

**PROYECTO FINAL**

Cattani, Esteban – Solanas, Juan Carlos



*Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica*

**PROYECTO FINAL  
RAMAL FERROVIARIO A TERMINALES PORTUARIAS  
TIMBÚES**



**MEMORIA TÉCNICA**

**Octubre 2018**

**INDICE DE CONTENIDOS**

<b>1. RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. CARACTERISTICAS DEL PROYECTO – ESTUDIO DE SOLUCIONES.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 NORMAS DE APLICACIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>3. RELEVAMIENTO Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS .....</b>	<b>10</b>
<b>4. RELEVAMIENTO DE SERVICIOS – INTERFERENCIAS.....</b>	<b>10</b>
<b>5. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS .....</b>	<b>10</b>
<b>6. DISEÑO GEOMÉTRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>6.1 CURVAS HORIZONTALES.....</b>	<b>11</b>
<b>6.2 CURVAS VERTICALES.....</b>	<b>12</b>
<b>7 DISEÑO DE LA SUBRASANTE .....</b>	<b>12</b>
<b>8 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS .....</b>	<b>15</b>
<b>9 SOLUCION DE INTERFERENCIAS.....</b>	<b>15</b>
<b>9.1 GAS.....</b>	<b>15</b>
<b>10 ANEXOS .....</b>	<b>16</b>
<b>10.1 ANEXO I - INFORME DE RELEVAMIENTO TOPOGRAFICO .....</b>	<b>16</b>
<b>10.1.1 RELEVAMIENTO DE INTERFERENCIAS Y SERVICIOS.....</b>	<b>17</b>
<b>10.1.1.1 LITORAL GAS .....</b>	<b>17</b>
<b>10.1.1.2 PGS S.A.....</b>	<b>17</b>
<b>10.2 ANEXO II – ESTUDIOS GEOTECNICOS .....</b>	<b>18</b>
<b>10.3 ANEXO III – CALCULO DE TRAZADO DE LA LÍNEA .....</b>	<b>- 45 -</b>
<b>10.3.1 CURVAS HORIZONTALES.....</b>	<b>- 45 -</b>
<b>10.3.2 CURVAS VERTICALES.....</b>	<b>- 54 -</b>
<b>10.4 ANEXO IV – ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS .....</b>	<b>- 55 -</b>
<b>10.4.1 DISEÑO HIDROLOGICO .....</b>	<b>- 55 -</b>

<b>10.4.1.1</b>	<b>METODO RACIONAL.....</b>	<b>- 55 -</b>
<b>10.4.1.2</b>	<b>PRECIPITACION DE DISEÑO. ....</b>	<b>- 56 -</b>
<b>10.4.1.3</b>	<b>TIEMPO DE CONCENTRACION. ....</b>	<b>- 57 -</b>
<b>10.4.2</b>	<b>DESAGUES LONGITUDINALES .....</b>	<b>- 58 -</b>
<b>10.4.2.1</b>	<b>Tramo Rio Carcarañá – calle Mangoré. Progresivas 0 – 2337,82 .....</b>	<b>- 58 -</b>
<b>10.4.2.2</b>	<b>Tramo calle Mangoré - calle España. Progresivas 2.365,82 – 3.670,73 .....</b>	<b>- 60 -</b>
<b>10.4.2.3</b>	<b>Tramo calle España – calle Siripo Rey. Progresivas 3.685,78 – 5698. ....</b>	<b>- 62 -</b>
<b>10.4.2.4</b>	<b>Tramo calle Siripo Rey – calle Eva Duarte. Progresivas 5718,55 – 6754. ....</b>	<b>- 63 -</b>
<b>10.4.2.5</b>	<b>Tramo calle Eva Duarte - calle Maestra Leonilda. Progresivas 6796 - 7821.....</b>	<b>- 64 -</b>
<b>10.4.2.6</b>	<b>Tramo calle Maestra Leonilda – calle René Favalaro. Progresivas 7855 – 8892.-</b>	<b>- 66 -</b>
<b>10.4.2.7</b>	<b>Tramo calle René Favalaro – calle Castelli. Progresivas 8906 – 9900. ....</b>	<b>- 67 -</b>
<b>10.5</b>	<b>ANEXO V – SOLUCIÓN INTERFERENCIAS (GAS).....</b>	<b>- 69 -</b>
<b>10.5.1</b>	<b>Ubicación.....</b>	<b>- 69 -</b>
<b>10.5.2</b>	<b>Datos del caño y suelo a cubrir.....</b>	<b>- 69 -</b>
<b>10.5.3</b>	<b>Datos del tren tipo y superestructura.....</b>	<b>- 70 -</b>
<b>10.5.4</b>	<b>Diagramas de cargas.....</b>	<b>- 70 -</b>
<b>10.5.5</b>	<b>Diagramas de esfuerzos.....</b>	<b>- 71 -</b>
<b>10.5.6</b>	<b>Dimensionamiento .....</b>	<b>- 72 -</b>
<b>a.</b>	<b>Barra 1 y 3 (parantes), h = 30 cm.....</b>	<b>- 72 -</b>
<b>b.</b>	<b>Barra 2 (travesaño), h = 20 cm .....</b>	<b>- 72 -</b>
<b>c.</b>	<b>Verificación corte .....</b>	<b>- 73 -</b>
<b>a.</b>	<b>Cálculo columna.....</b>	<b>- 73 -</b>
<b>b.</b>	<b>Cálculo solera h = 30 cm.....</b>	<b>- 74 -</b>

## **1. RESUMEN EJECUTIVO**

## PROYECTO FINAL

Cattani, Esteban – Solanas, Juan Carlos



*Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica*

---

El proyecto ferroviario de trocha angosta para el norte del Área Metropolitana de Rosario comprende la construcción de un nuevo ramal que vinculará la red principal del Ferrocarril Belgrano, perteneciente a la Empresa Belgrano Cargas y Logística SA, con los futuros desvíos ferroviarios de las Terminales portuarias agroexportadoras ubicadas en la localidad de Timbúes (provincia de Santa Fe) sobre la margen del Río Coronda.

Este proyecto corresponde al proyecto que comprende la construcción de un ramal ferroviario para el ingreso de trenes provenientes del NEA y NOA a las terminales portuarias de Timbúes.

El ramal proyectado tendrá su inicio (se vinculará) en el ramal proyectado en primera etapa, el cual nacerá en la progresiva Km 125+333 de la línea F1 del ferrocarril Belgrano Cargas y Logística SA y se extenderá, transponiendo el puente ferroviario sobre el Río Carcarañá, en la progresiva de empalme ubicada en km 1+430.62. A partir de allí se desarrolla el ramal correspondiente a este proyecto y se extenderá en una longitud de aproximadamente 9,845 km, donde finalizará en un paragolpes.

La implantación de este trazado requerirá de una zona de vía de un ancho de 30 metros en toda su extensión.

Las Terminales de RENOVA S.A, Asociación de Cooperativas Argentinas (ACA), Louis Dreyfus Company (LDC), COFCO International y Aceitera General Deheza SA (AGD) prevén contar con desvíos ferroviarios vinculados a este ramal, situación que se ha contemplado en el desarrollo del proyecto.

En términos generales la operación ferroviaria prevista para el ramal es la siguiente: los trenes con origen en las zonas NOA y NEA ingresarían al ramal luego de acceder a la playa Oliveros. Esta playa será el nuevo centro operativo de trocha angosta del norte del área metropolitana de Rosario. Será utilizada para espera, maniobras y alistamiento de los trenes con destino a los puertos de Timbúes, Puerto San Martín y San Lorenzo. Los trenes con origen en la zona Córdoba, provenientes desde el sur podrán ingresar directamente al nuevo ramal, sin necesidad de inversión de locomotora.

Luego de transponer la RN N°11, circularán hasta trasponer el río Carcarañá y a partir de allí, continuarán por el ramal en proyecto hasta ingresar a los desvíos particulares de las distintas terminales portuarias.

Por otra parte, es importante destacar que actualmente el arribo de los cereales y oleaginosas a las tres terminales portuarias operativas (RENOVA, LDC y COFCO) se desarrolla mediante camiones que circulan por la red vial que se encuentra conformada por calles con tratamiento de ripio, estas son: Mangoré, Siripo Rey, Eva Duarte y Maestra Leonilda.

Ante la expansión de los volúmenes exportados y la radicación de nuevos puertos en Timbúes, el gobierno de la Nación y la provincia de Santa Fe identificaron un conjunto de obras que permitirán dotar a las terminales portuarias de adecuados accesos viales y ferroviarios. El objetivo de las mismas es disminuir los costos de transporte, brindar seguridad, ofrecer transatabilidad permanente y eliminar el impacto negativo de la congestión ocasionada por los camiones que acceden a las terminales portuarias.

En función a ello, el proyecto ferroviario desarrollado también ha contemplado la compatibilización con estos proyectos.

## **2. CARACTERISTICAS DEL PROYECTO – ESTUDIO DE SOLUCIONES**

El proyecto ha sido desarrollado considerando la construcción de una vía de trocha angosta, pero el diseño del ramal prevé la factibilidad de que en el futuro pueda transformarse y ampliarse a un ramal con dos vías mixtas paralelas.

Por tal motivo, desde su inicio y hasta el final del ramal, se contempló en el diseño que a futuro puedan desarrollarse dos vías mixtas paralelas (trocha ancha y angosta) con riel común izquierdo, previéndose como se mencionó, para la primera etapa, la construcción de una sola de las vías (vía derecha en el sentido de circulación), en trocha angosta (utilizando durmientes para vía mixta).

Para el diseño de las curvas, enlaces entre vías paralelas y otros aspectos del trazado se respetaron pautas de diseño para vías de trocha ancha, entre ellos: radios mínimos admisibles, gálibo mínimo de obras y de material rodante, peraltes, etc.

La vía de proyecto se ha diseñado considerando un mayor espacio sobre su lado derecho en el sentido de las progresivas crecientes) a los fines de facilitar la instalación de los sistemas de accionamiento de cambios, futuros tendidos de instalaciones, cableados, etc. Bajo este concepto, se ha previsto que la futura vía mixta se instale considerando una entrevía de 4.50 metros.

El proyecto desarrollado contempla que el ramal sea construido con tecnología de riel largo soldado (RLS) utilizando rieles nuevos UIC 54 E1, asentados sobre durmientes nuevos de madera entallados para trocha mixta y sobre balasto de piedra partida con un espesor bajo durmiente de 30 cm. Las fijaciones serán elásticas de tipo Gauge Lock.

La capacidad portante prevista en el diseño del ramal es de 25 ton/eje y la velocidad de diseño adoptada fue de 40 km /hora.

El ramal permitirá operar con trenes de 100 vagones chinos, previstos como formación máxima por el BCyL S.A. La limitación operativa en la circulación será la correspondiente a cada desvío particular.

El punto de encuentro con el ramal de acceso a la zona portuaria es en la progresiva de km 1+430.62 del mismo. A partir de allí se desarrolla el ramal proyectado de una longitud de aproximadamente 9,845 km. Este ramal finaliza en un paragolpes cuya ubicación coincide con el punto de encuentro que tendría con el ramal de trocha ancha si el enlace con esta red se desarrolla por el lado sur.

Previo a la ejecución del proyecto se ha realizado un relevamiento integral de la zona de proyecto.

## **2.1 NORMAS DE APLICACIÓN**

Para el desarrollo del proyecto deberán considerarse las siguientes normativas ferroviarias en vigencia:

- NORMAS TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y RENOVACIÓN DE VÍAS. (RESOLUCIÓN Nº 887/66).
- NTVO Nº 2. PERFILES TRANSVERSALES TIPO DE VÍAS PRINCIPALES BALASTADAS CON PIEDRA O MATERIAL SIMILAR Y DE LAS SENDAS, (PERFIL DE BALASTO PARA RIEL LARGO SOLDADO
- NTVO Nº 3. COLOCACIÓN DE LA VÍA - PERALTE- CURVAS DE TRANSICIÓN Y ENLACE.
- NTVO Nº 4. RECTIFICACIÓN DEL TRAZADO DE LAS CURVAS POR EL MÉTODO DE LAS FLECHAS.
- NTVO Nº 7. ALINEACIÓN DE VÍA.
- NTVO Nº 9. COLOCACIÓN, VIGILANCIA Y CONSERVACIÓN DE LOS RIELES LARGOS SOLDADOS.
- NTVO Nº 10. ANCLAJE DE JUNTAS AISLADAS COLADAS.
- NTVO Nº 14. SOBREALCHO DE LA TROCHA
- NTVO Nº 15. VIGILANCIA DE LAS LUCES DE DILATACION Y CORRECCION DEL CORRIMIENTO
- NTVO Nº 16. VERIFICACIÓN Y CORRECCIÓN DE LA TROCHA

- REGLAMENTO ARGENTINO PARA EL PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE PUENTES FERROVIARIOS DE HORMIGÓN ARMADO.
- RECOMENDACIÓN TÉCNICA SOBRE LA COLOCACIÓN DE VÍA SOBRE OBRAS DE ARTE
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA TRABAJOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y LIMPIEZA DE TERRENOS. (RESOLUCIÓN D. Nº 888/66).
- FA 7 001. SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA
- FA 7 006. BULONES PARA VÍA. REMITE A IRAM-FA L 70-06 – *BULONES PARA VIA.*
- FA 7 007. PLACAS ACANALADAS DE CAUCHOPARA ASIENTO DE RIEL
- FA 7 008. ARANDELAS ELÁSTICAS PARA BULONES DE VÍA. REMITE A NORMA IRAM-FA L 70-18
- FA 7 015. ECLISAS. REMITE A IRAM-FA L 70-09 DE AGOSTO DE 1970 – ECLISAS
- FA 7 025. DURMIENTES DE QUEBRACHO COLORADO. REMITE A NORMA IRAM-FA L 95-57 DE NOVIEMBRE DE 1970, MODIFICACIONES DEL 12/11/73 Y FE DE ERRATAS DEL 30/10/74.
- FA 7 030. DURMIENTES DE HORMIGÓN PRETENSADO, TIPO MONOBLOCK.
- FA 7 036. SILLETAS DE ACERO LAMINADAS PARA VIA
- FA 7 040. BALASTO GRADO A.
- FA 7 064. SILLETAS DE ACERO MOLDEADO PARA VIA
- FA 7 065. RIELES.
- FA 7 067. GEOTEXTIL (NO TEJIDO) PARA SANEAMIENTO DE PLATAFORMAS FERROVIARIAS. REMITE A OTRAS NORMAS.
- IGVO (OA) 002. PRUEBAS DE RECEPCIÓN DE DURMIENTES DE HORMIGON
- IGVO (OA) 005. INSTRUCCIÓN TÉCNICA SOBRE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PREVIOS A LA EJECUCIÓN DE TERRAPLENES Y DESMONTES.
- IGVO (OA) 006. INSTRUCCIÓN TÉCNICA SOBRE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PREVIOS A LA EJECUCIÓN DE FUNDACIONES DE OBRAS DE ARTE.
- IGVO (OA) 008. INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACION DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DE PUENTES FERROVIARIOS
- IGVO (OA) 009. INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA PARA EL CÁLCULO ESTRUCTURAL DE PUENTES FERROVIARIOS
- IGVO (V) 001. INSTRUCCIÓN TÉCNICA SOBRE PASOS A NIVEL CON LOSETAS DE HORMIGÓN ARMADO
- NO T GVO (V) 001. NOTICIA TÉCNICA SOBRE GEOTEXTIL.
- NORMA ALAF 5-022- DURMIENTES DE HORMIGÓN PRETENSADO MONOBLOCK
- RESOLUCION SETOP 7/81
- NORMA ALAF 5032 - SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA
- NORMAS PARA LAS CONDUCCIONES ELÉCTRICAS QUE CRUZAN O CORREN PARALELAS AL FERROCARRIL. DECRETO Nº 9254. 28-12-72
- NORMAS VIGENTES PARA CRUCES DE SERVICIOS CON EL FERROCARRIL.

