text{ mm}$$

$$M_m = M_u - N_u \cdot \frac{(4 \cdot h - d)}{8}$$

$$M_m : \underline{37.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

M_u : Momento amplificado en la sección.

$$M_u : \underline{-37.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

N_u : Carga axial amplificada normal a la sección transversal.

$$N_u : \underline{0.00} \text{ kN}$$

h : Altura de un elemento.

$$h : \underline{1350.00} \text{ mm}$$

A_g : Área total de la sección de hormigón.

$$A_g : \underline{9450.00} \text{ cm}^2$$

Resistencia al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante (Artículo 11.5.7):

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$$

$$V_s : \underline{752.61} \text{ kN}$$

En ningún caso se debe considerar V_s mayor que (Artículo 11.5.7.9):

$$V_s = 0.66 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s : \underline{3242.90} \text{ kN}$$

(f_c en MPa)

Donde:

A_v : Área de refuerzo para cortante dentro del espaciamiento s .

$$A_v : \underline{2.85} \text{ cm}^2$$

f_{yt} : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

$$f_{yt} : \underline{412.02} \text{ MPa}$$

$$f_{yt} \geq 420 \text{ MPa}$$

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$$d : \underline{1281} \text{ mm}$$



Viga 1

s: Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

$$s : \underline{200} \text{ mm}$$

f_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$$f_c : \underline{29.43} \text{ MPa}$$

$$\sqrt{f_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

$$b_w : \underline{700} \text{ mm}$$

Separación de las armaduras transversales

Cortante en la dirección Y:

El espaciamiento del refuerzo de cortante colocado perpendicularmente al eje del elemento no debe exceder s_{max} (Artículo 11.5.5):

$$s \leq s_{max}$$

$$200 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$



Donde:

s_{max}: Valor mínimo de s_1, s_2 .

$$s_{max} : \underline{600} \text{ mm}$$

$$s_1 = d/2$$

$$s_1 : \underline{645} \text{ mm}$$

$$s_2 = 600 \text{ mm}$$

$$s_2 : \underline{600} \text{ mm}$$

Siendo:

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$$d : \underline{1281} \text{ mm}$$

Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal.

Cortante en la dirección Y:

Debe colocarse un área mínima de refuerzo para cortante, $A_{v,min}$, en todo elemento de concreto armado sometido a flexión (preesforzado y no preesforzado) (Artículo 11.5.6):

$$A_v \geq A_{v,min}$$

$$2.85 \text{ cm}^2 \geq 1.19 \text{ cm}^2$$



Donde:

$$A_{v,min} = 0.062 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

$$A_{v,min} : \underline{1.14} \text{ cm}^2$$

(f_c y f_{yt} en MPa)

Pero no debe ser menor que:

$$A_{v,min} = (0.35 \cdot b_w \cdot s) / f_{yt}$$

$$A_{v,min} : \underline{1.19} \text{ cm}^2$$

(f_{yt} en MPa)

Siendo:

f_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$$f_c : \underline{29.43} \text{ MPa}$$

$$\sqrt{f_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

$$b_w : \underline{700} \text{ mm}$$

s: Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

$$s : \underline{200} \text{ mm}$$

f_{yt}: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

$$f_{yt} : \underline{412.02} \text{ MPa}$$

$$f_{yt} \geq 420 \text{ MPa}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

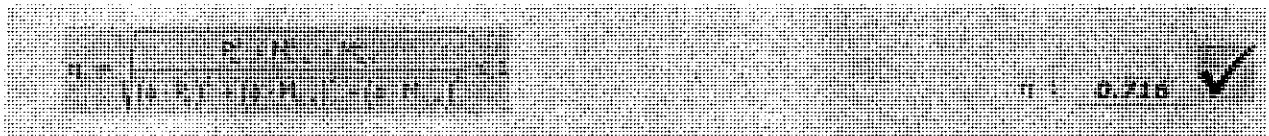


Viga 1

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 10)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '1.400 m', para la combinación de hipótesis "Envolvente de momentos mínimos en situaciones persistentes o transitorias".

Se debe satisfacer:

**Comprobación de resistencia de la sección (η_s)**

P_u, M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u : Esfuerzo normal de cálculo.

M_u : Momento de cálculo de primer orden.

$$\begin{aligned} P_u &: \underline{0.00} \text{ kN} \\ M_{u,x} &: \underline{-471.55} \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M_{u,y} &: \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$\phi \cdot P_n, \phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$\phi \cdot P_n$: Axil de agotamiento.

