



# PROBLEMÁTICAS DURANTE EJECUCIÓN DE OBRAS DE PUERTOS

## MULLE DE PESCA ARTESANAL

# 1.0 ANTECEDENTES

## Descripción

- Puente de acceso: 950 m
- Cabezo: 50 m
- Sistema estructural: pilotes prefabricados hincados
- $f'c$  pilotes:  $350 \text{ kg/cm}^2$
- $f'c$  vigas y losas:  $280 \text{ kg/cm}^2$
- Empotramiento mínimo de diseño: 4.0 m en arena mal graduada

### Equipos de hincado:

- Grúa 40 ton
- Martillo Delmag D-22

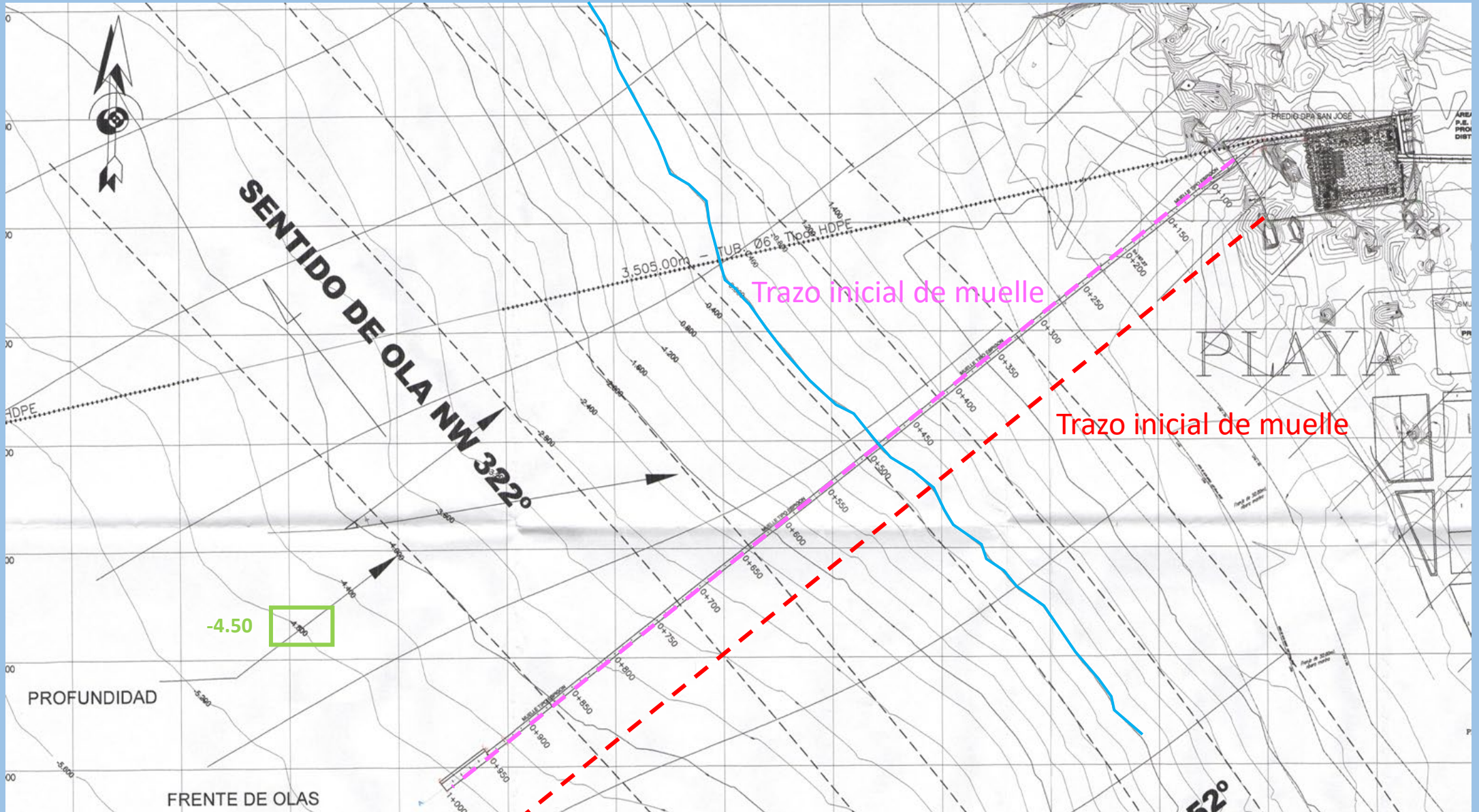
## Configuración Estructural

- Tramos típicos de 8 ejes cada 5.0 m
- Ancho del puente: 4.20 m
- 3 núcleos de pilotes inclinados (1:4) por tramo
- Secciones de pilotes:
  - 35x35 cm
  - 45x45 cm
  - 50x50 cm (cabezo)

### Cantidad típica por tramo:

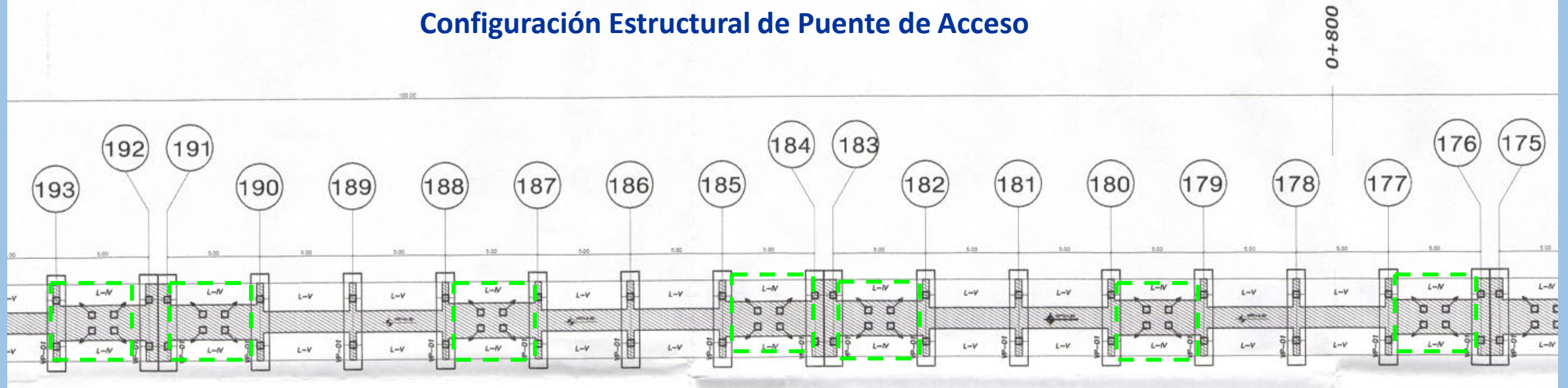
- 16 pilotes verticales
- 12 pilotes inclinados