### **3. RELEVAMIENTO Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS**

Con el relevamiento realizado se elaboró una planimetría general y modelo digital del terreno natural mediante procesos Civil 3D. Al respecto, la información relevada se procesó con el objeto de generar dicha planimetría general y modelo digital.

En adición se realizó un relevamiento fotográfico y videográfico a nivel y, además, con dron sobre la traza del proyecto.

### **4. RELEVAMIENTO DE SERVICIOS – INTERFERENCIAS**

En forma simultánea al relevamiento topográfico del sector de obra se efectuó la identificación de las interferencias de servicios existentes en el sector de obra. Los servicios detectados y particularmente los de mayor riesgo, gasoductos y redes de gas, identificados en el relevamiento, fueron incluidos en su totalidad en las planimetrías correspondientes.

### **5. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS**

Con el objetivo evaluar las características del terreno de la zona de proyecto, determinar su capacidad portante y evaluar su comportamiento ante las cargas proyectadas para el ramal se consiguieron unos estudios geotécnicos de la zona.

Analizados estos estudios geotécnicos se concluye que las características de suelo existente en la zona de trazado son adecuadas para la materializar la subrasante de la infraestructura ferroviaria proyectada. El suelo existente debajo de una capa de aproximadamente 30 cm de espesor de suelo vegetal, posee a lo largo del trazado una resistencia admisible mínima de 0.9 kg/cm<sup>2</sup>. Adicionalmente, en los sectores en donde se ha identificado la presencia de suelo de tipo CH (arcillas de alta plasticidad) se ha previsto efectuar un tratamiento con cal que brindará mejores capacidades portantes y resistencia de la capa frente a las cargas previstas. Por otra parte, cabe mencionar que no se ha encontrado la napa de agua freática en ninguna de las perforaciones de 5 metros de profundidad.

## **6. DISEÑO GEOMÉTRICO**

El diseño geométrico de la traza se ha realizado respetando las pautas de diseño, normativas ferroviarias.

El ramal proyectado tiene inicio en la progresiva de empalme ubicada en km 1+430.62 del ramal comprendido en la etapa previa a la que nos compete, que se inicia en la progresiva Km 125+333 de la línea F1, y que se extiende hasta transponer el Río Carcarañá. A partir de este empalme se desarrolla el ramal de proyecto extendiéndose en una longitud de 9,845 km, donde finaliza en un paragolpes.

Desde su inicio y hasta el final, se contempló en el diseño geométrico que a futuro puedan desarrollarse dos vías mixtas paralelas (trocha ancha y angosta) con riel común izquierdo, previéndose como se mencionó, para la primera etapa, el proyecto y la construcción de una sola de las vías (vía derecha en el sentido de circulación), en trocha angosta (utilizando durmientes para vía mixta).

En función a ello, para el diseño de las curvas, enlaces entre vías paralelas y otros aspectos del trazado se respetaron pautas de diseño para vías de trocha ancha, entre ellos: radios mínimos admisibles, gálibos mínimos de obras y de material rodante de trocha mixta peraltes, etc.

En este punto y en su Anexo se detallan las pautas, criterios y cálculos efectuados para el desarrollo de la nueva traza.

### **6.1 CURVAS HORIZONTALES**

En función de lo establecido para el diseño de las curvas horizontales se han considerado las prescripciones establecidas en la Norma Técnica de Vía y Obra (NTVO) N°3 “Colocación de la vía, peralte, curvas de transición y enlace”.

La velocidad considerada para el diseño del ramal fue, tal lo establecido en el pliego, de 40 km/h.

En el ANEXO IV. CÁLCULO DE TRAZADO DE LA VÍA, se detallan los parámetros y pautas de diseño del trazado del proyecto y los cálculos efectuados, para el desarrollo de las curvas horizontales del ramal.

## **6.2 CURVAS VERTICALES**

El trazado se desarrolla por terrenos llanos con encuentros - cambios de pendientes -entre tramos verticales rectos que resultan inferiores al 5 por mil, los cuales no requieren el desarrollo de curvas verticales. Al respecto, considerando que las aceleraciones verticales máximas establecidas en trenes de velocidad alta son del orden de  $0,5 \text{ m/s}^2$ , en este caso se verifica para velocidades de 40 km/h y radios de enlace de 5.000 metros, que la aceleración vertical alcanza a  $0.02 \text{ m/s}^2$  ( $V^2/12.96 R$ ). Para los cambios de pendientes del trayecto esto implicaría el desarrollo de curvas de enlace con externas del orden de centímetros.

## **7 DISEÑO DE LA SUBRASANTE**

La evaluación de las tensiones de trabajo sobre la subrasante de vía fue evaluada en base a lo estipulado en el BOLETÍN TÉCNICO VO N° 1-99 de la CNRT. Los fundamentos de la metodología de cálculo, que se basa en las teorías de viga sobre apoyo elástico continuo, aplicada a la vía férrea (métodos de Zimmerman/Talbot), se adjuntan en ANEXO XIII. BOLETÍN TÉCNICO VO N° 1-99.

En función a los resultados obtenidos en los estudios geotécnicos de la subrasante y considerando los esfuerzos que debe absorber la misma bajo distintas condiciones de diseño: velocidad de circulación, tonelaje de carga por eje, tipo de riel, durmientes y espesor del manto de balasto, se realizó un análisis particular verificando que las tensiones de trabajo no superen las tensiones admisibles de proyecto.

Para el estudio de las tensiones sobre la plataforma se consideraron las condiciones más desfavorables, estas son:

- Los estudios geotécnicos concluyen que las tensiones admisibles de suelo, posteriores a una capa de aprox. 30 cm de suelo vegetal, poseen una resistencia admisible que varía entre 90 kPa y 130 kPa, por lo cual se verificará para la situación más desfavorable de 90 kPa ( $0,90 \text{ kg/cm}^2$ ). Más allá de ello, en los sectores en donde se ha identificado la presencia de suelo de tipo CH (arcillas de alta plasticidad) se ha previsto efectuar un tratamiento con cal.

## PROYECTO FINAL

Cattani, Esteban – Solanas, Juan Carlos



*Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica*

---

- El peso por eje máximo previsto para la trocha angosta es de 22 ton/eje pero considerando que a futuro el ramal pasaría a operar en trocha mixta y siendo que para la trocha ancha el peso por eje máximo es de 25 ton/eje, se adopta este último valor para el cálculo.
- Para el cálculo considerará dos locomotoras en tándem, la distribución de ejes de las locomotoras de trocha ancha Chinas pero incrementándose su tonelaje por eje a 25 ton.

En los siguientes cuadros se indican los parámetros utilizados para el cálculo y los resultados obtenidos:

DATOS DEL TREN DE CALCULO			
Eje n°	Qi p/ eje [t.]	Xi(abs-cisa [m.])	Qi/ Qmáx
1	25	0	1
2	25	1,7	1
3	25	3,4	1
4	25	9,71	1
5	25	11,41	1
6	25	13,11	1
7	25	18,5	1
8	25	20,42	1
9	25	22,12	1
10	25	28,43	1
11	25	30,13	1
12	25	31,83	1
Qmáx = G = 25 t.			

DATOS DE LA ESTRUCTURA DE VIA		
TIPO DE RIEL:	RIEL U54 E1	
ESTADO:	NUEVO	
DURMIENTES:	1667 durmientes por kilómetro	
TROCHA:	ANCHA	
BALASTO:	PIEDRA	
Er=	2100000 kg/cm <sup>2</sup>	(módulo de elasticidad del riel)
Jr=	2337,9 cm <sup>4</sup>	(momento de inercia de un riel)
Wr=	278,7 cm <sup>3</sup>	(módulo resistente de un riel)
k=	8 kg/cm <sup>3</sup>	(coeficiente de balasto)
b=	24 cm	(ancho del durmiente)
a=	95 cm	(longitud efectiva de durmiente que da apoyo a un riel)
h=	30 cm	(espesor de balasto y subbalasto bajo durmientes)
l=	2,7 m	(longitud del durmiente)
$\sigma_b$ adm=	2,785 kg/cm <sup>2</sup>	(tensión admisible del balasto)
$\sigma_t$ adm=	0,9 kg/cm <sup>2</sup>	(tensión admisible de la plataforma)
$\sigma_r$ adm=	1200 kg/cm <sup>2</sup>	(tensión admisible del riel)

**NUEVO RAMAL TROCHA MIXTA  
PESO POR EJE ADMISIBLE PARA DISTINTAS VELOCIDADES**

Velocidad [km/h]	P adm p/ acero	G adm p/ba- lasto	G adm p/pla- taforma	G adm [t]
5	36,5	31,5	34,0	31,5
10	36,1	31,2	33,6	31,2
15	35,6	30,8	33,2	30,8
20	35,2	30,4	32,8	30,4
25	34,8	30,1	32,4	30,1
30	34,4	29,7	32,0	29,7
35	34,0	29,4	31,6	29,4
<b>40</b>	<b>33,6</b>	<b>29,0</b>	<b>31,3</b>	<b>29,0</b>
45	33,2	28,7	30,9	28,7
50	32,9	28,4	30,6	28,4
55	32,5	28,1	30,3	28,1
60	32,2	27,8	29,9	27,8
65	31,8	27,5	29,6	27,5
70	31,5	27,2	29,3	27,2
75	31,1	26,9	29,0	26,9
80	30,8	26,6	28,7	26,6
85	30,5	26,3	28,4	26,3
90	30,2	26,1	28,1	26,1
95	29,9	25,8	27,8	25,8
100	29,6	25,5	27,5	25,5
105	29,3	25,3	27,3	25,3
110	29,0	25,0	27,0	25,0

Los resultados obtenidos permiten determinar que la plataforma verifica ampliamente, incluso en el caso de que se encuentre sometida a las condiciones extremas definidas.

## **8 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS**

En toda la traza los escurrimientos de la zona de vías fueron canalizados por un sistema de zanjas paralelas a la vía que derivan al sistema de cunetas de los caminos y, desde allí, a las salidas existentes al río.

En las planialtimetrías y perfiles transversales de proyecto se detallan los niveles de zanjas y secciones de escurrimiento obtenidos de los estudios hidrológicos e hidráulicos.

En el ANEXO V. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS se detallan los estudios realizados, la determinación de caudales, el diseño de zanjas longitudinales y las verificaciones de no erosión en cunetas.

## **9 SOLUCION DE INTERFERENCIAS**

Los servicios existentes en el sector de obra han sido previamente comentados y vinculados en la presente memoria técnica.

Las soluciones a las interferencias de los servicios de gas se encuentran en el ANEXO VI: SOLUCION DE INTERFERENCIAS.

### **9.1 GAS**

Existen dos servicios de gas que interfieren con el ramal ferroviario proyectado.

La normativa existente en la materia para la resolución de interferencias entre instalaciones de gas e infraestructura ferroviaria está desarrollada para nuevas instalaciones de servicio de gas que atraviesen ramales ferroviarios existentes y no lo inverso como en el caso del presente proyecto. Las soluciones a las dos interferencias de gas se encuentran en ANEXO VI a. Solución Gas con sus respectivos planos.

## **10 ANEXOS**

### **10.1 ANEXO I - INFORME DE RELEVAMIENTO TOPOGRAFICO**

El presente apartado describe los trabajos de relevamiento realizados en la zona de proyecto en las cercanías a la localidad de Timbúes – Santa Fe.

El relevamiento inicial consistió en la obtención de cotas de terreno para proyectar el acceso ferroviario a las terminales Portuarias de RENOVA, LDC, COFCO, ACA y AGD.



Trazado tentativo preliminar para relevamiento inicial

#### **SISTEMA DE REFERENCIAS UTILIZADOS**

Los sistemas utilizados fueron los oficiales para nuestro país:

- Gauss Kruger Faja 5 PosGAR 2007
- Altimétrico IGN

#### **DOCUMENTACION DESARROLLADA**

Tal como se describió, el relevamiento fue realizado en un todo, obteniéndose como resultado un sistema con coordenadas geográficas con sus correspondientes proyecciones planas, referidas al Marco de Referencia POSGAR 07, faja 5 y cotas referenciadas a puntos IGN.

A tales fines se elaboró una planimetría general y modelo digital del terreno natural mediante procesos Civil 3D. Al respecto, la información relevada se procesó con el objeto de generar dicha planimetría general y modelo digital.

#### **10.1.1 RELEVAMIENTO DE INTERFERENCIAS Y SERVICIOS**

Los servicios existentes al momento del presente relevamiento, son de telefonía, gas, electricidad y fibra óptica. En nuestro proyecto haremos hincapié exclusivamente en el tendido de gas, ya que es el que mayor complejidad presenta.