$\phi \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.

$$\begin{aligned} \phi \cdot P_n &: \underline{0.00} \text{ kN} \\ \phi \cdot M_{n,x} &: \underline{-658.39} \text{ kN}\cdot\text{m} \\ \phi \cdot M_{n,y} &: \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 10.2):

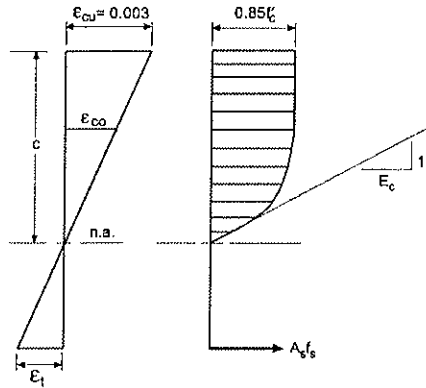
- El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y carga axial debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.
- Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.
- La máxima deformación unitaria utilizable del concreto, ϵ_{cu} , en la fibra extrema sometida a compresión, se asumirá igual a 0.003.
- El esfuerzo en el refuerzo deberá tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias en el refuerzo mayores que las correspondientes a f_y , el esfuerzo se considerará independiente de la deformación unitaria e igual a f_y .
- La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.
- La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que permita una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos de laboratorio representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1



f'_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f'_c : 29.43 MPa

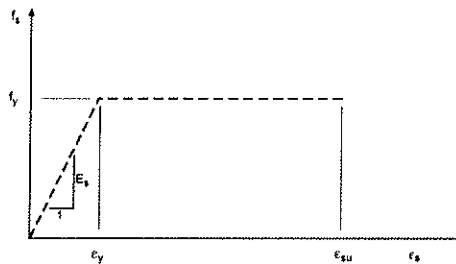
ϵ_{cu} : Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión.

ϵ_{cu} : 0.0030

ϵ_{co} : Deformación unitaria bajo carga máxima.

ϵ_{co} : 0.0020

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



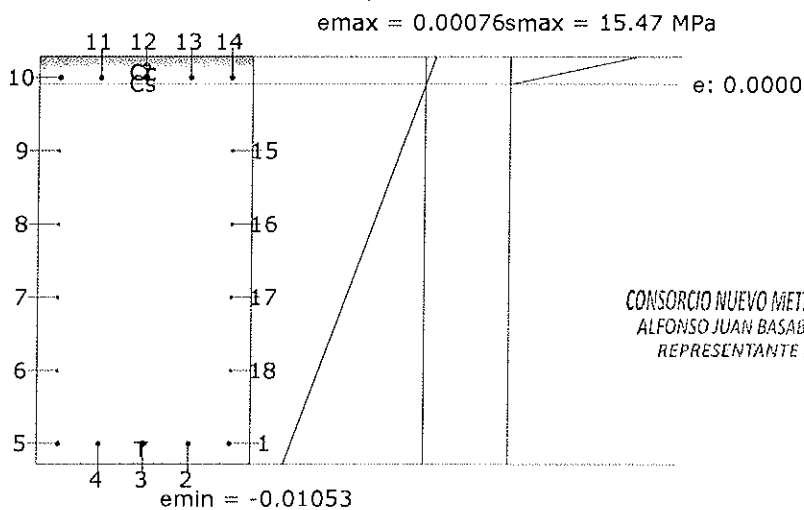
f_y : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo.

f_y : 412.02 MPa

ϵ_{su} : Máxima deformación del acero a tracción.

ϵ_{su} : 0.0100

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



[Handwritten signature]

Viga 1

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
1	Ø3/4"	-280.95	605.95	-412.02	-0.009950
2	Ø3/4"	-147.62	605.95	-412.02	-0.009950
3	Ø3/4"	0.00	605.95	-412.02	-0.009950
4	Ø3/4"	147.62	605.95	-412.02	-0.009950
5	Ø3/4"	280.95	605.95	-412.02	-0.009950
6	Ø1/2"	284.13	363.57	0.00	-0.007923
7	Ø1/2"	284.13	121.19	0.00	-0.005895
8	Ø1/2"	284.13	-121.19	0.00	-0.003868
9	Ø1/2"	284.13	-363.57	0.00	-0.001840
10	Ø3/4"	280.95	-605.95	+37.39	+0.000187
11	Ø3/4"	147.62	-605.95	+37.39	+0.000187
12	Ø3/4"	0.00	-605.95	+37.39	+0.000187
13	Ø3/4"	-147.62	-605.95	+37.39	+0.000187
14	Ø3/4"	-280.95	-605.95	+37.39	+0.000187
15	Ø1/2"	-284.12	-363.57	0.00	-0.001840
16	Ø1/2"	-284.12	-121.19	0.00	-0.003868
17	Ø1/2"	-284.12	121.19	0.00	-0.005895
18	Ø1/2"	-284.12	363.57	0.00	-0.007923

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
C _c	533.84	0.00	-643.42
C _s	53.29	0.00	-605.95
T	587.13	0.00	605.95

$$P_n = C_c + C_s - T$$

$$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.

C_s: Resultante de compresiones en el acero.

T: Resultante de tracciones en el acero.

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.

σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

σ_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$P_n : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{n,x} : \underline{-731.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{n,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$C_c : \underline{533.84} \text{ kN}$$

$$C_s : \underline{53.29} \text{ kN}$$

$$T : \underline{587.13} \text{ kN}$$

$$e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-643.42} \text{ mm}$$

$$e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-605.95} \text{ mm}$$

$$e_{T,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{605.95} \text{ mm}$$

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0008}$$

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0099}$$

$$\sigma_{cmax} : \underline{15.47} \text{ MPa}$$

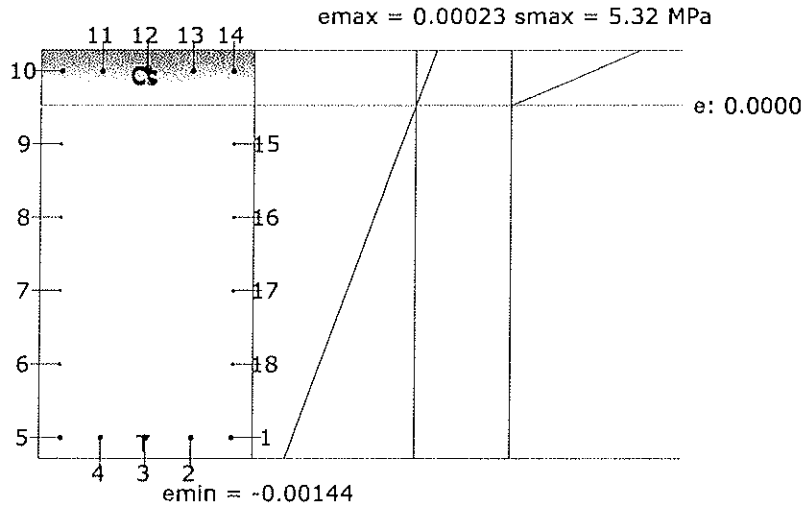
$$\sigma_{smax} : \underline{412.02} \text{ MPa}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
1	Ø3/4"	-280.95	605.95	-271.52	-0.001357
2	Ø3/4"	-147.62	605.95	-271.52	-0.001357
3	Ø3/4"	0.00	605.95	-271.52	-0.001357
4	Ø3/4"	147.62	605.95	-271.52	-0.001357
5	Ø3/4"	280.95	605.95	-271.52	-0.001357
6	Ø1/2"	284.13	363.57	0.00	-0.001058
7	Ø1/2"	284.13	121.19	0.00	-0.000758
8	Ø1/2"	284.13	-121.19	0.00	-0.000459
9	Ø1/2"	284.13	-363.57	0.00	-0.000159
10	Ø3/4"	280.95	-605.95	+28.05	+0.000140
11	Ø3/4"	147.62	-605.95	+28.05	+0.000140
12	Ø3/4"	0.00	-605.95	+28.05	+0.000140
13	Ø3/4"	-147.62	-605.95	+28.05	+0.000140
14	Ø3/4"	-280.95	-605.95	+28.05	+0.000140
15	Ø1/2"	-284.12	-363.57	0.00	-0.000159
16	Ø1/2"	-284.12	-121.19	0.00	-0.000459
17	Ø1/2"	-284.12	121.19	0.00	-0.000758
18	Ø1/2"	-284.12	363.57	0.00	-0.001058

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	346.95	0.00	-613.56
Cs	39.97	0.00	-605.95
T	386.92	0.00	605.95

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



$P_u = C_c + C_s - T$

$M_{u,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$

$M_{u,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.

C_s: Resultante de compresiones en el acero.

T: Resultante de tracciones en el acero.

P_u : 0.00 kN

M_{u,x} : -471.55 kN·m

M_{u,y} : 0.00 kN·m

C_c : 346.95 kN

C_s : 39.97 kN

T : 386.92 kN

Viga 1

e_{cc} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cc,x}$: <u>0.00</u> mm
	$e_{cc,y}$: <u>-613.56</u> mm
e_{ca} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{ca,x}$: <u>0.00</u> mm
	$e_{ca,y}$: <u>-605.95</u> mm
e_T : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{T,x}$: <u>0.00</u> mm
	$e_{T,y}$: <u>605.95</u> mm
ϵ_{cmax} : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	ϵ_{cmax} : <u>0.0002</u>
ϵ_{smax} : Deformación de la barra de acero más traccionada.	ϵ_{smax} : <u>0.0014</u>
σ_{cmax} : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	σ_{cmax} : <u>5.32</u> MPa
σ_{smax} : Tensión de la barra de acero más traccionada.	σ_{smax} : <u>271.52</u> MPa

Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.6)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.7)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje Y. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.8)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.3.8)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.2)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

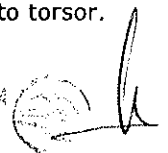
Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.1)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.6.2)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados. (NTE E.060:2009, Artículo 11.6.5)

La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



A handwritten signature in black ink, consisting of a vertical line and a horizontal stroke at the bottom.

Viga 1

4.- COMPROBACIÓN DE FISURACIÓN

V-115: B18 - B19

Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara superior (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.3)

Se debe satisfacer:

$Z \leq Z_{max}$ **18.6 kN/mm** ≤ **26.0 kN/mm** ✓

El valor máximo del parámetro de control Z se produce en un punto situado a una distancia de 0.400 m del nudo B18, para la combinación de acciones PP+CM+0.5·Qa. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 0.00 mm, Y = 605.95 mm.

Donde:

Z_{max}: Máximo valor admisible del parámetro de control Z_{max}.

Z_{max} : 26.0 kN/mm

Z: Parámetro de control.