# 1.0 ANTECEDENTES



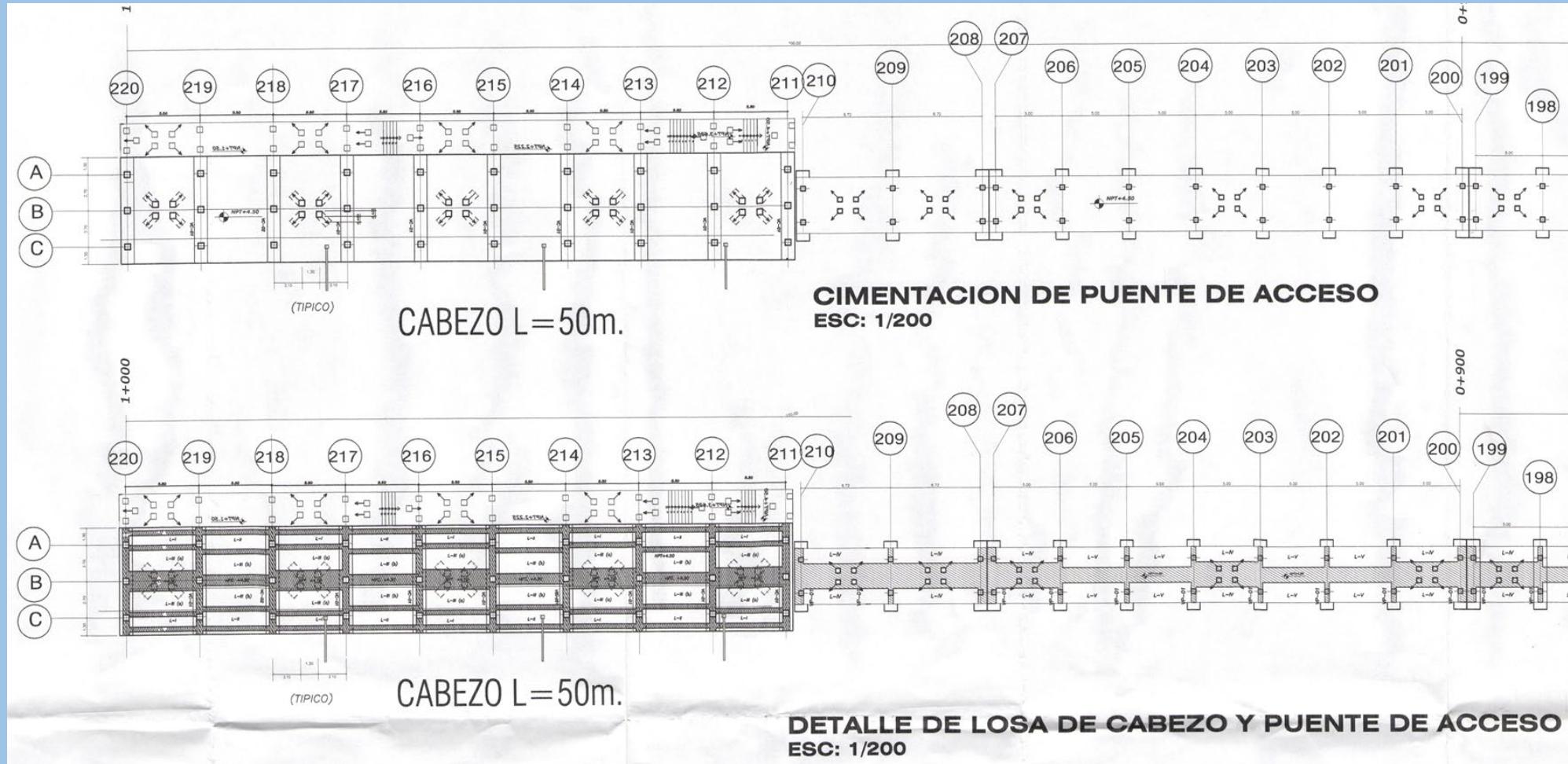
# 1.0 ANTECEDENTES

## Configuración Estructural de Puente de Acceso

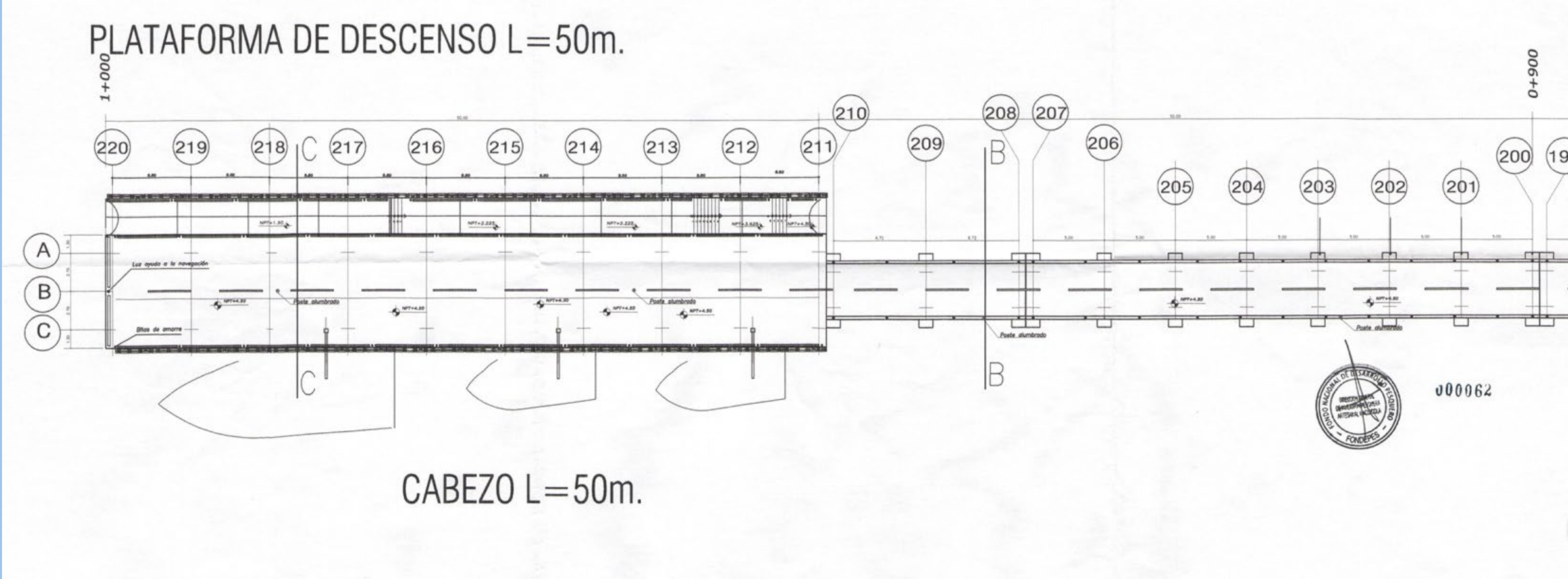


# 1.0 ANTECEDENTES

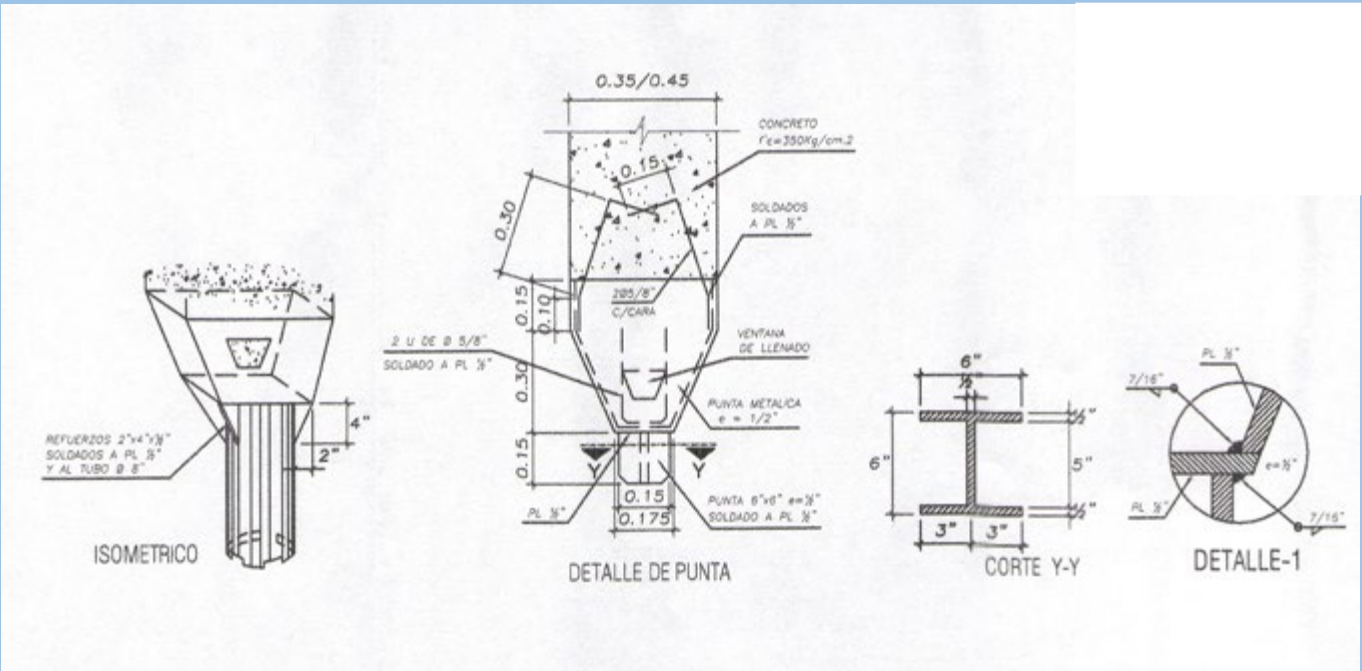
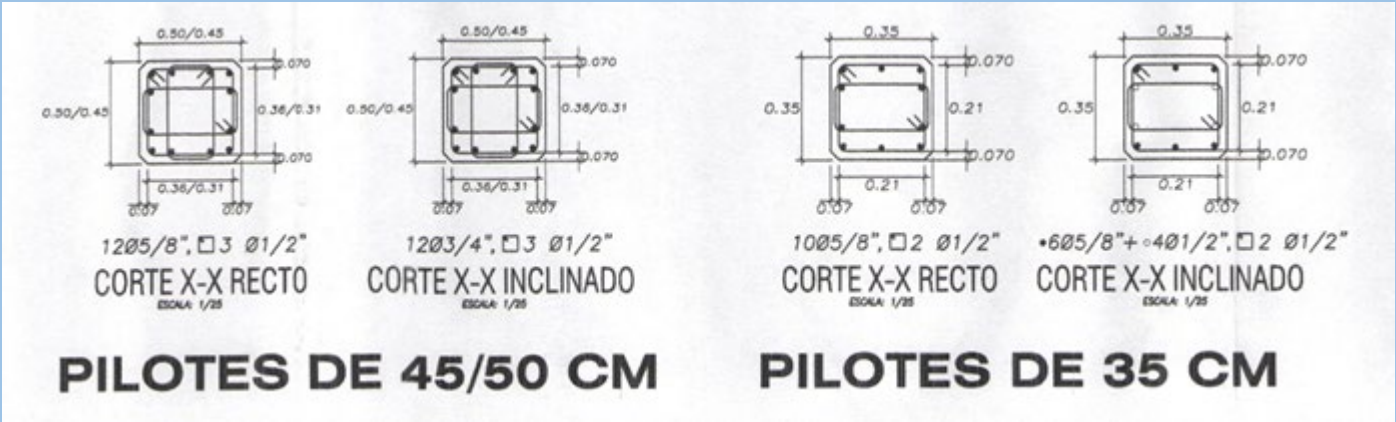
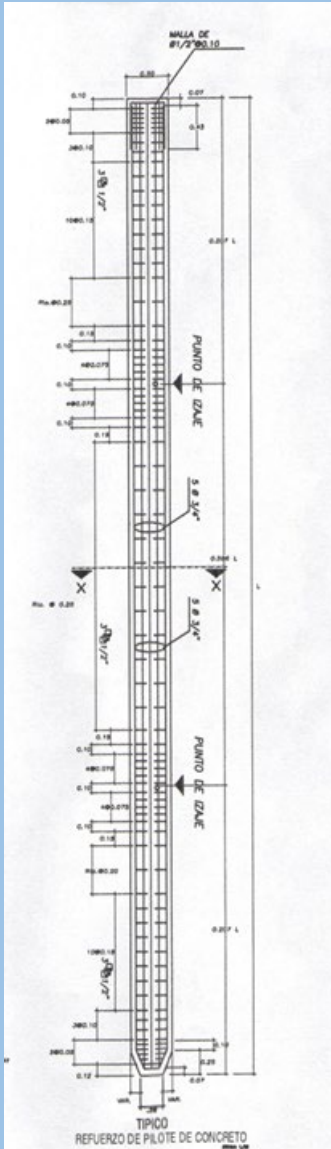
## Configuración Estructural de Puente de Acceso



# 1.0 ANTECEDENTES



# 1.0 ANTECEDENTES



# 1.0 ANTECEDENTES

A continuación, se muestra la longitud total de los pilotes para cada tramo según el diseño inicial del proyecto

TRAMO	UBICACIÓN	SECCION	H. HINCADO	H. LIBRE	H. TOTAL
0+000 - 0+100	Puente	35 x 35	6.25	1.70	7.95
0+100 - 0+200	Puente	35 x 35	6.50	2.10	8.60
0+200 - 0+300	Puente	35 x 35	6.75	2.30	9.05
0+300 - 0+400	Puente	35 x 35	7.00	3.70	10.70
0+400 - 0+500	Puente	35 x 35	7.25	4.59	11.84
0+500 - 0+600	Puente	45 x 45	7.50	6.12	13.62
0+600 - 0+700	Puente	45 x 45	7.75	6.91	14.66
0+700 - 0+800	Puente	45 x 45	8.00	7.59	15.59
0+800 - 0+900	Puente	45 x 45	8.25	8.21	16.46
0+900 - 0+950	Puente	45 x 45	8.50	9.50	18.00
0+950 - 1+000	Cabezo	50 x 50	8.50	9.90	18.00

# 1.0 ANTECEDENTES

A continuación, se muestra el muelle por tramos, sección de pilotes y cantidades.