##### **10.1.1.1 LITORAL GAS**

El primer tendido de Litoral Gas, que alimenta la planta de COFCO, se desarrolla comenzando por la calle Brigadier López en sentido sur-norte y avanzando hasta planta COFCO entre calles Maestra Leonilda y Eva Duarte. La cañería es para alta presión: 8 pulgadas para 25 bares. La misma se encuentra a 1,9 metros de profundidad y a 7,5 metros al oeste del límite municipal este. Este servicio no interfiere en el ramal ferroviario proyectado.

El segundo tendido de Litoral Gas, que alimenta la planta de Renova, se desarrolla por calle Darwin en sentido oeste-este hasta planta Renova. La cañería es para alta presión: 10 pulgadas para 25 bares. El trayecto se encuentra 10 metros al sur del límite municipal norte. La profundidad de tapada es de 2.8 m. Este servicio no interfiere en el ramal ferroviario proyectado.

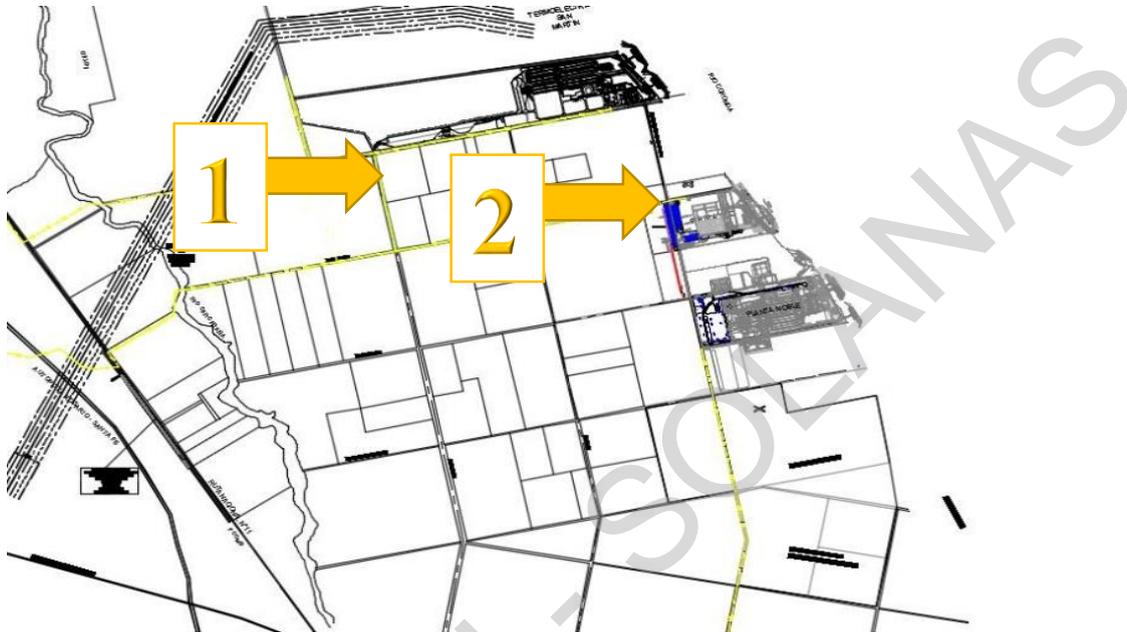
##### **10.1.1.2 PGS S.A**

El primer tendido que administra PGS, que alimenta la Termoeléctrica San Martín, se desarrolla comenzando por calle Siripo Rey en sentido oeste-este, hasta llegar a calle Mangoré. Allí gira al norte por Mangoré y se desarrolla en ese sentido hasta llegar a calle Darwin. Allí gira al oeste por calle Darwin hasta llegar a calle Mangoré (la continuación de Mangoré anterior desfasada al oeste y al norte de calle Darwin). Allí gira y continúa al norte

por Mangoré hasta llegar a los tendidos de alta tensión de Transener y finalmente girar en sentido oeste para llegar a la Termoeléctrica. La cañería es para alta presión: 18 pulgadas para 75 bares. La misma se encuentra a 1,5 metros de profundidad del fondo de cuneta vial izquierda existente (o visto de otra forma, entre 2,2 m y 2,4 metros de profundidad de la cota del eje de calle existente).

Este servicio interfiere en el ramal proyectado.

El segundo tendido que administra PGS, que alimenta a la planta de LDC, se desarrolla comenzando por calle Siripo Rey en sentido oeste-este, hasta llegar a planta LDC, cruzando calle Brigadier López. La cañería es para alta presión: 8 pulgadas para 25 bares. La misma se encuentra a 1,5 metros de profundidad del eje de camino. Este servicio interfiere en el ramal proyectado.



## 10.2 ANEXO II – ESTUDIOS GEOTECNICOS

### 1. Alcance

Este informe preliminar se refiere al estudio de geotécnico realizado para conocer las características del terreno y determinar su capacidad portante para la obra de referencia.

Esta obra consiste en un sector del ramal ferroviario para vincular: el enlace proyectado por el Estado Nacional que nace en el ramal principal F1 del ferrocarril Belgrano, perteneciente a la Empresa Belgrano Cargas y Logística (BCyLSA), con el complejo industrial portuario de Timbúes ubicado sobre la margen del Río Coronda.

**2. Trabajos en el terreno**

De acuerdo a lo establecido por el Comitente y en los lugares por él indicados se ejecutaron 15 perforaciones, cuya ubicación está indicada en el plano esquemático de planta con las designaciones P1 a P15 y 4 calicatas con designaciones CA2 a CA5, las que alcanzaron las siguientes cotas:

<b><u>Perforación</u></b>	<b><u>Cota superficie del terreno (m.)</u></b>	<b><u>Cota fondo perforación (m.)</u></b>	<b><u>Profundidad (m.)</u></b>
P1	+27,16	+21,91	5,25
P2	+27,19	+21,94	5,25
P3	+27,19	+21,94	5,25
P4	+27,13	+21,88	5,25
P5	+27,13	+21,88	5,25
P6	+26,87	+21,62	5,25
P7	+26,66	+21,41	5,25
P8	+26,73	+21,48	5,25
P9	+26,46	+21,21	5,25
P10	+26,53	+21,28	5,25

<u>Perforación</u>	<u>Cota superficie del terreno (m.)</u>	<u>Cota fondo perforación (m.)</u>	<u>Profundidad (m.)</u>
P11	+26,09	+20,84	5,25
P12	+26,78	+21,53	5,25
P13	+26,82	+21,57	5,25
P14	+26,57	+21,32	5,25
P15	+26,92	+21,72	5,20
CA2	+26,97	+25,77	1,20
CA3	+26,72	+25,52	1,20
CA4	+26,22	+25,02	1,20
CA5	+26,72	+25,52	1,20

Todas las cotas fueron suministradas por el Comitente  
En todas las perforaciones se tomaron muestras de

suelos realizando ensayos de penetración con intervalos de aproximadamente un metro. Estos ensayos se realizaron empleando el tomamuestras Terzaghi y el tomamuestras Moretto, siempre con caída de la pesa completamente libre, Los ensayos en los que se empleó el tomamuestras Terzaghi se realizaron de acuerdo a la norma ASTM D1586-11 del ensayo de penetración standard, Cuando se empleó el tomamuestras Moretto, se corrigió la energía del ensayo para tener en cuenta la mayor dimensión de este tomamuestras de modo de tener los mismos resultados que se obtienen con el tomamuestra standard.

Las calicatas se ejecutaron mediante excavación a cielo abierto hasta 1,20 m. de profundidad, con extracción de muestras alteradas y determinaciones de densidad natural. Además se extrajeron muestras grandes para la posterior ejecución de ensayos Proctor y CBR.

**3. Ensayos de laboratorio**

Con las muestras de suelo recuperadas se realizaron las determinaciones necesarias para poder proceder a su clasificación según el Sistema Unificado, a saber: límite líquido, límite plástico y porcentaje de partículas menores que las mallas de los tamices nº 40 y 200, mediante lavado, así como también humedad natural.

Con muestras que no presentan aspecto evidente de alteración y que se consideraron representativas del suelo del lugar, se realizaron ensayos de compresión triaxial, no consolidados, no drenados, tipo escalonado rápido, con determinación de pesos específicos.

Con las muestras extraídas en la calicata se realizaron ensayos de compactación Proctor standard, norma ASTM D698 y ensayos de valor soporte CBR dinámico simplificado basado en la norma ASTM D4429.

**4. Resultados**

Los resultados de los ensayos realizados se presentan en los gráficos de las perforaciones, en los anexos correspondientes y en los valores que se detallan a continuación:

Ensayos de compresión triaxial, no consolidados no drenados realizados con muestra tomadas en ensayos de penetración con tomamuestras Moretto

<u>Muestra</u>	<u>Cota</u> (m)	$\omega$ (%)	$\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	e	$\epsilon_r$ (%)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Cu (kPa)	$\phi_u$ (°)
P1 M2	+26,54	21,1	18,77	15,50	0,69	2,8	50	195	41	24°
						5,8	100	263		
						12,1	200	401		
P1 M3	+25,94	22,0	19,47	15,96	0,64	5,5	50	192	67	12°
						6,1	100	218		
						10,1	200	270		
P2 M2	+26,57	28,3	19,35	15,08	0,74	2,5	50	124	58	2°
						2,9	100	127		
						3,6	200	135		
P3 M3	+25,97	22,6	19,19	15,65	0,67	3,6	50	281	73	22°

**PROYECTO FINAL**

Cattani, Esteban – Solanas Juan



Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica

Muestra	Cota (m)	$\omega$ (%)	$\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	e	$\epsilon_r$ (%)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	$c_u$ (kPa)	$\phi_u$ (°)
P5 M2	+26,51	23,9	19,73	15,93	0,64	5,8	100	339	88	0°
						11,3	200	464		
						4,4	50	176		
P5 M4	+25,11	19,3	19,24	16,12	0,62	4,8	100	176	68	21°
						5,2	200	176		
						3,4	50	256		
P6 M3	+25,65	24,3	18,86	15,17	0,73	5,5	100	308	73	18°
						10,1	200	425		
						4,8	50	243		
P7 M3	+25,44	23,9	19,46	15,71	0,67	7,2	100	296	70	7°
						10,0	200	380		
						5,8	50	174		
P8 M3	+25,51	26,7	19,49	15,39	0,70	6,5	100	183	72	4°
						8,3	200	215		
						5,5	50	160		
P9 M3	+25,24	24,6	19,54	15,68	0,67	6,5	100	167	77	4°
						7,5	200	181		
						5,6	50	173		
P10 M3	+25,31	25,6	19,21	15,30	0,71	6,9	100	180	71	7°
						7,8	200	195		
						4,0	50	180		
P11 M3	+24,87	19,6	19,81	16,56	0,58	4,6	100	187	163	19°
						7,0	200	222		
						3,5	50	498		
P12 M3	+25,56	22,6	19,34	15,78	0,66	5,6	100	556	58	14°
						8,0	200	642		
						4,2	50	182		
P13 M2	+26,20	21,4	19,76	16,28	0,61	6,7	100	219	376	1°
						9,7	200	282		
						5,3	50	768		
P14 M2	+25,95	25,7	19,50	15,52	0,69	5,9	100	771	95	0°
						6,7	200	774		
						3,3	50	190		

<u>Muestra</u>	<u>Cota</u> (m)	$\omega$ (%)	$\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	e	$\epsilon_r$ (%)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	$c_u$ (kPa)	$\phi_u$ (°)
						3,8	100	190		
						4,3	200	190		
P15 M2	+26,30	21,9	19,74	16,19	0,62	6,2	50	391	199	0°
						6,8	100	395		
						7,4	200	400		

$\omega$  : Contenido natural de humedad.

$\gamma_h$  : Peso específico húmedo.

$\gamma_d$  : Peso específico seco.

e : Relación de vacíos.

$\epsilon_r$  : Deformación específica de rotura.

$\sigma_3$  : Presión lateral de confinamiento.

$\sigma_1 - \sigma_3$  : Presión axial adicional de rotura.

$c_u ; \phi_u$  : Parámetros de corte.

## 5. Perfil del terreno

La descripción del perfil del terreno se detalla en los gráficos de las perforaciones, para cada lugar auscultado, donde figuran además los resultados de las determinaciones de plasticidad, granulometría y contenido natural de humedad, así como también los registros de los ensayos de penetración realizados.

En los perfiles geotécnicos se detalla el perfil del terreno y la distribución estratigráfica de los suelos que se encuentran en toda la zona auscultada.

A partir de la superficie y hasta unos 0,30 m. de profundidad, se encuentra suelo superficial limoso, color marrón oscuro o marrón negruzco, de baja plasticidad, con raicillas.

Entre de 0,30 m. y 1,00 m. de profundidad, se encuentra predominantemente arcillas de alta plasticidad (CH) y de consistencia media.

Por debajo de los suelos de alta plasticidad, continúan arcillas de baja plasticidad (CL), y limos de baja plasticidad (ML), de consistencia media o firme en los niveles superiores y firmes o muy firmes en la parte más profunda de los niveles auscultados. En estos suelos se produjo un proceso de infiltración calcárea, con formación de nódulos resistentes y tosquillas.

6. Nivel freático

La napa de agua freática no fue encontrada en las perforaciones realizadas.

7. Conclusiones

De acuerdo al estudio geotécnico realizado se observa que el apoyo de las vías sobre los suelos superficiales implica que el balasto se apoye sobre suelos cohesivos, principalmente arcillas de alta plasticidad (CH) y arcillas de plasticidad media o baja (CL). En algunas zonas estos suelos son de consistencia media, donde tuvimos registros en los ensayos de penetración  $4 < N < 8$ , y en otras zonas de consistencia firme los valores predominan entre  $8 < N < 15$ .

En la parte más profunda de las perforaciones, debajo de los suelos antes descriptos, se encontraron arcillas limosas de plasticidad media o baja (CL) y limos algo arcillosos, también de plasticidad media o baja (ML), de consistencia firme ( $8 < N < 15$ ) o muy firme ( $N > 15$ ), con infiltración calcárea y formación de tosquillas.

En algunas perforaciones (P5, P6, P7, P8 y P10) los suelos cohesivos de consistencia media, es decir, de capacidad portante relativamente baja, se encuentran hasta 2,50 m. de profundidad.