Z : 18.6 kN/mm

$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A_{ct}}$

Siendo:

f_s: [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

f_s : 165.71 MPa

d_c: [mm] Espesor del recubrimiento de concreto medido desde la fibra extrema en tracción al centro de la barra de refuerzo.

d_c : 69.05 mm

A_{ct}: [mm²] Área efectiva del concreto en tracción que rodea a la barra de refuerzo.

A_{ct} : 20424.00 mm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed}: Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

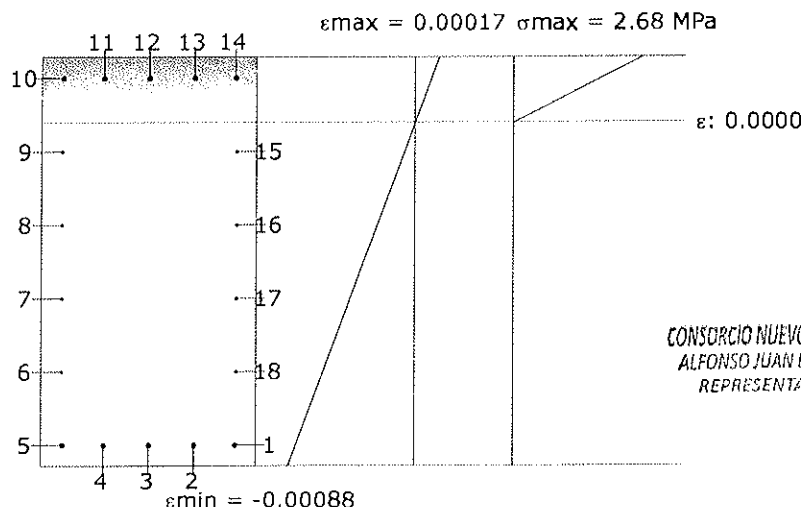
N_{ed} : 0.00 kN

M_{ed,X}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

M_{ed,X} : 0.00 kN·m

M_{ed,Y}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

M_{ed,Y} : -285.53 kN·m



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



[Firma manuscrita]

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
1	Ø3/4"	-280.95	605.95	-165.71	-0.000828
2	Ø3/4"	-147.62	605.95	-165.71	-0.000828

Viga 1

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ε
3	Ø3/4"	0.00	605.95	-165.71	-0.000828
4	Ø3/4"	147.62	605.95	-165.71	-0.000828
5	Ø3/4"	280.95	605.95	-165.71	-0.000828
6	Ø1/2"	284.13	363.57	0.00	-0.000640
7	Ø1/2"	284.13	121.19	0.00	-0.000451
8	Ø1/2"	284.13	-121.19	0.00	-0.000263
9	Ø1/2"	284.13	-363.57	0.00	-0.000074
15	Ø1/2"	-284.12	-363.57	0.00	-0.000074
16	Ø1/2"	-284.12	-121.19	0.00	-0.000263
17	Ø1/2"	-284.12	121.19	0.00	-0.000451
18	Ø1/2"	-284.12	363.57	0.00	-0.000640

Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral derecha (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.3)

Se debe satisfacer:

$$Z \leq Z_{max}$$

$$20.2 \text{ kN/mm} < 26.0 \text{ kN/mm} \quad \checkmark$$

El valor máximo del parámetro de control Z se produce en un punto situado a una distancia de 0.400 m del nudo B18, para la combinación de acciones PP+CM+0.5·Qa. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 280.95 mm, Y = 605.95 mm.

Donde:

Z_{max} : Máximo valor admisible del parámetro de control Z_{max} .

$$Z_{max} : \underline{26.0} \text{ kN/mm}$$

Z: Parámetro de control.

$$Z : \underline{20.2} \text{ kN/mm}$$

$$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A_{ct}}$$

Siendo:

f_s : [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$$f_s : \underline{165.71} \text{ MPa}$$

d_c : [mm] Espesor del recubrimiento de concreto medido desde la fibra extrema en tracción al centro de la barra de refuerzo.

$$d_c : \underline{69.05} \text{ mm}$$

A_{ct} : [mm²] Área efectiva del concreto en tracción que rodea a la barra de refuerzo.

$$A_{ct} : \underline{26289.00} \text{ mm}^2$$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

$$N_{ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

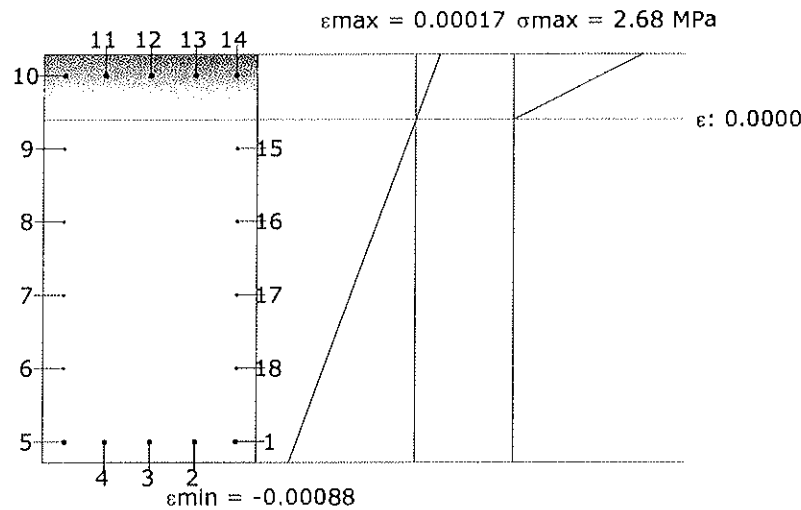
$$M_{ed,x} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$$M_{ed,y} : \underline{-285.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