Tramo		Longitud entre ejes	Sección	N° Pilotes Verticales	N° Pilotes Incluidos
De Eje	A Eje				
104	111	35	35x35	16	12
112	119	35	45x45	16	12
120	127	35	45x45	16	12
128	135	35	45x45	16	12
136	143	35	45x45	16	12
144	151	35	45x45	16	12
152	159	35	45x45	16	12
160	167	35	45x45	16	12
168	175	35	45x45	16	12
176	183	35	45x45	16	12
184	191	35	45x45	16	12
192	199	35	45x45	16	12
200	207	35	45x45	16	12
208	210	13.44	45x45	6	8
211	220	50	50x50	30	20

# 1.0 ANTECEDENTES

Pilote prefabricado de concreto armado con refuerzo de capuchón de planchas de acero



## 2.0 PROBLEMATICA

- El hincado de pilotes  $0.35 \times 0.35$  m se ejecutó hasta el eje 106.
- En el eje 106 fue necesario reforzar con caisson de concreto armado, debido a que no se alcanzó el empotramiento mínimo de diseño.
- Equipos utilizados: grúa 40 ton y martillo Delmag D-22.
- Dificultad identificada:
  - En los ejes 104, 105 y 106 no se logró la penetración mínima requerida.

### **Acciones adoptadas:**

- Ejecución de sondajes geotécnicos entre progresivas 0+473 y 1+000.
- Identificación de estratos de suelo semi-compacto a compacto.
- Recomendación de:
  - Verificación mediante prueba diamantina (0+473).
  - Colocación de puntas metálicas en todos los pilotes.

## Resumen ejes 107 y 108 prueba de hincado

Descripción	EJE 107		EJE 108	
	Lado der.	Lado Izq.	Lado der.	Lado Izq.
Empotramiento total de pilote	3.10 m	3.50 m	2.50 m	2.60 m
Empotramiento efectivo en suelo compacto	2.70 m	2.20 m	1.60 m	1.60 m
Cota de terreno	- 2.36 m	- 2.36 m	- 2.92 m	- 2.92
Cota de punta de pilote	- 5.46 m	- 5.86 m	- 5.42 m	- 5.52 m

- Se reforzó la punta de los pilotes con riel de 80 lb/yd (0.50 m), según recomendación técnica.
- Se reinició el hincado desde el eje 107.
- Avance completado hasta el eje 108, incluyendo:
  - Pilotes verticales e inclinados.
  - Colocación de vigas transversales y longitudinales prefabricadas.
  - Vaciado de concreto in situ entre elementos.

### Equipos utilizados:

- Grúa en celosía sobre orugas 40 ton (máx. 50 ton).
- Martillo Delmag D30-32.
- Castillo de hincado.

# Protocolo de hincado de Pilote eje 107

<b>PROTOCOLO DE HINCADO DE PILOTE</b>			
PROYECTO: "CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA PESQUERA PARA CONSUMO HUMANO DIRECTO DE SAN JOSÉ, DISTRITO DE SAN JOSÉ PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, REGIÓN LAMBAYEQUE"		CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO A 28 DIAS.	
		CERTIF./EXP.:	
		F <sub>ck</sub> 350.00 Kg/cm <sup>2</sup>	

CLIENTE: FONDEPES	APROBADO POR: Ing. Residente : CARLOS ENRIQUE QUIROZ CISNEROS	V°B° Ing. De Campo : DANIEL TRACURI HUAMAN	
UBICACION: SAN JOSE - LAMBAYEQUE	REALIZADO POR: Cdr. LEONIDAS MUÑOZ CONDORI	FECHA: 09/04/2018	UBICACION DE PILOTE: EJE 107
		COTA DE TERRENO:	-2.360 m
		PENETRACION:	3.50 m
		COTA DE FUNDACION:	-5.860 m

Penetracion (cm)	N° Golpes por c/10cm	Penetracion (cm)	N° Golpes por c/10cm	Penetracion (cm)	N° Golpes por c/10cm	Penetracion (cm)	N° Golpes por c/10cm	Penetracion (cm)	N° Golpes por c/10cm	Penetracion (cm)	N° Golpes por c/10cm	GRAFICO DIDACTICO DE HINCADO DE PILOTES
-	EXC	NO SE REALIZÓ EXCAVACIÓN										
0.70	PP	HINCADO POR PESO PROPIO DEL PILOTE										
0.20	PM	HINCADO POR PESO DEL MARTILLO DELMAG 32										
0.00m		4.00 m		8.00m		12.00m		16.00m				
10												
20												
30												
40												
50	3											
60	1											
70	1											
80	1											
90	1											
1.00m	1	5.00 m		9.00m		13.00m		17.00m				
10	1											
20	1											
30	3											
40	4											
50	5											
60	6											
70	8											
80	11											
90	13											
2.00m	15	6.00m		10.00m		14.00m		18.00m				
10	20											
20	20											
30												
40												
50												
60												
70												
80												
90												
3.00 m		7.00m		11.00m		15.00m		19.00m				
10												
20												
30												
40												
50												
60												
70												

Pilote N° PV-43 Ubicación: EJE - 107	
Sección(m):	0.35 x 0.35
Peso de Pilote Vertical (Kg)	3,479.68
Longitud Pilote Vertical (m)	11.855
Hora de Inicio:	11:30 a.m.
Hora de Término:	12:00 p.m.
Martillo:	D-32
Energía (Kgrm):	
Rechazo (s)	20
<b>0 NÚMERO DE GOLPES 15</b>	