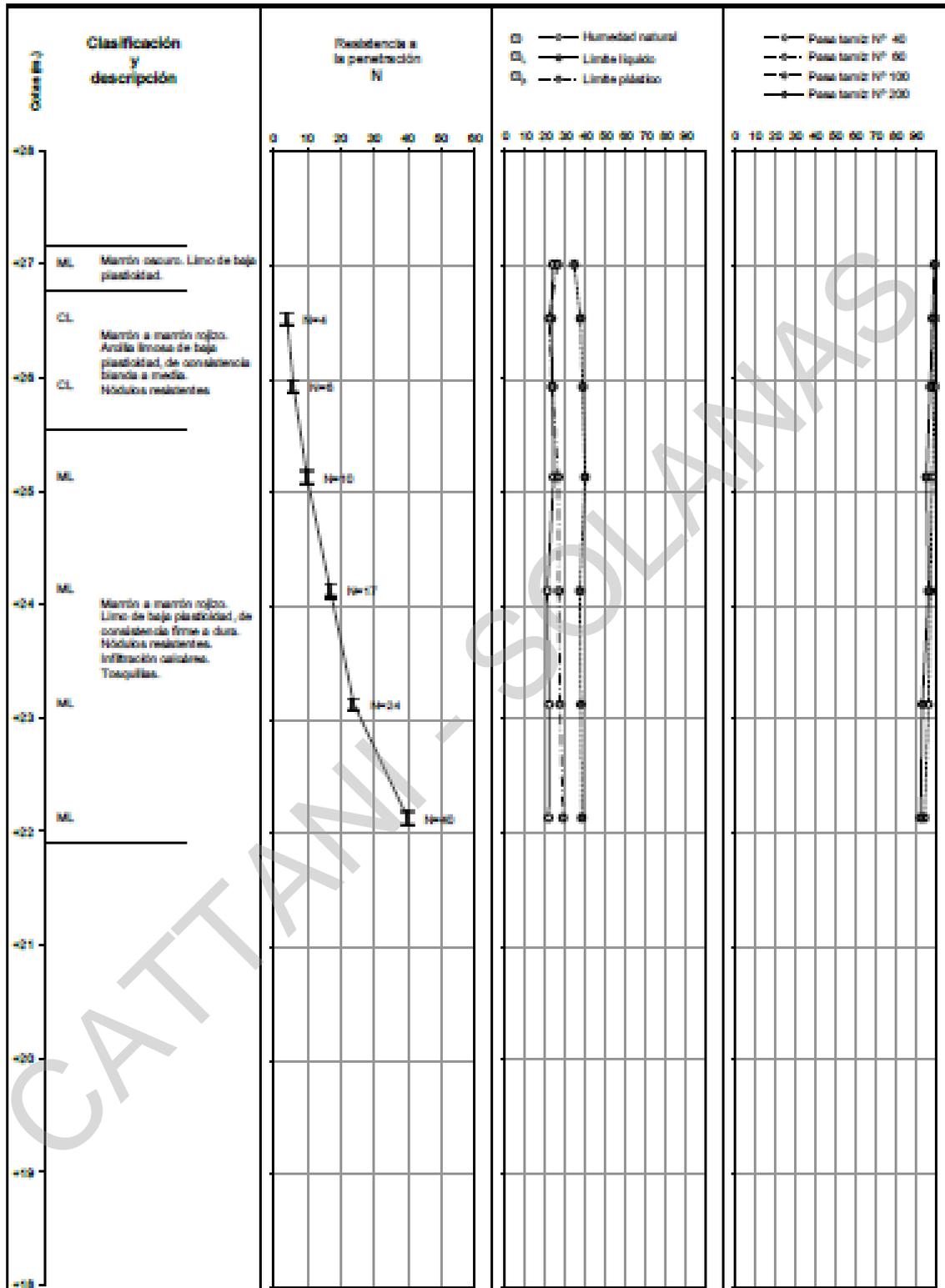
En general, estos suelos no están saturados, pero varias muestras ensayadas en laboratorio están saturadas.

En base a los resultados del estudio realizado se pueden adoptar los siguientes valores de tensiones admisibles del suelo, para cada zona entre perforaciones, que corresponden a bases sobre las que actúan fuerzas estáticas verticales. El proyectista deberá evaluar la influencia de la acción dinámica de acuerdo a las características del proyecto.

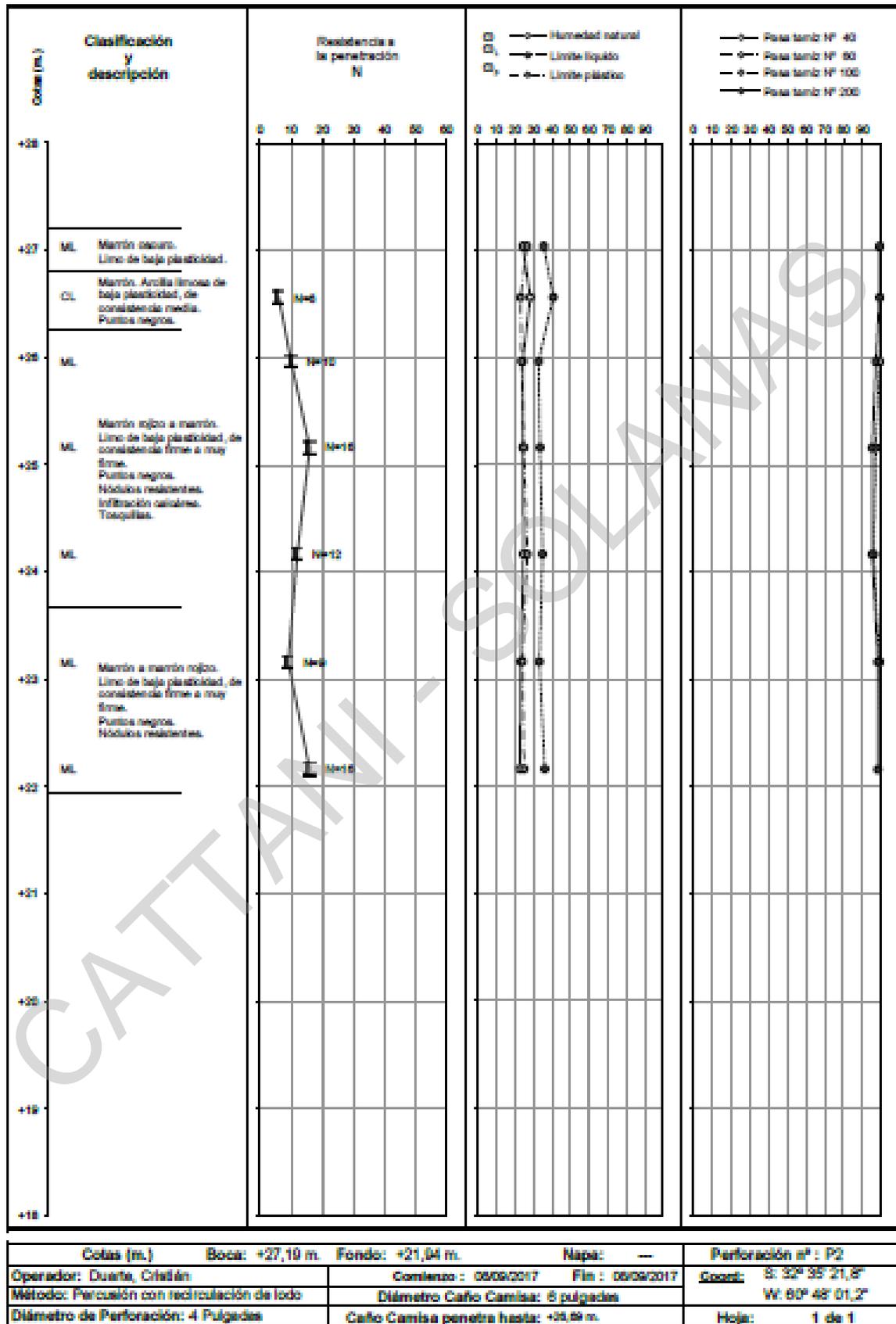
Entre Perforaciones	Entre Profundidades (m)	$\sigma_a$ (kPa)
P1 y P2	0,30 y 1,00	90
	1,00 y 1,80	120
P2 y P4	0,30 y 1,00	130
	1,00 y 2,00	130
P4 y P7	0,30 y 1,00	110
	1,00 y 1,50	110
P7 y P13	0,30 y 1,00	90
	1,00 y 2,50	90
P13 y P15	0,30 y 1,00	110
	1,00 y 1,50	110

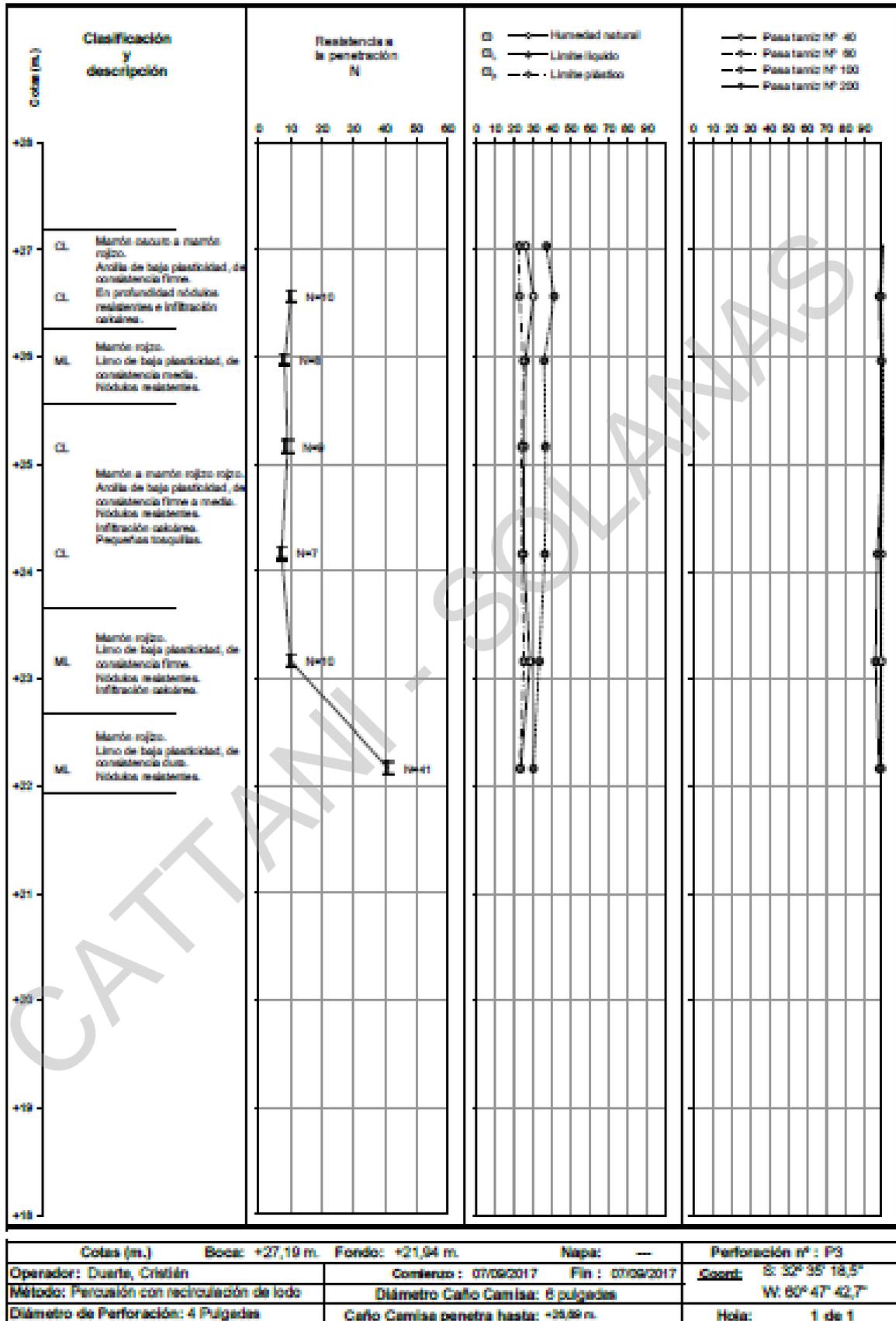
A los efectos de no afectar en algún modo el grado de seguridad y calidad de la fundación es muy importante que el proyecto de desagües asegure un buen funcionamiento de los mismos, evitando así el acumulamiento de agua de lluvias en los costados de las vías y la saturación del suelo de fundación.