Viga 1



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
1	Ø3/4"	-280.95	605.95	-165.71	-0.000828
2	Ø3/4"	-147.62	605.95	-165.71	-0.000828
3	Ø3/4"	0.00	605.95	-165.71	-0.000828
4	Ø3/4"	147.62	605.95	-165.71	-0.000828
5	Ø3/4"	280.95	605.95	-165.71	-0.000828
6	Ø1/2"	284.13	363.57	0.00	-0.000640
7	Ø1/2"	284.13	121.19	0.00	-0.000451
8	Ø1/2"	284.13	-121.19	0.00	-0.000263
9	Ø1/2"	284.13	-363.57	0.00	-0.000074
15	Ø1/2"	-284.12	-363.57	0.00	-0.000074
16	Ø1/2"	-284.12	-121.19	0.00	-0.000263
17	Ø1/2"	-284.12	121.19	0.00	-0.000451
18	Ø1/2"	-284.12	363.57	0.00	-0.000640

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara inferior (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.3)

Se debe satisfacer:

$Z \leq Z_{max}$ $6.2 \text{ kN/mm} \leq 26.0 \text{ kN/mm}$ ✓

El valor máximo del parámetro de control Z se produce en el nudo B19, para la combinación de acciones PP+CM+0.5·Qa. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 0.00 mm, Y = -605.95 mm.

Donde:

Z_{max} : Máximo valor admisible del parámetro de control Z_{max} .

$Z_{max} : \underline{26.0} \text{ kN/mm}$

Z: Parámetro de control.

$Z : \underline{6.2} \text{ kN/mm}$

$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A_{ct}}$

Siendo:

f_s : [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$f_s : \underline{55.55} \text{ MPa}$

Viga 1

d_c : [mm] Espesor del recubrimiento de concreto medido desde la fibra extrema en tracción al centro de la barra de refuerzo.

d_c : 69.05 mm

A_{ct} : [mm²] Área efectiva del concreto en tracción que rodea a la barra de refuerzo.

A_{ct} : 20424.00 mm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

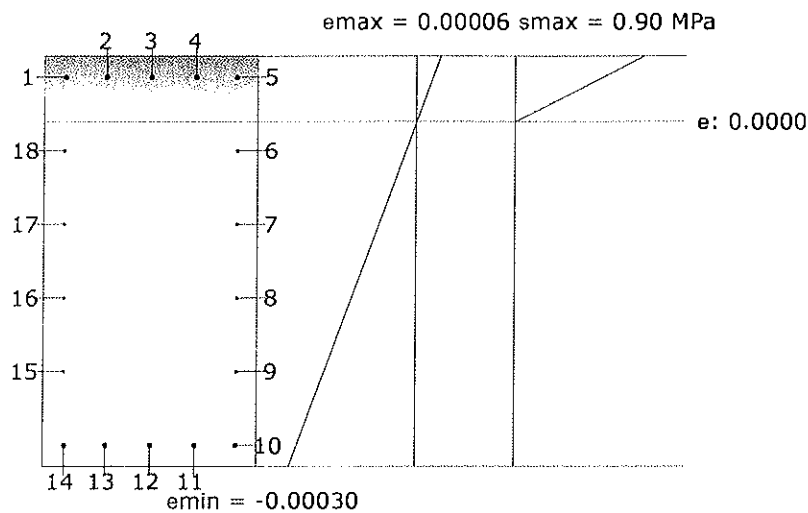
N_{ed} : 0.00 kN

$M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$M_{ed,x}$: 0.00 kN·m

$M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$M_{ed,y}$: 95.72 kN·m



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
6	Ø1/2"	284.13	363.57	0.00	-0.000025
7	Ø1/2"	284.13	121.19	0.00	-0.000088
8	Ø1/2"	284.13	-121.19	0.00	-0.000151
9	Ø1/2"	284.13	-363.57	0.00	-0.000214
10	Ø3/4"	280.95	-605.95	-55.55	-0.000278
11	Ø3/4"	147.62	-605.95	-55.55	-0.000278
12	Ø3/4"	0.00	-605.95	-55.55	-0.000278
13	Ø3/4"	-147.62	-605.95	-55.55	-0.000278
14	Ø3/4"	-280.95	-605.95	-55.55	-0.000278
15	Ø1/2"	-284.12	-363.57	0.00	-0.000214
16	Ø1/2"	-284.12	-121.19	0.00	-0.000151
17	Ø1/2"	-284.12	121.19	0.00	-0.000088
18	Ø1/2"	-284.12	363.57	0.00	-0.000025

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1

Comprobación del ancho de las grietas por flexión: Cara lateral izquierda (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.3)

Se debe satisfacer:

$$Z \leq Z_{max} \quad 20.2 \text{ kN/mm} \leq 26.0 \text{ kN/mm} \quad \checkmark$$

El valor máximo del parámetro de control Z se produce en un punto situado a una distancia de 0.400 m del nudo B18, para la combinación de acciones PP+CM+0.5·Qa. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = -280.95 mm, Y = 605.95 mm.