## 2.0 IMPACTOS





## 3.0 PROPUESTA – FALTA DE EMPOTRAMIENTO

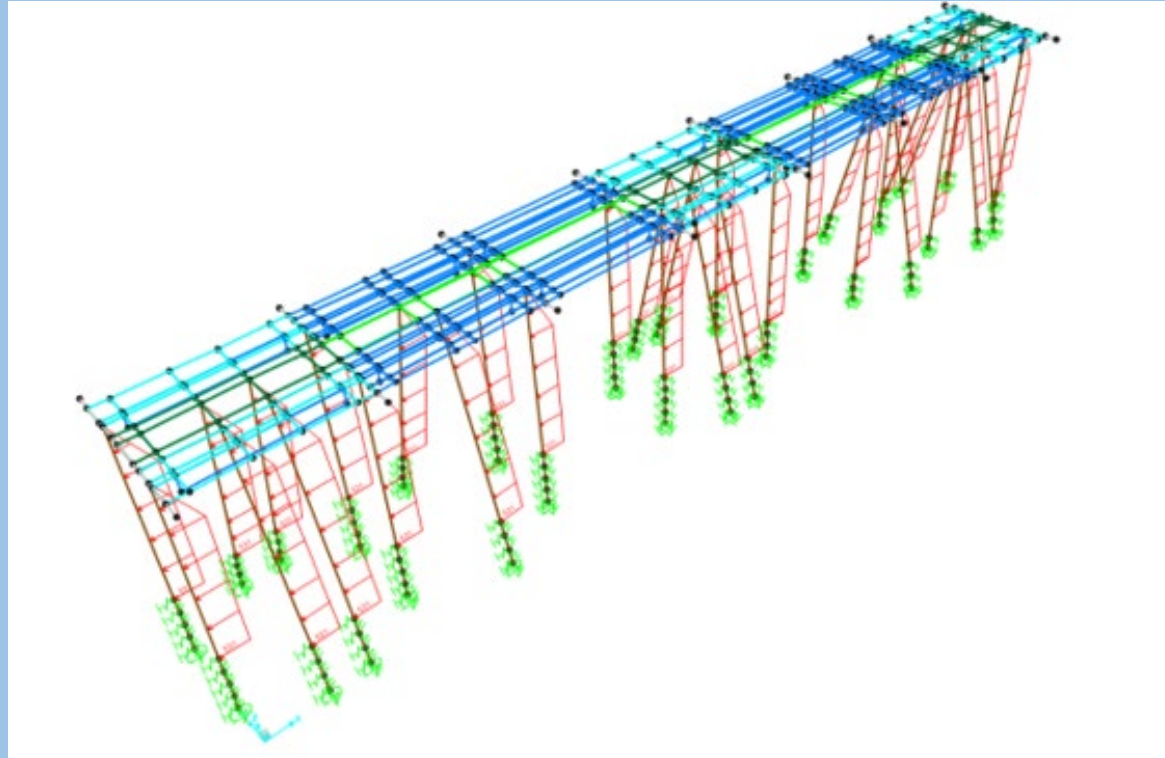
### Objetivo de la Propuesta

- ✓ Garantizar empotramiento estructuralmente equivalente al diseño.
- ✓ Controlar pandeo y desplazamientos laterales.
- ✓ Asegurar estabilidad durante fase constructiva y operación.
- ✓ Optimizar solución técnica y económica antes de continuar el avance.

### 1. Verificación Técnica Integral

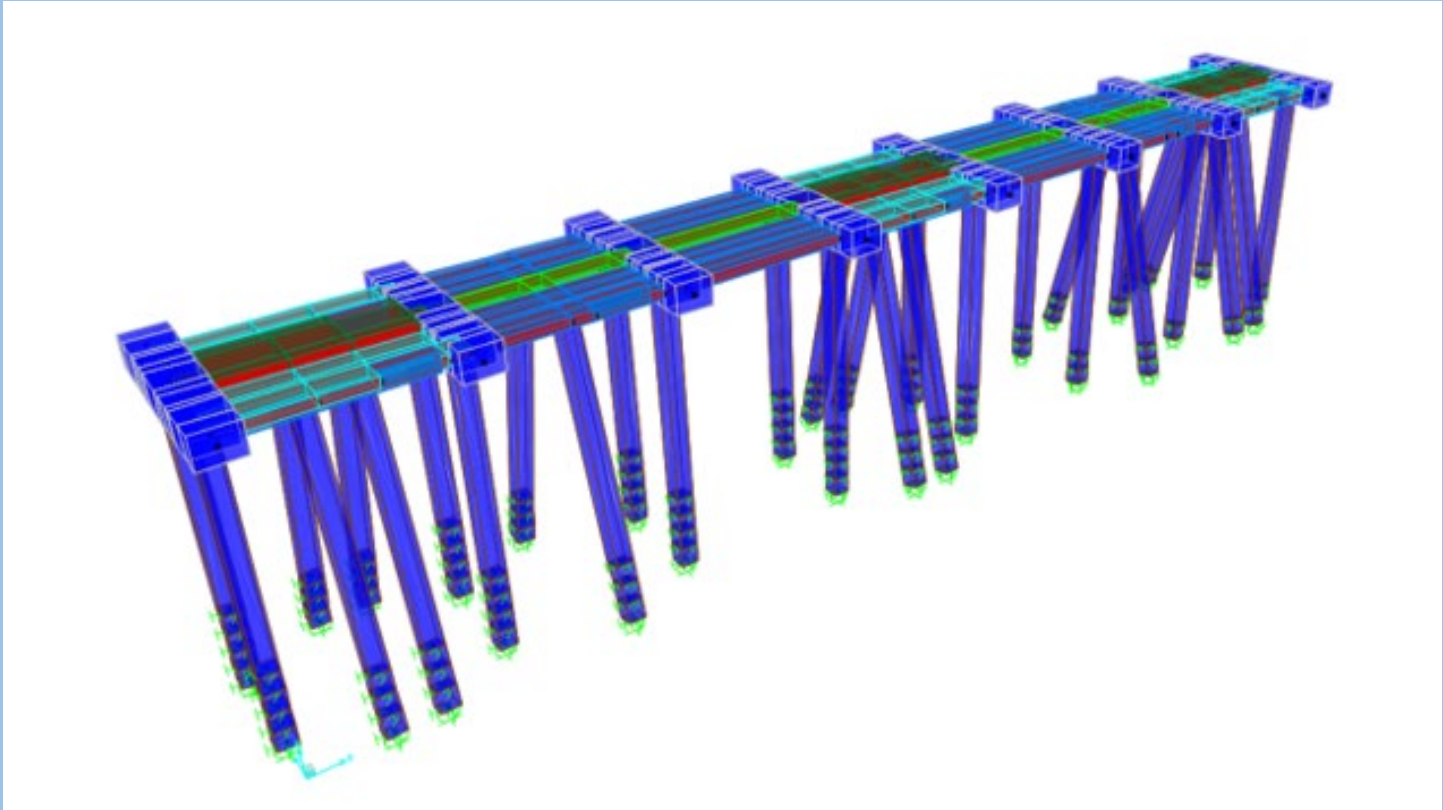
- Realizar modelamiento estructural en fase construcción y condición final.
- Evaluar estabilidad global considerando:
  - Empotramiento real alcanzado.
  - Mayor altura libre de pilotes.
  - Cargas de grúa y efectos dinámicos de hincado.
  - Interacción suelo–estructura.