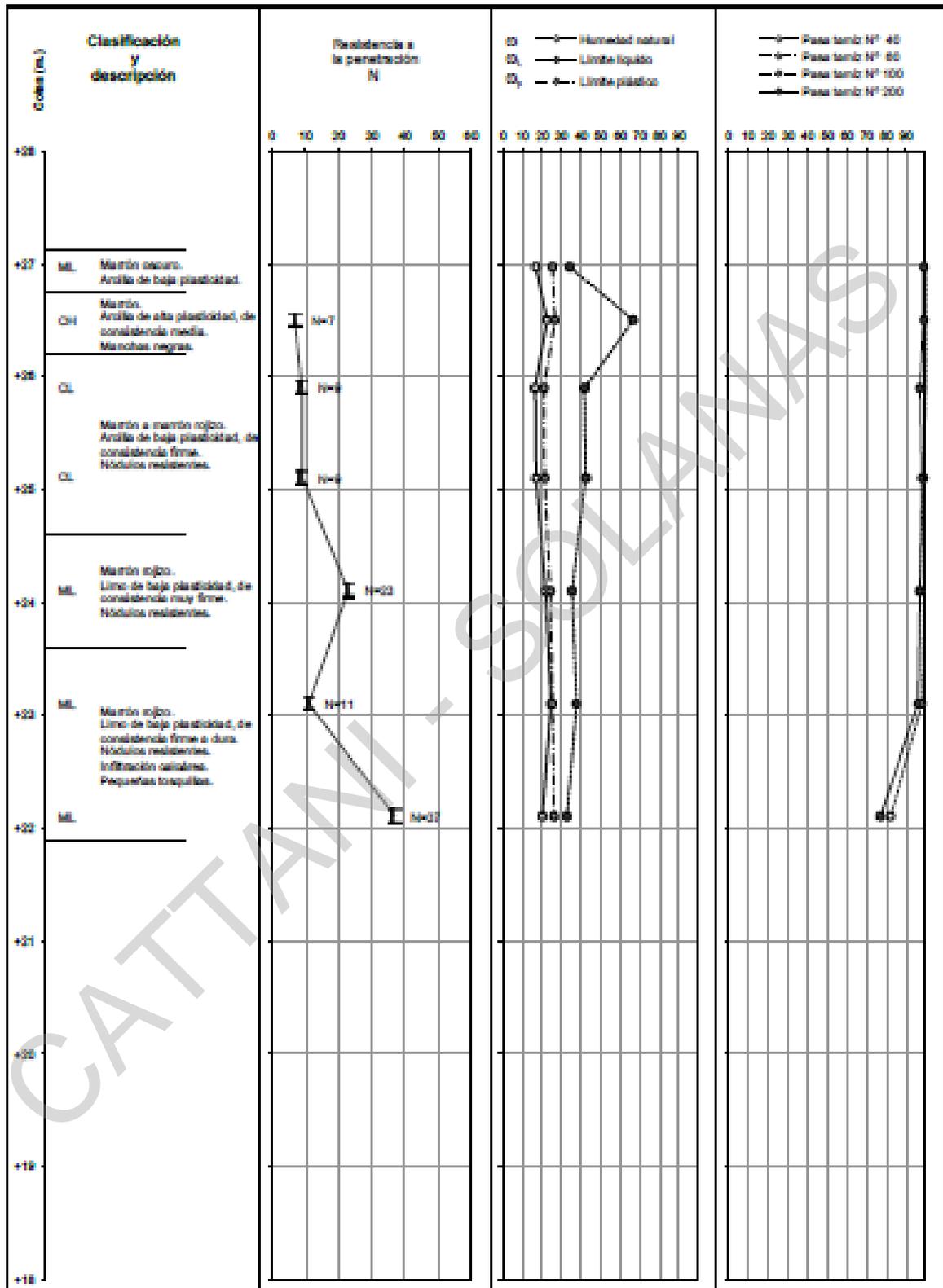
A continuación se muestran **planillas de perforaciones, perfiles geotécnicos y resultados de calicatas** realizadas que acompañan las especificaciones ya mencionadas.



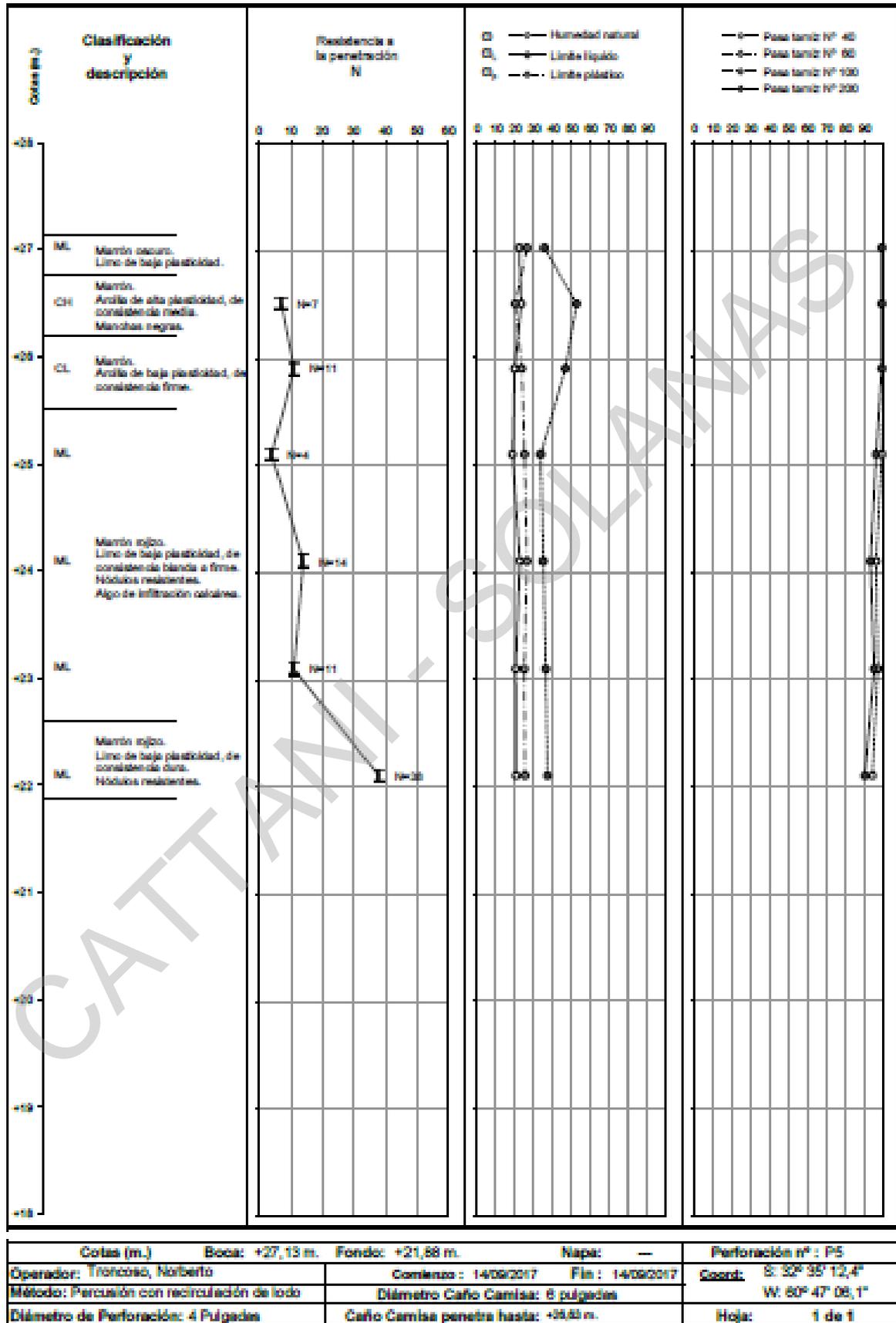
<b>Cotas (m.)</b>	<b>Boca: +27,15 m. Fondo: +21,91 m.</b>	<b>Napa: —</b>	<b>Perforación nº: P1</b>
<b>Operador: Duarte, Cristian</b>	<b>Comienzo: 07/09/2017 Fin: 07/09/2017</b>	<b>Coord: E: 32° 35' 24,3" W: 60° 48' 18,6"</b>	
<b>Método: Percusión con recirculación de lodo</b>	<b>Diámetro Caño Camisa: 8 pulgadas</b>	<b>Hoja: 1 de 1</b>	
<b>Diámetro de Perforación: 4 Pulgadas</b>	<b>Caño Camisa penetra hasta: +25,95 m.</b>		

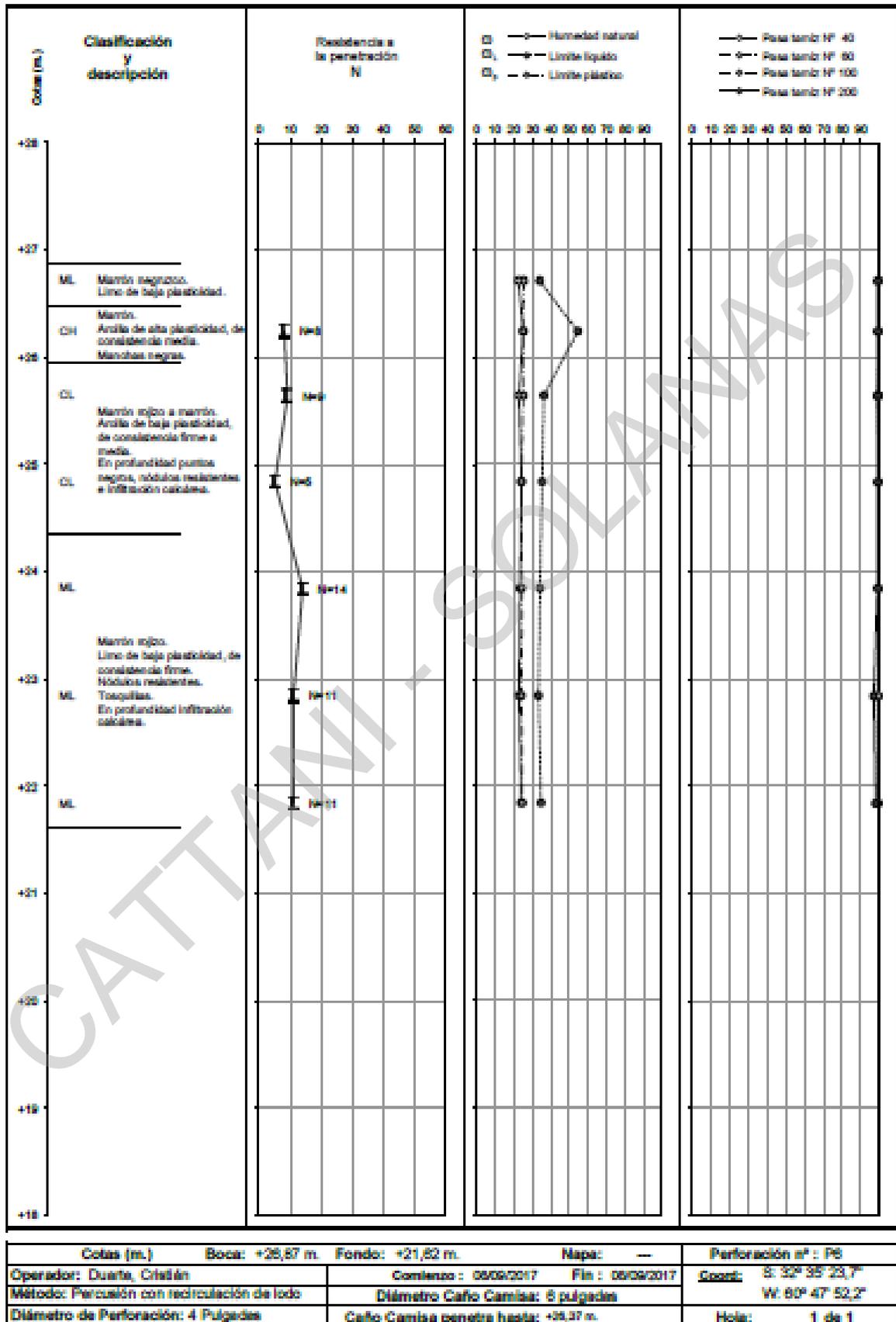






Cotas (m.)	Boca: +27,13 m.	Fondo: +21,88 m.	Napa: —	Perforación nº: P4
Operador: Troncoso, Norberto	Comienzo: 15/09/2017	Fin: 15/09/2017	Coord: S: 32° 36' 15,2"	
Método: Percusión con recirculación de lodo	Diámetro Caño Camisa: 8 pulgadas		W: 60° 47' 24,0"	
Diámetro de Perforación: 4 Pulgadas	Caño Camisa penetra hasta: +21,88 m.		Hoja: 1 de 1	