Donde:

Z_{max} : Máximo valor admisible del parámetro de control Z_{max} .

$Z_{max} : \underline{26.0} \text{ kN/mm}$

Z: Parámetro de control.

$Z : \underline{20.2} \text{ kN/mm}$

$$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A_{ct}}$$

Siendo:

f_s : [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$f_s : \underline{165.71} \text{ MPa}$

d_c : [mm] Espesor del recubrimiento de concreto medido desde la fibra extrema en tracción al centro de la barra de refuerzo.

$d_c : \underline{69.05} \text{ mm}$

A_{ct} : [mm²] Área efectiva del concreto en tracción que rodea a la barra de refuerzo.

$A_{ct} : \underline{26289.00} \text{ mm}^2$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

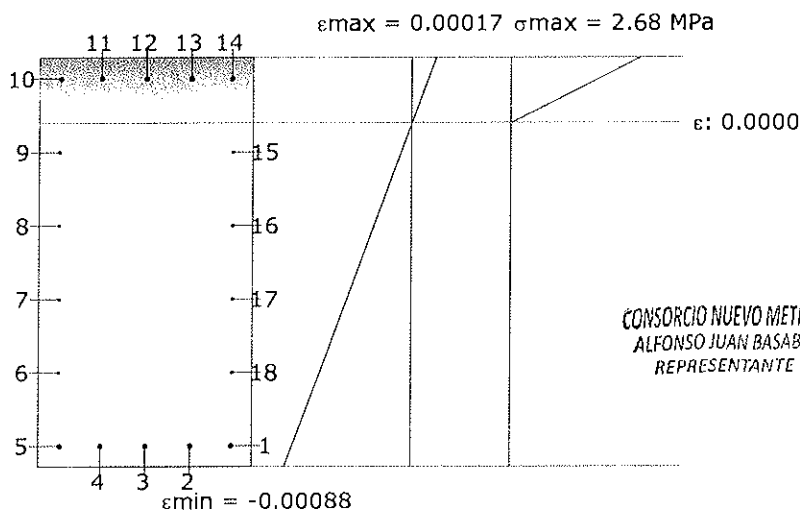
$N_{ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$

$M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$M_{ed,x} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$M_{ed,y} : \underline{-285.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
1	Ø3/4"	-280.95	605.95	-165.71	-0.000828
2	Ø3/4"	-147.62	605.95	-165.71	-0.000828
3	Ø3/4"	0.00	605.95	-165.71	-0.000828

Viga 1

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
4	Ø3/4"	147.62	605.95	-165.71	-0.000828
5	Ø3/4"	280.95	605.95	-165.71	-0.000828
6	Ø1/2"	284.13	363.57	0.00	-0.000640
7	Ø1/2"	284.13	121.19	0.00	-0.000451
8	Ø1/2"	284.13	-121.19	0.00	-0.000263
9	Ø1/2"	284.13	-363.57	0.00	-0.000074
15	Ø1/2"	-284.12	-363.57	0.00	-0.000074
16	Ø1/2"	-284.12	-121.19	0.00	-0.000263
17	Ø1/2"	-284.12	121.19	0.00	-0.000451
18	Ø1/2"	-284.12	363.57	0.00	-0.000640

Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara superior (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.6)

Se debe satisfacer:

$$s \leq s_{max}$$

$$147.62 \text{ mm} \leq 300.00 \text{ mm} \quad \checkmark$$

La separación entre barras más restrictiva se produce en el nudo B18, para la combinación de acciones PP+CM. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 0.00 mm, Y = 605.95 mm.

Donde:

s : Espaciamiento del refuerzo.

$$s : 147.62 \text{ mm}$$

s_{max} : Espaciamiento máximo permitido del refuerzo, calculado como el menor de los siguientes valores:

$$s_{max} : 300.00 \text{ mm}$$

$$s_1 = 380 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right) - 2.5 \cdot c_c$$

$$s_1 : 553.52 \text{ mm}$$

$$s_2 = 300 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right)$$

$$s_2 : 554.47 \text{ mm}$$

$$s_3 = 300 \text{ mm}$$

$$s_3 : 300.00 \text{ mm}$$

Siendo:

f_s : [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$$f_s : 135.26 \text{ MPa}$$

c_c : Distancia entre la superficie del refuerzo y la cara en tracción.

$$c_c : 59.53 \text{ mm}$$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

$$N_{ed} : 0.00 \text{ kN}$$

$M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$$M_{ed,x} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$$M_{ed,y} : -233.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

Viga 1

$s_3 = 300\text{mm}$

$s_3 : 300.00 \text{ mm}$

Siendo:

f_s : [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$f_s : 135.26 \text{ MPa}$

C_c : Distancia entre la superficie del refuerzo y la cara en tracción.