## 3.0 PROPUESTA – FALTA DE EMPOTRAMIENTO



Cargas del empuje marino en la dirección X

# 3.0 PROPUESTA – FALTA DE EMPOTRAMIENTO

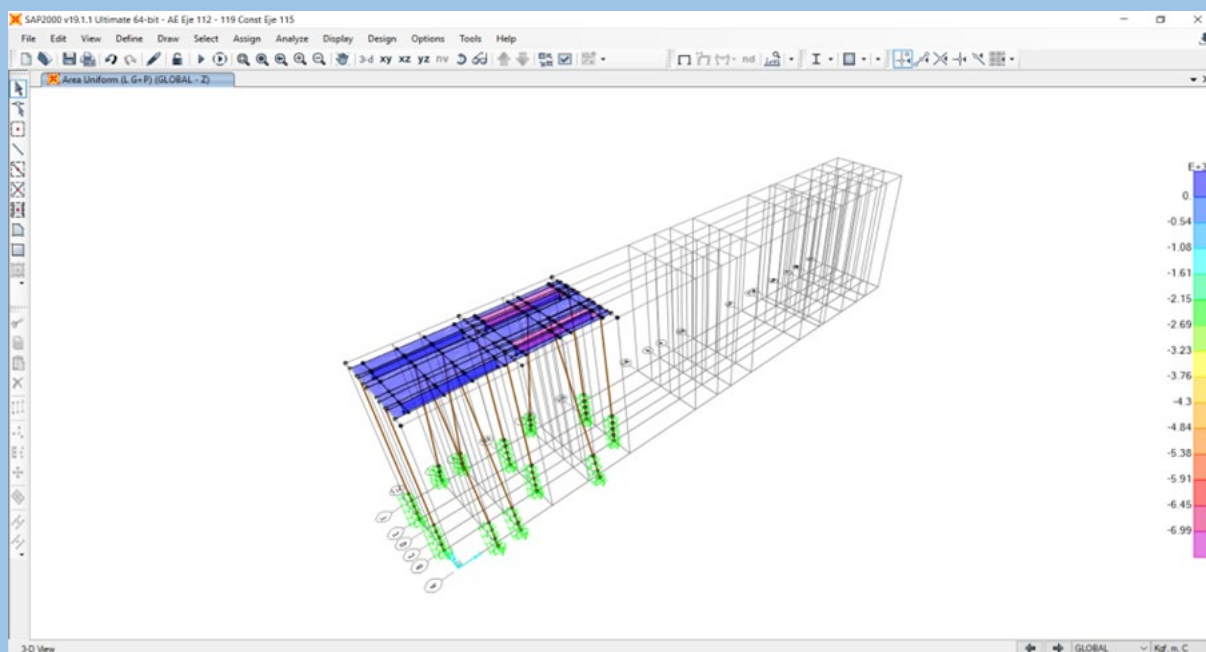


Vista típica en 3D del modelo estructural para un tramo critico

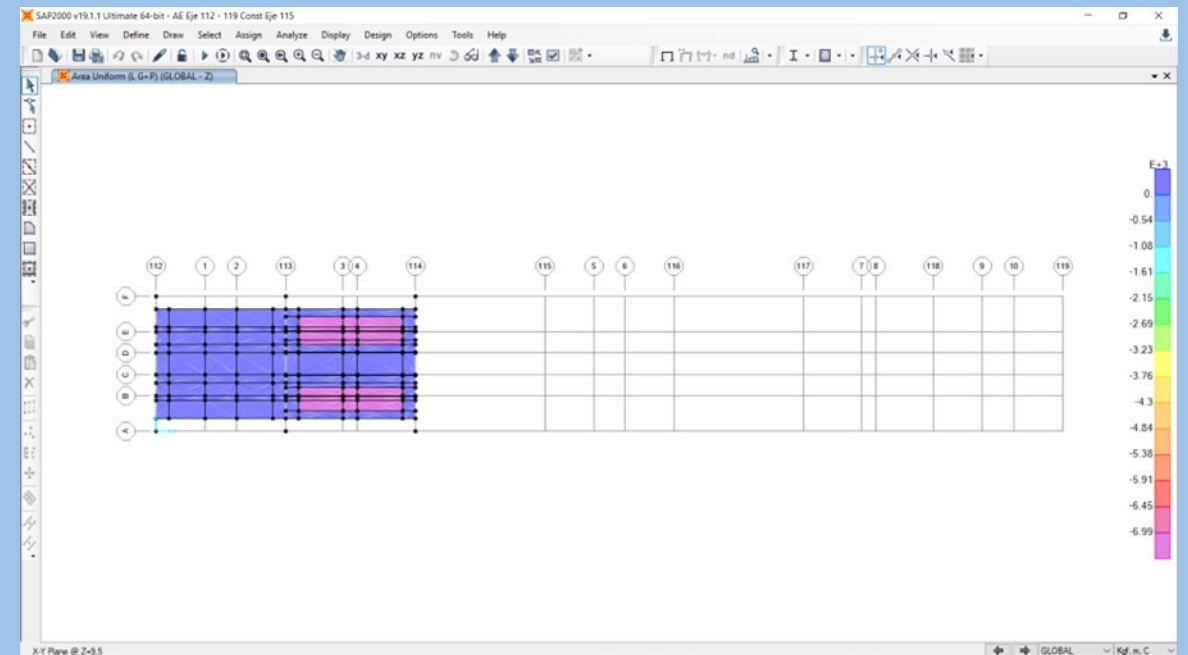
# 3.0 PROPUESTA – FALTA DE EMPOTRAMIENTO

$$q_{distribuido} = \frac{25.8085}{3.90 \times 0.91} \cong 7.2720 \text{ Tn/m}^2 \text{ (Carga Grúa + Pilote)}$$