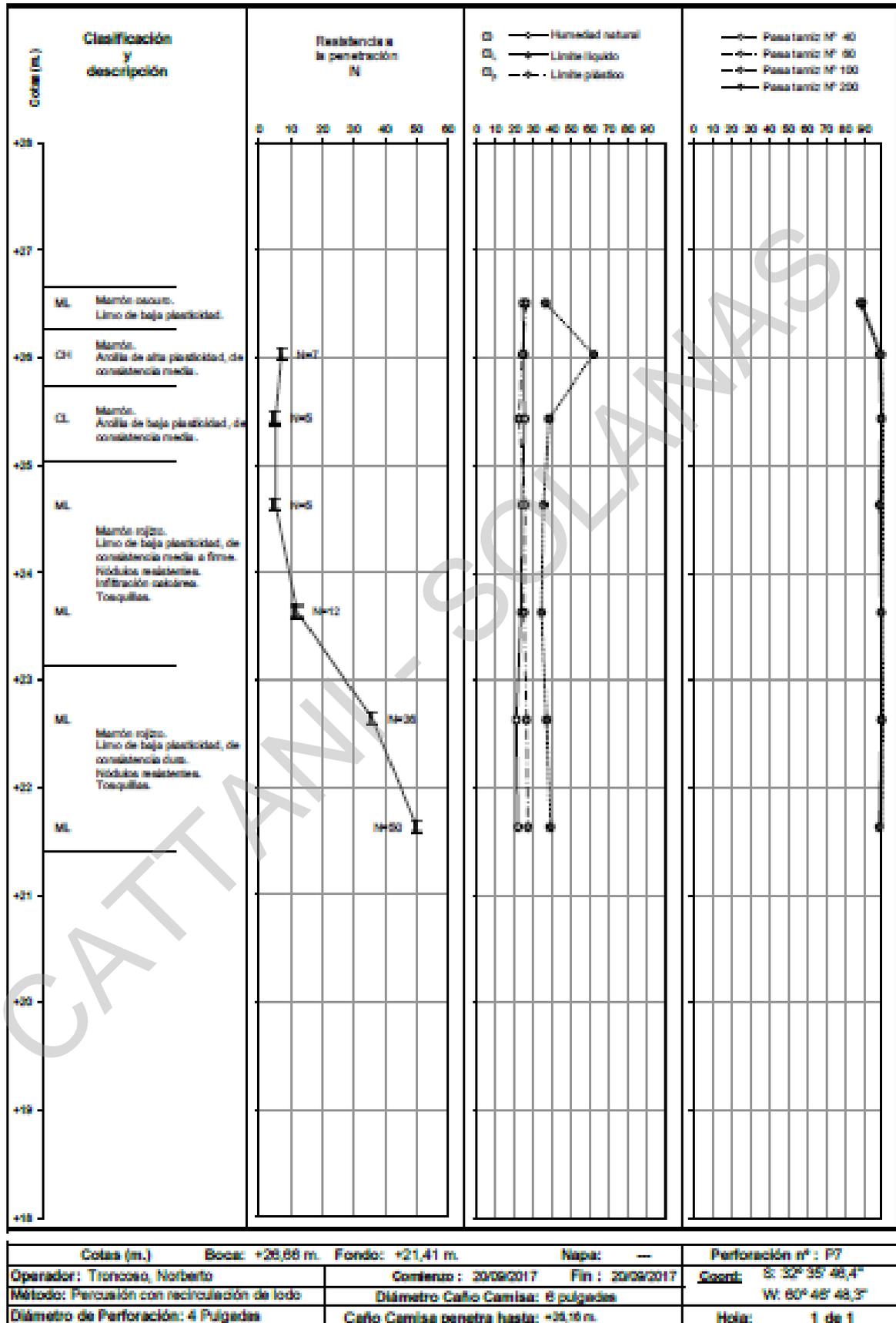


**PROYECTO FINAL**

Cattani, Esteban – Solanas Juan Carlos

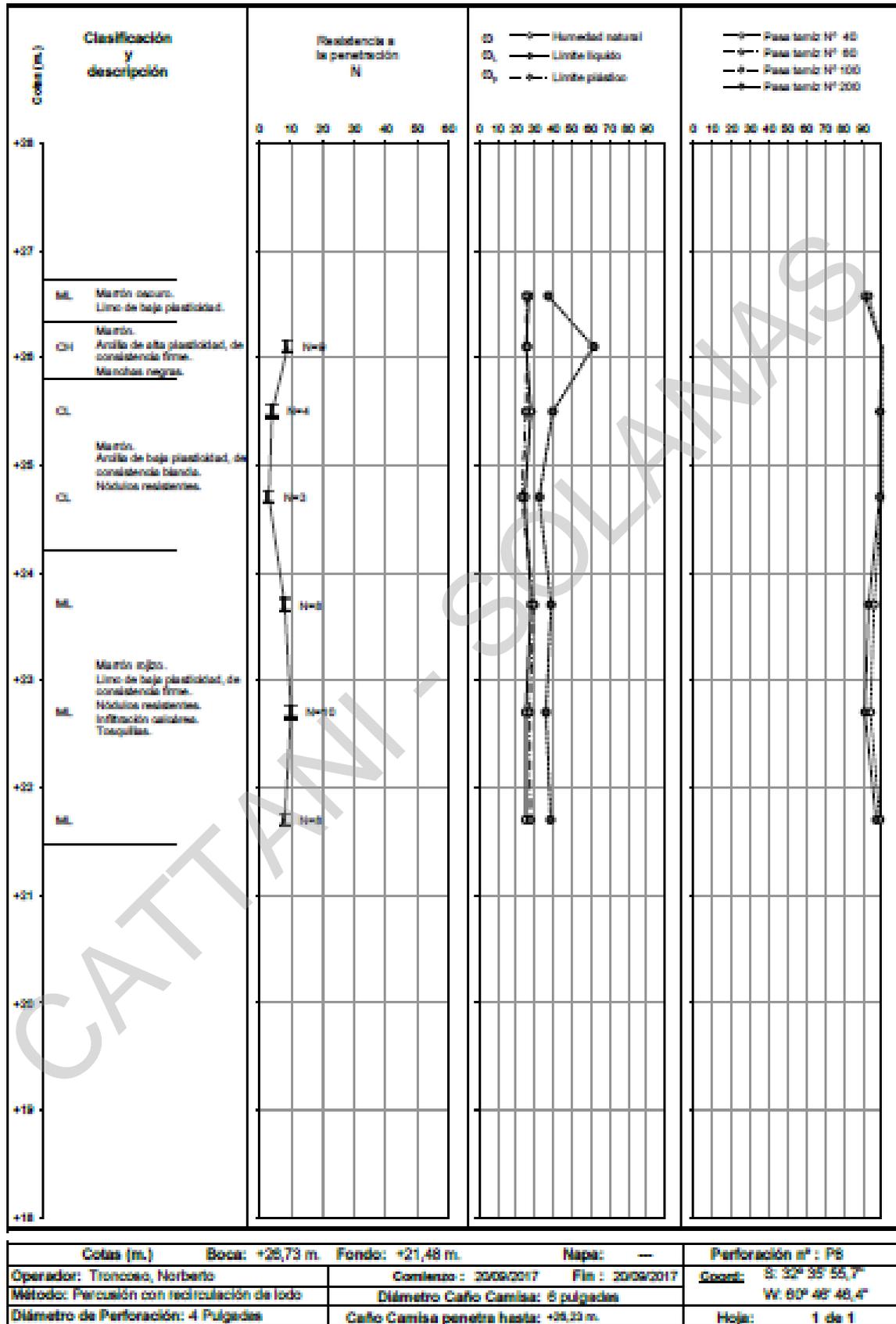


Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica

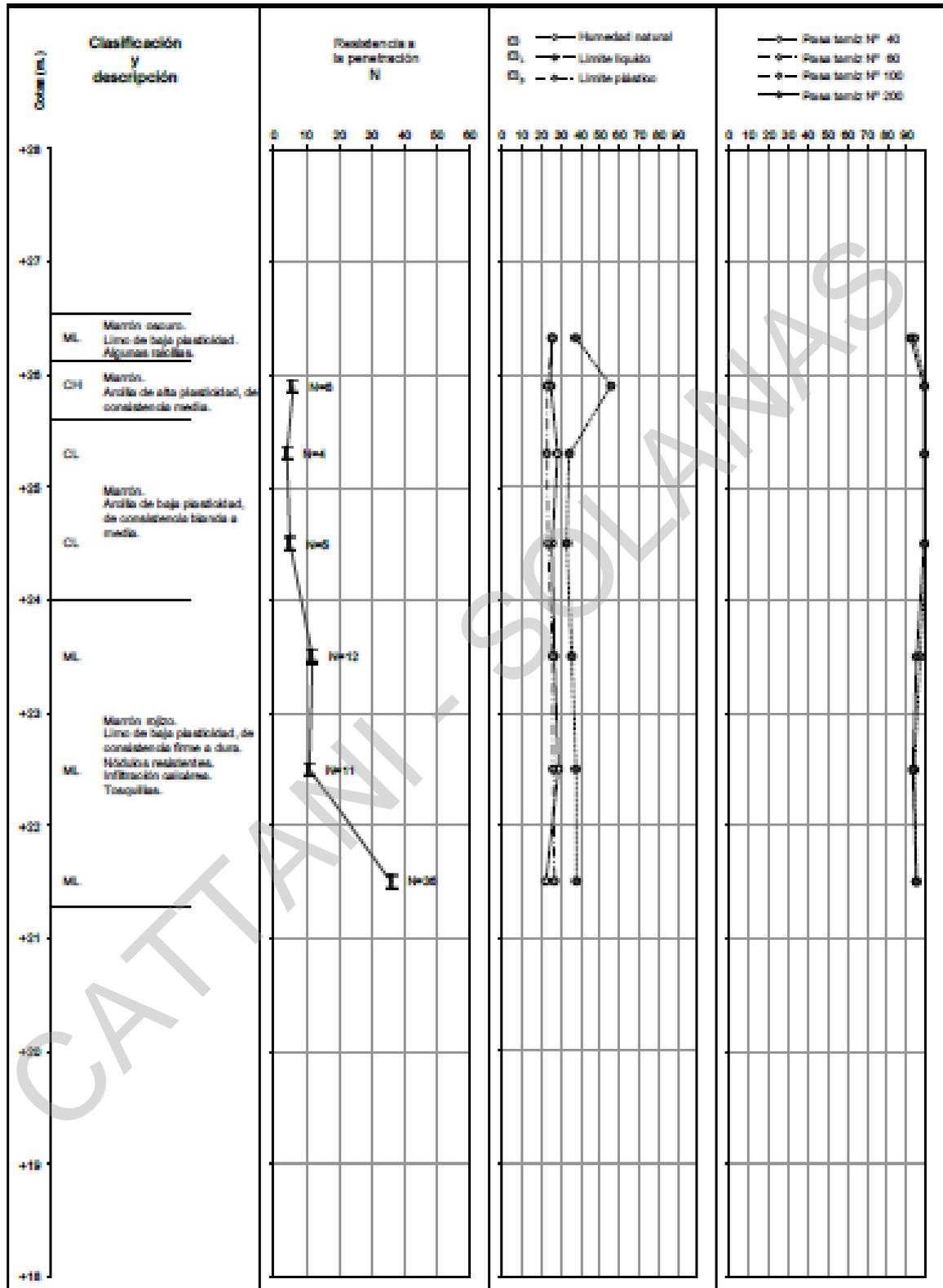


Cattani, Esteban Pascual – Leg: 33740

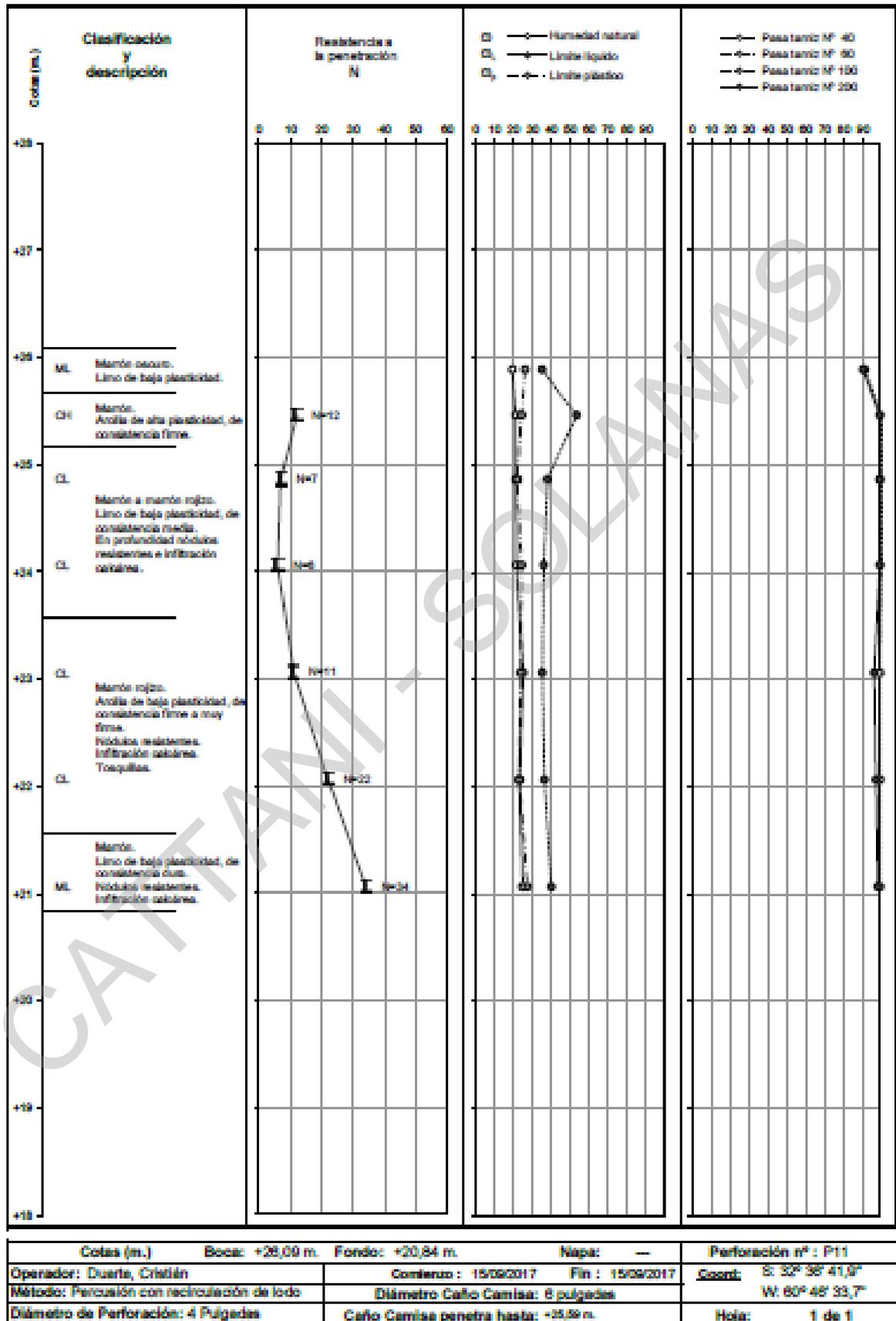
Solanas, Juan Carlos – Leg: 30371

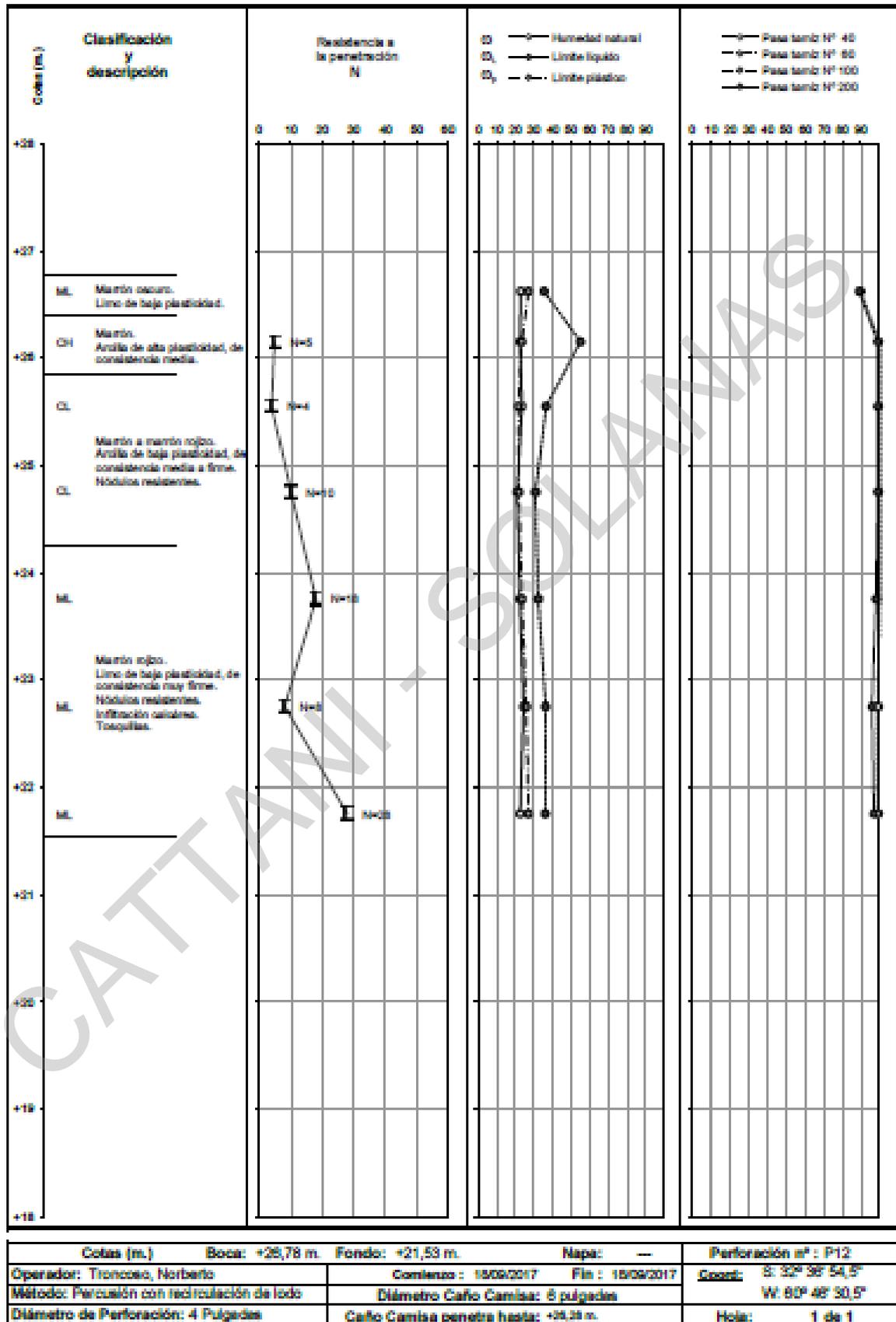


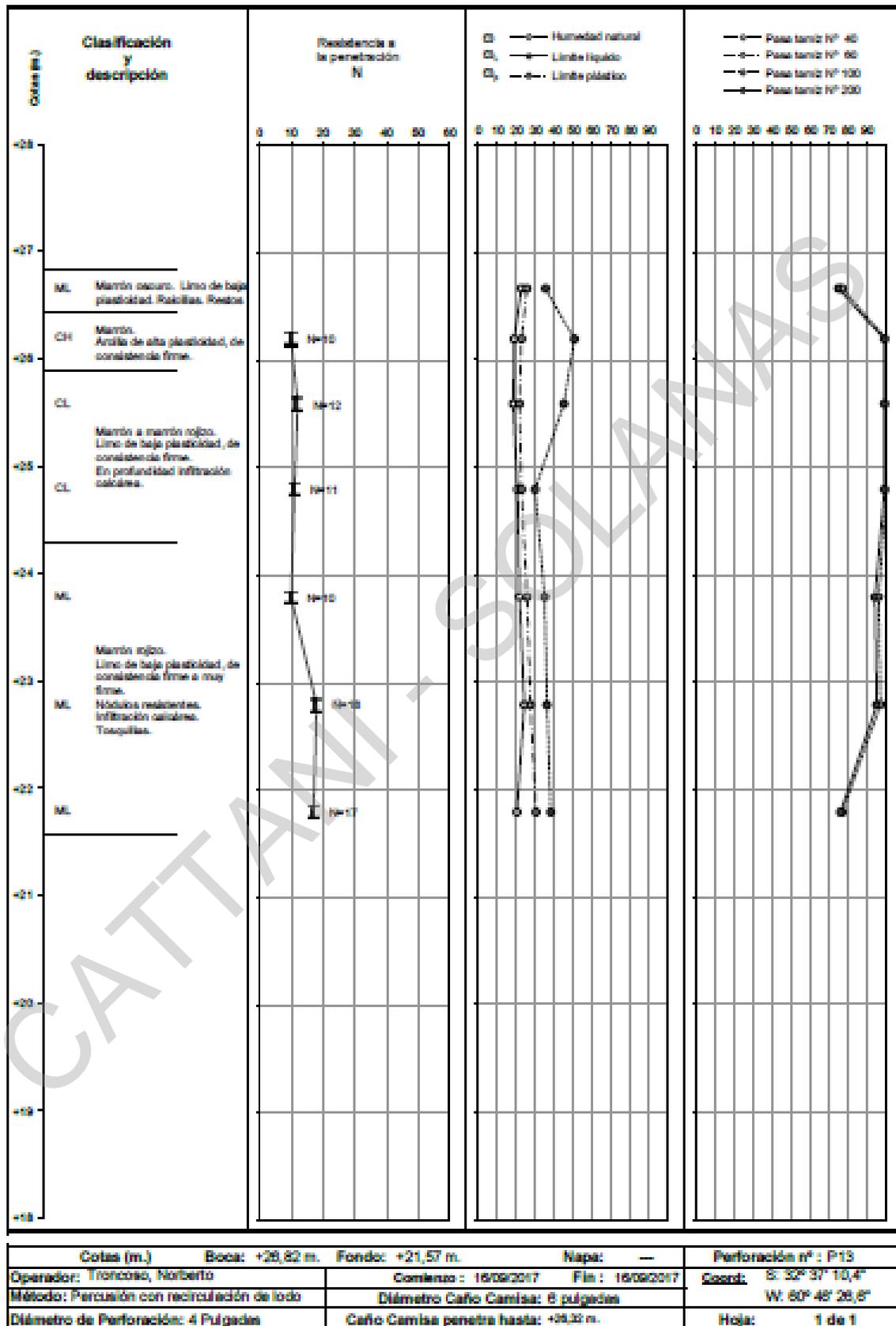




Cotas (m.)	Boca: +28,53 m. Fondo: +21,28 m.	Napa: —	Perforación nº: P10
Operador: Duarte, Cristián	Comienzo: 15/09/2017	Fin: 15/09/2017	Cocor: S: 32° 38' 24,8"
Método: Percusión con recalculación de todo	Diámetro Caño Camisa: 8 pulgadas		W: 60° 48' 37,7"