$C_c : 59.53 \text{ mm}$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

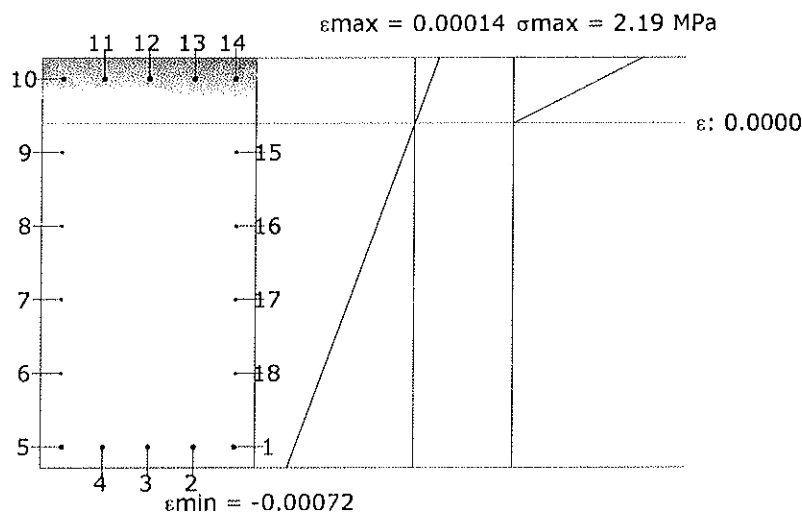
$N_{ed} : 0.00 \text{ kN}$

$M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$M_{ed,x} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$M_{ed,y} : -233.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
1	Ø3/4"	-280.95	605.95	-135.26	-0.000676
2	Ø3/4"	-147.62	605.95	-135.26	-0.000676
3	Ø3/4"	0.00	605.95	-135.26	-0.000676
4	Ø3/4"	147.62	605.95	-135.26	-0.000676
5	Ø3/4"	280.95	605.95	-135.26	-0.000676
6	Ø1/2"	284.13	363.57	0.00	-0.000522
7	Ø1/2"	284.13	121.19	0.00	-0.000368
8	Ø1/2"	284.13	-121.19	0.00	-0.000214
9	Ø1/2"	284.13	-363.57	0.00	-0.000060
15	Ø1/2"	-284.12	-363.57	0.00	-0.000060
16	Ø1/2"	-284.12	-121.19	0.00	-0.000214
17	Ø1/2"	-284.12	121.19	0.00	-0.000368
18	Ø1/2"	-284.12	363.57	0.00	-0.000522

OFICINA NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara inferior (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.6)

Se debe satisfacer:

$S \leq S_{max}$

$147.62 \text{ mm} \leq 300.00 \text{ mm}$ ✓

Viga 1

La separación entre barras más restrictiva se produce en un punto situado a una distancia de 2.650 m del nudo B18, para la combinación de acciones PP+CM. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 0.00 mm, Y = -605.95 mm.

Donde:

s: Espaciamiento del refuerzo.

s : 147.62 mm

s_{max}: Espaciamiento máximo permitido del refuerzo, calculado como el menor de los siguientes valores:

s_{max} : 300.00 mm

$$s_1 = 380 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right) - 2.5 \cdot c_c$$

s₁ : 23322.23 mm

$$s_2 = 300 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right)$$

s₂ : 18529.77 mm

s₃ = 300mm

s₃ : 300.00 mm

Siendo:

f_s: [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

f_s : 4.05 MPa

C_c: Distancia entre la superficie del refuerzo y la cara en tracción.

C_c : 59.53 mm

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed}: Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

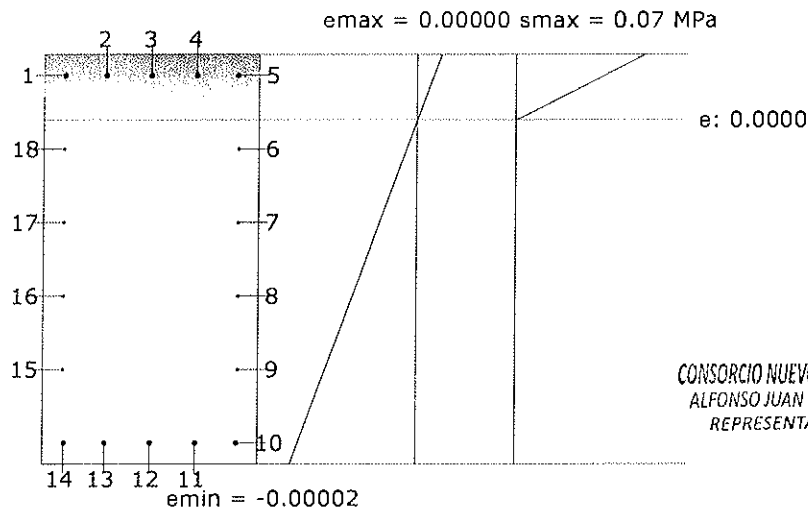
N_{ed} : 0.00 kN

M_{ed,x}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

M_{ed,x} : 0.00 kN·m

M_{ed,y}: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

M_{ed,y} : 6.97 kN·m



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
6	Ø1/2"	284.13	363.57	0.00	-0.000002
7	Ø1/2"	284.13	121.19	0.00	-0.000006
8	Ø1/2"	284.13	-121.19	0.00	-0.000011
9	Ø1/2"	284.13	-363.57	0.00	-0.000016
10	Ø3/4"	280.95	-605.95	-4.05	-0.000020
11	Ø3/4"	147.62	-605.95	-4.05	-0.000020
12	Ø3/4"	0.00	-605.95	-4.05	-0.000020