## Hincado de Pilotes del Eje 115

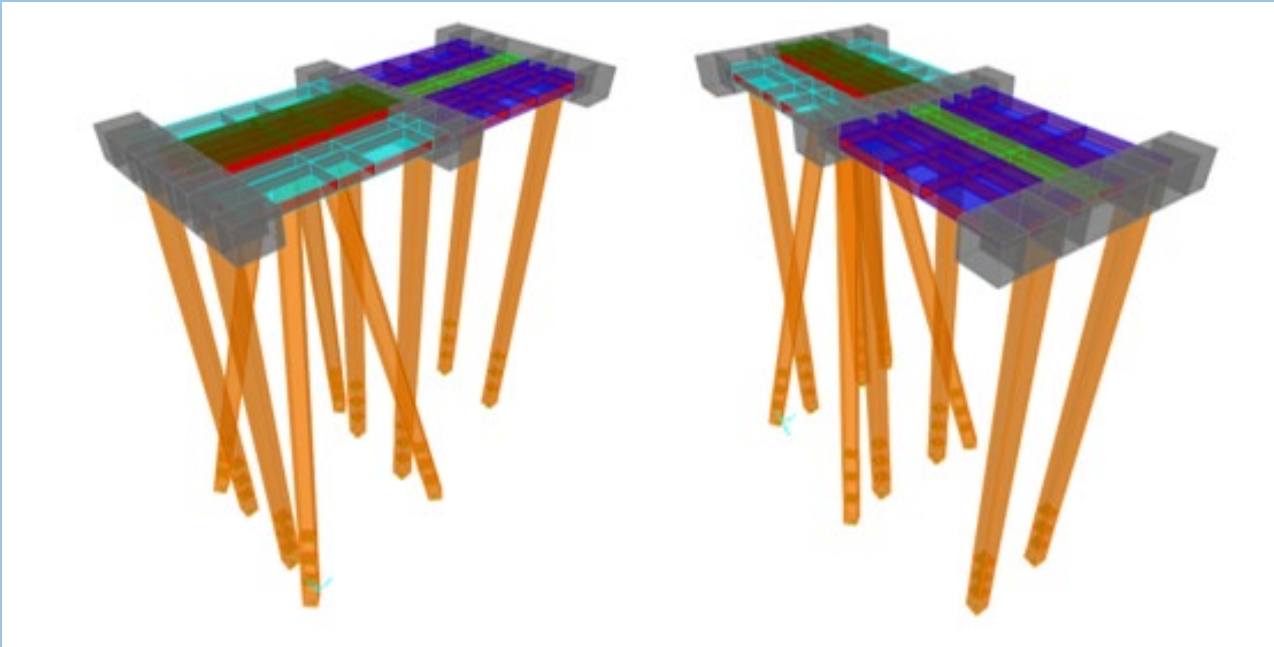


Posicionamiento de la Grúa entre los ejes 113 y eje 114



Posicionamiento de la Grúa entre los ejes 113 y eje 114 vista en planta

## Respuesta Estructural hincado del pilote del eje 171



## Vista del Modelo estructural hincado del pilote del eje 171



## Vista en planta del modelo estructural hincado del pilote del eje 171

## Distorsión máxima dirección X

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCa	CaseTyp	StepTyp	U1	U2	U3
33	SISMOX	LinRespSpec	Max	66.317435	0.017985	1.272174
34	SISMOX	LinRespSpec	Max	66.317435	0.017984	1.272174
38	SISMOX	LinRespSpec	Max	66.324421	0.019486	1.24725
39	SISMOX	LinRespSpec	Max	66.324421	0.019485	1.24725
49	SISMOX	LinRespSpec	Max	66.380601	0.005301	1.529388
50	SISMOX	LinRespSpec	Max	66.532111	0.001577	0.072665
51	SISMOX	LinRespSpec	Max	66.380601	0.005301	1.529387
52	SISMOX	LinRespSpec	Max	66.532111	0.001577	0.072667
56	SISMOX	LinRespSpec	Max	66.418475	0.005307	1.607168
57	SISMOX	LinRespSpec	Max	66.418475	0.005306	1.607168

## Distorsión máxima dirección Y

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCa	CaseTyp	StepTyp	U1	U2	U3
33	SISMOY	LinRespSpec	Max	26.43079	67.315616	1.466833
34	SISMOY	LinRespSpec	Max	26.43079	67.315616	1.466832
38	SISMOY	LinRespSpec	Max	26.427665	64.101457	1.460873
39	SISMOY	LinRespSpec	Max	26.427665	64.101457	1.460873
49	SISMOY	LinRespSpec	Max	88.105384	188.571376	1.904605
50	SISMOY	LinRespSpec	Max	88.12352	528.595382	1.932195
51	SISMOY	LinRespSpec	Max	88.105384	188.571376	1.904604
52	SISMOY	LinRespSpec	Max	88.12352	528.595382	1.932195
56	SISMOY	LinRespSpec	Max	88.11131	182.245691	1.959871
57	SISMOY	LinRespSpec	Max	88.11131	182.245691	1.959869

# Respuesta Estructural hincado del pilote del eje 172

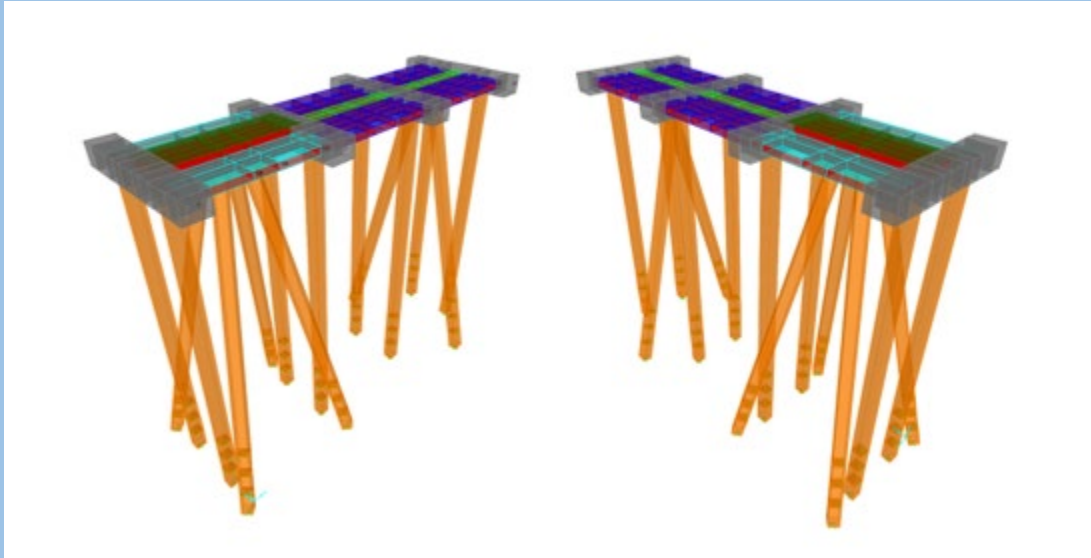


TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCa	CaseTyp	StepTyp	U1	U2	U3
33	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.853867	0.110728	1.764632
34	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.87775	0.110728	1.764768
38	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.87775	0.114432	1.7427
39	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.853867	0.114432	1.74284
49	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.826013	0.158518	2.095384
50	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.826013	0.395583	0.152888
51	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.905626	0.158518	2.095818
52	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.905626	0.395583	0.155898
56	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.905626	0.172515	2.153583
57	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.826013	0.172515	2.153478
172	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.865807	0.490082	0.093082
175	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.865807	0.540769	0.072812
199	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.826013	0.636634	0.215674
200	SISMOX	LinRespSpec	Max	92.905626	0.636634	0.21218

## Vista del Modelo estructural hincado del pilote del eje 172

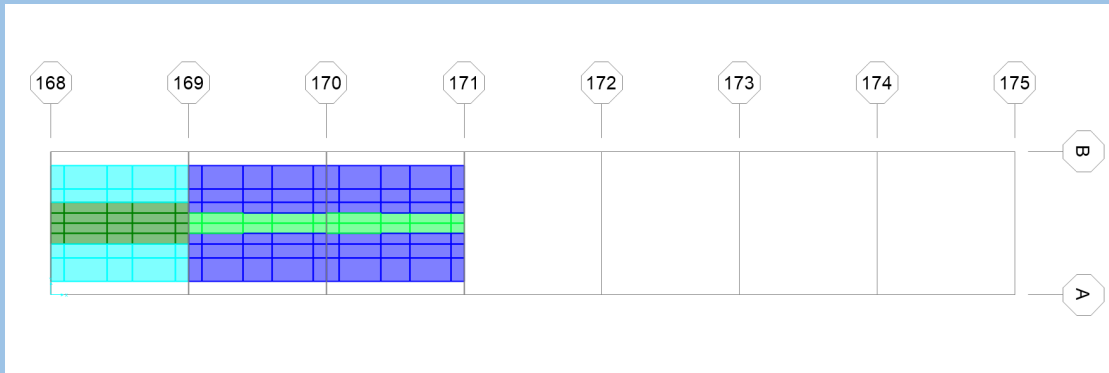
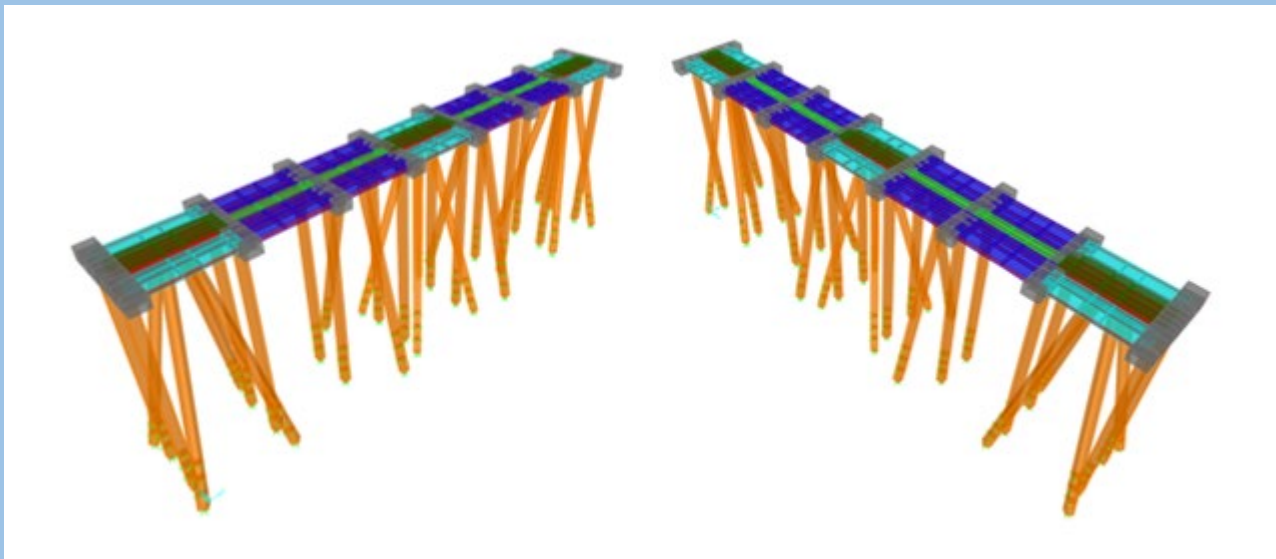


TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCa	CaseTyp	StepTyp	U1	U2	U3
33	SISMOY	LinRespSpec	Max	1.956632	54.79101	1.382196
34	SISMOY	LinRespSpec	Max	1.84141	54.79101	1.364551
38	SISMOY	LinRespSpec	Max	1.84141	53.234568	1.367334
39	SISMOY	LinRespSpec	Max	1.956632	53.234568	1.370822
49	SISMOY	LinRespSpec	Max	6.372635	59.492014	1.760337
50	SISMOY	LinRespSpec	Max	6.372635	54.282677	0.959924
51	SISMOY	LinRespSpec	Max	6.257137	59.492014	1.748249
52	SISMOY	LinRespSpec	Max	6.257137	54.282677	1.311579
56	SISMOY	LinRespSpec	Max	6.257137	51.041291	1.834903
57	SISMOY	LinRespSpec	Max	6.372635	51.041291	1.70128
172	SISMOY	LinRespSpec	Max	0.149355	58.590713	4.610874
175	SISMOY	LinRespSpec	Max	0.149355	61.419996	5.508469
199	SISMOY	LinRespSpec	Max	6.372635	67.553584	1.222391
200	SISMOY	LinRespSpec	Max	6.257137	67.553584	0.732853

## Vista en planta del modelo estructural hincado del pilote del eje 172



Vista del Modelo estructural del tramo de ejes 168-175.



Vista en planta del modelo estructural del tramo de ejes 168-175

## 3.0 PROPUESTA – FALTA DE EMPOTRAMIENTO

### 2. Medidas de Refuerzo en Cimentación

#### a) Mejora de punta

- Incorporación de puntas metálicas (riel 80 lb/yd o zapata estructural).
- Verificación de penetración efectiva en estrato compacto.

#### b) Incremento de rigidez lateral

- Incorporar pilotes inclinados adicionales (1:4) entre ejes críticos.
- Reducir longitud libre no arriostrada.
- Mejorar capacidad frente a cargas excéntricas.

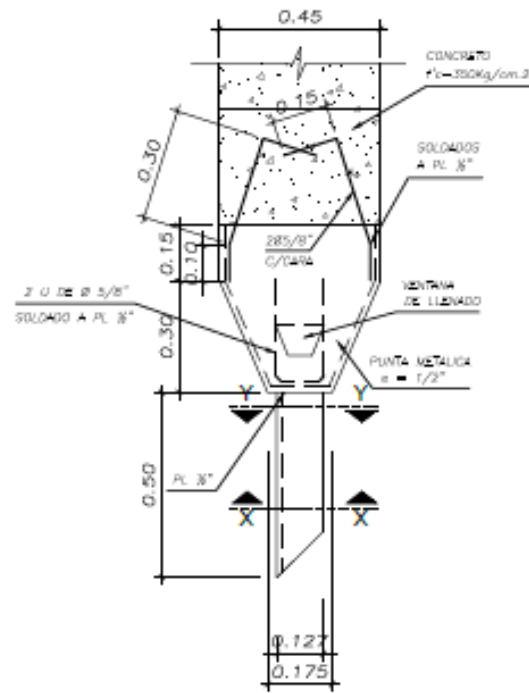
#### c) Conexión transversal temporal o permanente

- Implementar vigas transversales adicionales.
- Conformar pórticos de 4 pilotes (2 verticales + 2 inclinados).
- Controlar desplazamientos y riesgo de volteo durante avance de grúa.

## Resumen de Reforzamiento de tramos con pilotes inclinados

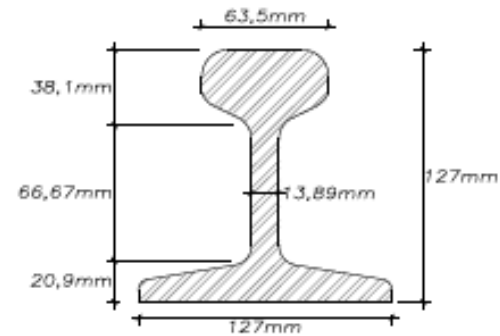
Paño 1	Paño 2	Paño 3	Paño 4	Paño 5	Paño 6	Paño 7
Paño con Nucleo	1er Paño Reforzado	2do Paño Reforzado	Paño con Nucleo	3er Paño Reforzado	4to Paño Reforzado	Paño con Nucleo
5 m	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m
			35 m			

## Reforzamiento de Punta de Pilotes para Incrustamiento en Roca Alterada



**PUNTA METÁLICA**

ESCALA: 1/20



**CORTE X-X**

ESCALA: 1/10

CARACTERÍSTICAS DE RIELES:

80 LBS/YARDA

SOLDADURA: E7018

SE APLICARÁ PARA LOS TRES

TAMAÑOS DE SECCIÓN DE PILOTE:

(0.35, 0.45, 0.50)



# 4.0 CONSTRUCCION



# 4.0 CONSTRUCCION







**Otras condiciones adversas**

## 5.0 CONCLUSIONES

1. La base de cualquier infraestructura portuaria comienza en el suelo.
2. En muelles pesqueros o de pequeña escala, los pilotes de concreto armado suelen ser una alternativa económica.
3. Los muelles de pesca artesanal suelen construirse con configuraciones estructurales típicas.
4. La fabricación de pilotes debe realizarse solo cuando se conocen con certeza las condiciones del suelo.
5. Las cargas durante el proceso constructivo deben ser consideradas desde la etapa de diseño.
6. La planificación constructiva debe considerar la capacidad real de los equipos.