Diámetro de Perforación: 4 Pulgadas	Caño Camisa penetra hasta: +21,00 m.		Hoja: 1 de 1





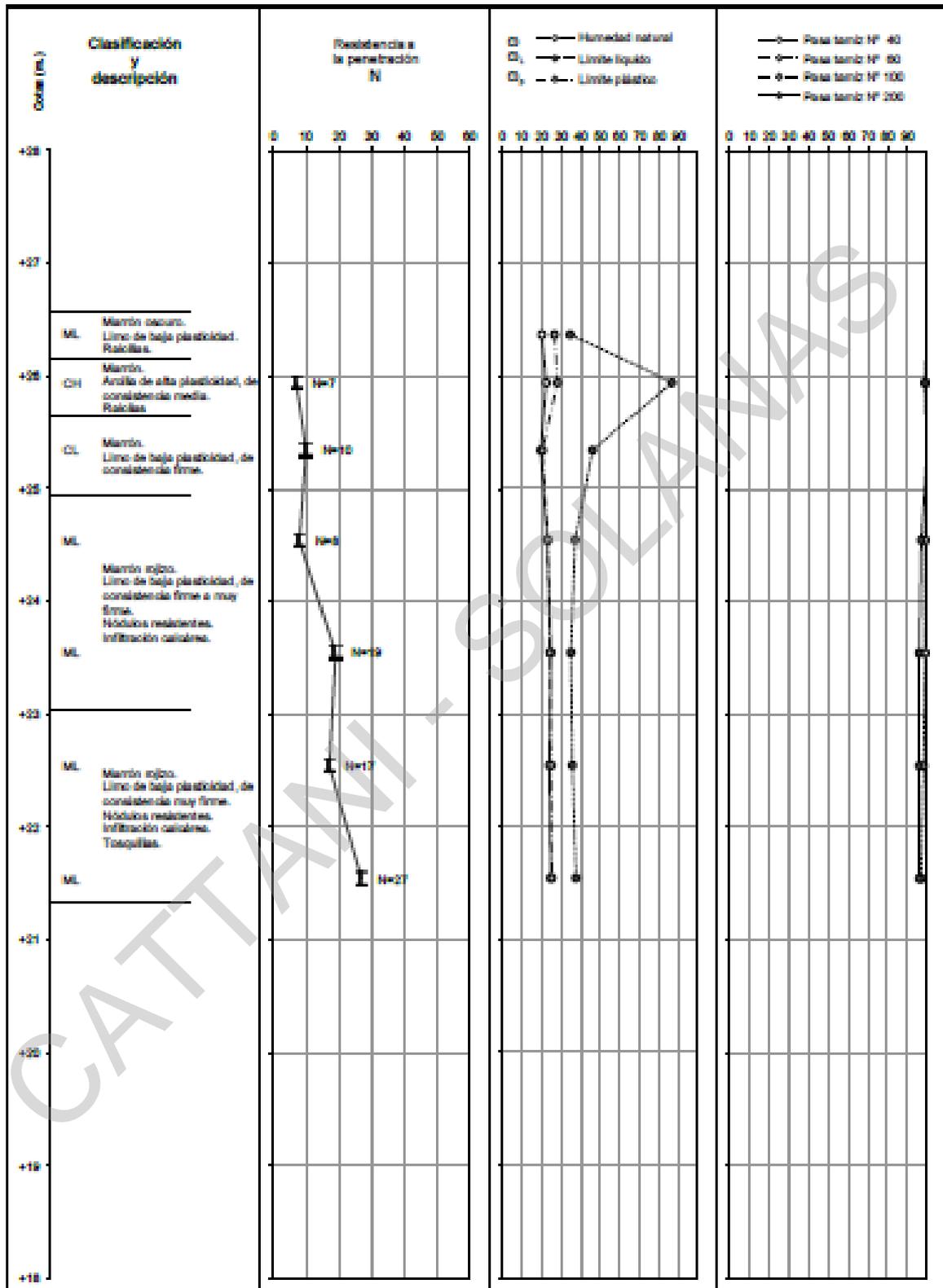


**PROYECTO FINAL**

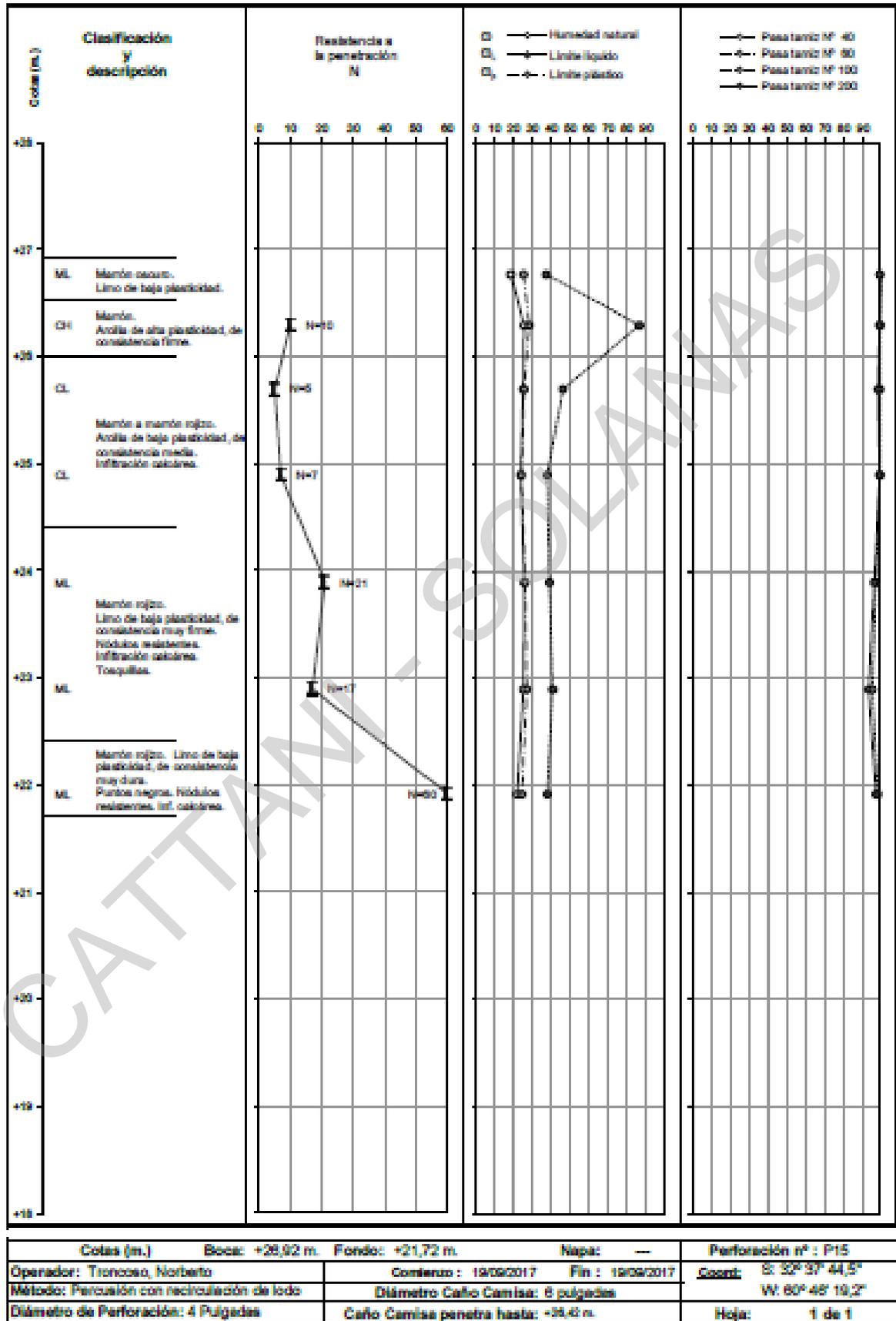
Cattani, Esteban – Solanas Juan Carlos



Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica

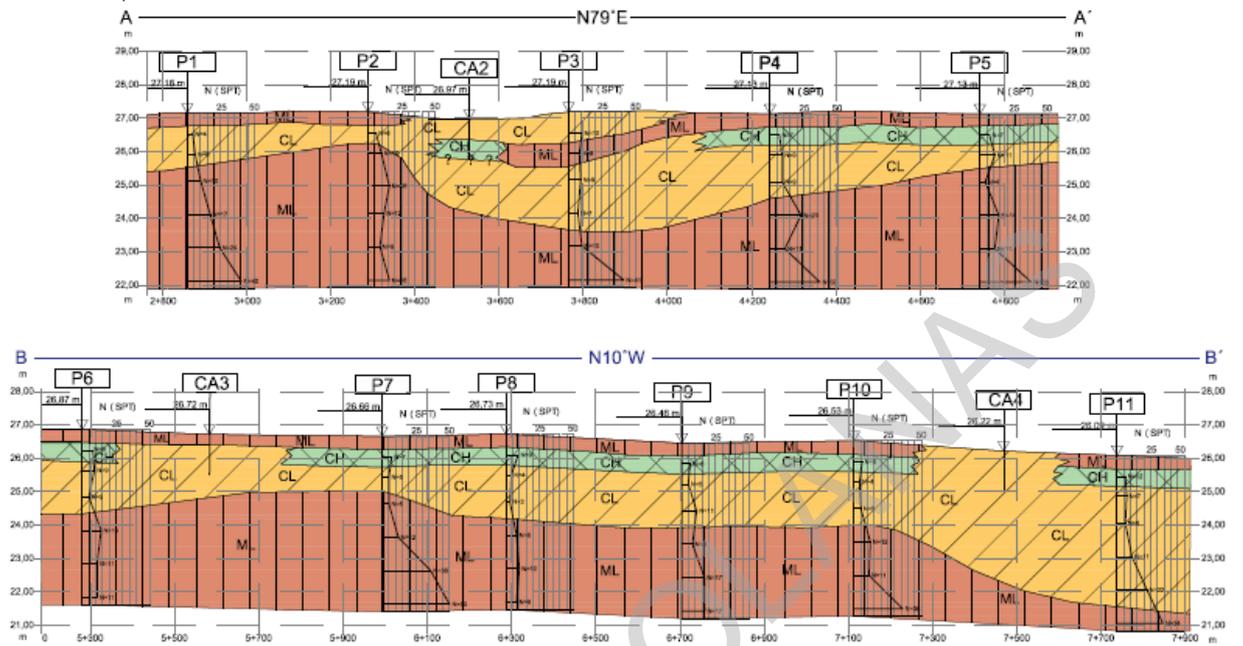


Cotas (m.)	Boca: +28,57 m. Fondo: +21,57 m.	Napa: —	Perforación nº: P14
Operador: Duarte, Cristian	Comienzo: 12/09/2017	Fin: 12/09/2017	Cocci: S: 32° 37' 28,0"
Método: Percusión con recirculación de lodo	Diámetro Caño Cambia: 8 pulgadas		W: 60° 48' 22,4"
Diámetro de Perforación: 4 Pulgadas	Caño Cambia penetra hasta: +21,57 m.		Hoja: 1 de 1