Viga 1

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ϵ
13	Ø3/4"	-147.62	-605.95	-4.05	-0.000020
14	Ø3/4"	-280.95	-605.95	-4.05	-0.000020
15	Ø1/2"	-284.12	-363.57	0.00	-0.000016
16	Ø1/2"	-284.12	-121.19	0.00	-0.000011
17	Ø1/2"	-284.12	121.19	0.00	-0.000006
18	Ø1/2"	-284.12	363.57	0.00	-0.000002

Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral izquierda (NTE E.060:2009, Artículo 9.9.6)

Se debe satisfacer:

$$s \leq s_{max}$$

$$242.38 \text{ mm} \leq 300.00 \text{ mm} \quad \checkmark$$

La separación entre barras más restrictiva se produce para la combinación de acciones PP+CM. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = -280.95 mm, Y = 605.95 mm.

Donde:

s : Espaciamiento del refuerzo.

$$s : 242.38 \text{ mm}$$

s_{max} : Espaciamiento máximo permitido del refuerzo, calculado como el menor de los siguientes valores:

$$s_{max} : 300.00 \text{ mm}$$

$$s_1 = 380 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right) - 2.5 \cdot c_c$$

$$s_1 : 553.52 \text{ mm}$$

$$s_2 = 300 \cdot \left(\frac{250}{f_s}\right)$$

$$s_2 : 554.47 \text{ mm}$$

$$s_3 = 300 \text{ mm}$$

$$s_3 : 300.00 \text{ mm}$$

Siendo:

f_s : [MPa] Esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio.

$$f_s : 135.26 \text{ MPa}$$

C_c : Distancia entre la superficie del refuerzo y la cara en tracción.

$$C_c : 59.53 \text{ mm}$$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

N_{ed}, M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed} : Esfuerzo axial solicitante (valores positivos indican compresión).

$$N_{ed} : 0.00 \text{ kN}$$

$M_{ed,x}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'.

$$M_{ed,x} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

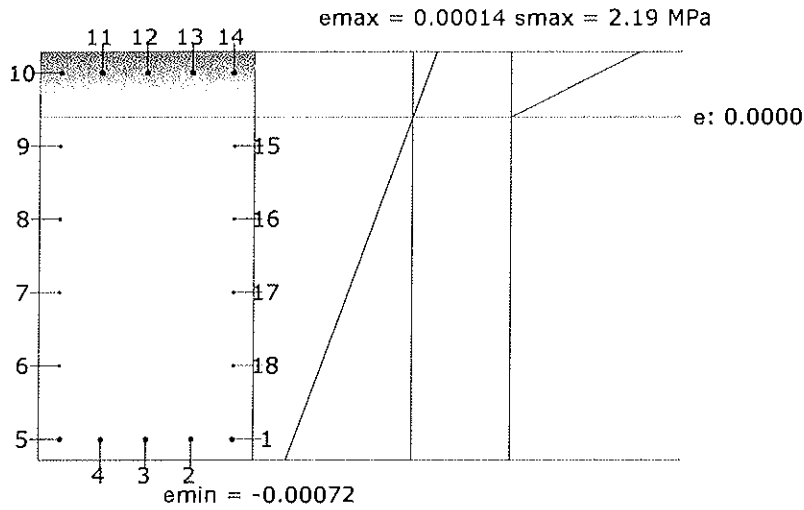
$M_{ed,y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'.

$$M_{ed,y} : -233.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Viga 1



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f _s (MPa)	ε
1	Ø3/4"	-280.95	605.95	-135.26	-0.000676
2	Ø3/4"	-147.62	605.95	-135.26	-0.000676
3	Ø3/4"	0.00	605.95	-135.26	-0.000676
4	Ø3/4"	147.62	605.95	-135.26	-0.000676
5	Ø3/4"	280.95	605.95	-135.26	-0.000676
6	Ø1/2"	284.13	363.57	0.00	-0.000522
7	Ø1/2"	284.13	121.19	0.00	-0.000368
8	Ø1/2"	284.13	-121.19	0.00	-0.000214
9	Ø1/2"	284.13	-363.57	0.00	-0.000060
15	Ø1/2"	-284.12	-363.57	0.00	-0.000060
16	Ø1/2"	-284.12	-121.19	0.00	-0.000214
17	Ø1/2"	-284.12	121.19	0.00	-0.000368
18	Ø1/2"	-284.12	363.57	0.00	-0.000522

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



HOJA EN BLANCO

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL