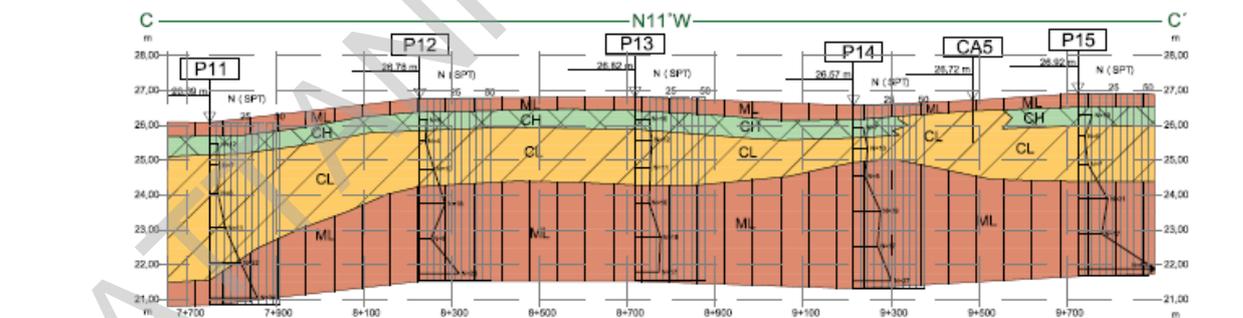
**PERFIL GEOTÉCNICO Hoja 1 / 2**

Escala vertical. 1:100  
 Escala horizontal 1:8000



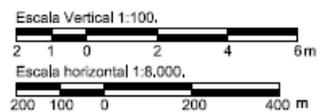
**PERFIL GEOTÉCNICO Hoja 2 / 2**

Escala vertical. 1:100  
 Escala horizontal 1:8000



Legenda:

-  ML: Limo de baja plasticidad,
-  CL: Arcilla de baja plasticidad,
-  CH: Arcilla de alta plasticidad,
-  27,13 m Cota sondeo exploratorio.
-  N ( SPT) Numero de golpes S.P.T.



**PROYECTO FINAL**

**Cattani, Esteban – Solanas Juan Carlos**



*Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica*

<b>TORRES y VERCELLI S.R.L.</b>														
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE MUESTRAS DE CALICATAS														
Comitente : Obra : Acceso Ferroviario al Complejo Industrial Portuario <u>Timbúes</u> Ubicación : <u>Timbúes, Pcia. de Santa Fe</u>														
Calicata: CA2 Cota terreno: +26,97 m. Cota fondo: +25,77 m.			Profundidad: 1,20 m. Nivel freático: --			Fecha ejecución: Coordenadas: S 32° 35' 20,2" W 60° 47' 51,6"								
Muestra	Cota (m.)	Perfil	Humedad, plasticidad y granulometría						$\delta_h$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\delta_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	SUCS	HRB	Descripción	
			w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Pasa #10	Pasa #40						Pasa #200
1	+26,97 /+26,37		24,8	40,5	25,0	15,5	100	100	99	-	-	CL	A-4 (8)	Marrón Negruzco. Arcilla algo <u>limosa</u> de baja plasticidad.
2	+26,37 /+25,77		31,5	56,6	25,8	31,0	100	100	99	1,710	1,336	CH	A-7-6 (20)	Marrón oscuro. Arcilla de alta plasticidad.

<b>TORRES y VERCELLI S.R.L.</b>														
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE MUESTRAS DE CALICATAS														
Comitente : Obra : Acceso Ferroviario al Complejo Industrial Portuario <u>Timbúes</u> Ubicación : <u>Timbúes, Pcia. de Santa Fe</u>														
Calicata: CA3 Cota terreno: +26,72 m. Cota fondo: +25,52 m.			Profundidad: 1,20 m. Nivel freático: --			Fecha ejecución: Coordenadas: S 32° 35' 33,4" W 60° 48' 49,8"								
Muestra	Cota (m.)	Perfil	Humedad, plasticidad y granulometría						$\delta_h$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\delta_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	SUCS	HRB	Descripción	
			w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Pasa #10	Pasa #40						Pasa #200
1	+26,72 /+26,42		21,0	33,6	24,7	8,9	100	100	99	-	-	ML	A-4 (8)	Marrón Negruzco. Arcilla algo <u>limosa</u> de baja plasticidad.
2	+26,42 /+26,12		23,1	46,4	21,0	25,4	100	100	99	-	-	CL	A-7-6 (16)	Marrón oscuro. Arcilla de baja plasticidad.
3	+26,12 /+25,52		22,8	45,6	21,7	23,9	100	100	98	1,816	1,456	CL	A-7-6 (15)	Marrón oscuro. Arcilla de baja plasticidad.

Cattani, Esteban Pascual – Leg: 33740

Solanas, Juan Carlos – Leg: 30371

**PROYECTO FINAL**

Cattani, Esteban – Solanas Juan Carlos

*Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica*

TORRES y VERCELLI S.R.L.														
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE MUESTRAS DE CALICATAS														
Comitente : <b>Obra :</b> Acceso Ferroviario al Complejo Industrial Portuario <u>Timbúes</u> <b>Ubicación :</b> <u>Timbúes</u> , Pcia. de Santa Fe														
Calicata: CA4 Cota terreno: +26,22 m. Cota fondo: +25,02 m.			Profundidad: 1,20 m. Nivel freático: --			Fecha ejecución: Coordinadas: S 32° 36' 33,4" W 60° 46' 35,6"								
Muestra	Cota (m.)	Perfil	Humedad, plasticidad y granulometría							$\delta_n$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\delta_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	SUCS	HRB	Descripción
			w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Pasa #10	Pasa #40	Pasa #200					
1	+26,22 /+25,92		22,3	37,3	23,8	13,5	100	100	99	-	-	CL	A-6 (10)	Marrón oscuro. Arcilla de baja plasticidad. Raicillas.
2	+25,92 /+25,02		24,7	45,0	23,8	21,2	100	100	100	1,807	1,440	CL	A-7-6 (14)	Marrón. Arcilla de baja plasticidad.

Cattani, Esteban Pascual – Leg: 33740

Solanas, Juan Carlos – Leg: 30371

**PROYECTO FINAL**

**Cattani, Esteban – Solanas Juan Carlos**



*Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica*

<b>TORRES y VERCELLI S.R.L.</b>														
<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE MUESTRAS DE CALICATAS</b>														
<p><b>Comitente :</b>  <b>Obra :</b> Acceso Ferroviario al Complejo Industrial Portuario <u>Timbúes</u>  <b>Ubicación :</b> <u>Timbúes</u>, <u>Pcia</u> de Santa Fe</p>														
<p><b>Calicata:</b> CA5  <b>Cota terreno:</b> +26,72 m.  <b>Cota fondo:</b> +25,52 m.</p>			<p><b>Profundidad:</b> 1,20 m.  <b>Nivel freático:</b> --</p>			<p><b>Fecha ejecución:</b>  <b>Coordenadas:</b>                  S 32° 37' 36,6"                  W 60° 48' 20,0"</p>								
Muestra	Cota (m.)	Perfil	Humedad, plasticidad y granulometría							$\delta_h$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\delta_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	SUCS	HRB	Descripción
			w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Pasa #10	Pasa #40	Pasa #200					
1	+26,72 /+26,42		21,4	32,3	24,1	8,2	100	100	99	-	-	ML	A-4 (8)	Marrón oscuro. Limo de baja plasticidad.
2	+26,42 /+25,52		23,5	49,6	23,4	26,2	100	100	99	1,677	1,430	CL	A-7-6 (17)	Marrón. Arcilla de baja plasticidad.

### **10.3 ANEXO III – CALCULO DE TRAZADO DE LA LÍNEA**

En este anexo se presenta la documentación elaborada para el diseño geométrico del ramal proyectado.

El diseño geométrico de la traza se ha realizado respetando las condiciones de diseño, normativas ferroviarias y requerimientos establecidos.

El ramal proyectado tiene inicio en la progresiva de empalme ubicada en km 1+430.62 del ramal proyectado en etapa 1 con inicio en la progresiva Km 125+333 de la línea F1- que se extiende hasta transponer el Río Carcarañá. A partir de este empalme se desarrolla el ramal de proyecto extendiéndose en una longitud de 9,845 km, donde finaliza en un paragolpes.

Desde su inicio y hasta el final, se contempló en el diseño geométrico que a futuro puedan desarrollarse dos vías mixtas paralelas (trocha ancha y angosta) con riel común izquierdo, previéndose como se mencionó para la primera etapa, el proyecto y la construcción de una sola de las vías (vía derecha en el sentido de circulación), en trocha angosta (utilizando durmientes para vía mixta).

En función a ello, para el diseño de las curvas, enlaces entre vías paralelas y otros aspectos del trazado se respetaron pautas de diseño para vías de trocha ancha, entre ellos: radios mínimos admisibles, gálibo mínimo de obras y de material rodante (ancha y angosta), peraltes, etc.

El diseño del ramal presenta siete curvas circulares cuyos radios varían entre 400 y 5000 metros de radio, todas ellas han sido diseñadas con curvas de transición.

Se pasa a detallar las pautas, criterios y cálculos efectuados en el desarrollo de la nueva traza.

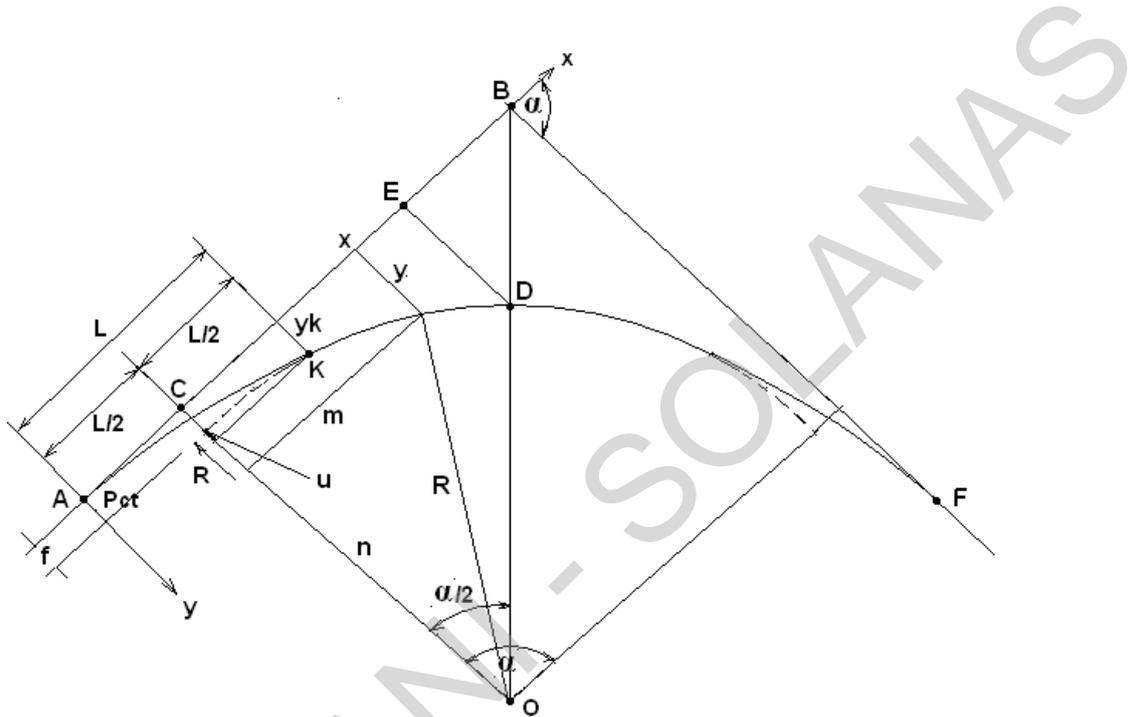
#### **10.3.1 CURVAS HORIZONTALES**

En función de lo establecido en el Pliego Licitatorio, para el diseño de las curvas horizontales se han considerado las prescripciones establecidas en la Norma Técnica de Vía y Obra (NTVO) N°3 “Colocación de la vía, peralte, curvas de transición y enlace”.

La velocidad considerada para el diseño del ramal fue, tal lo establecido en el pliego, de 40 km/h.

**DISEÑO DE CURVAS**

El esquema del diseño de las curvas y las fórmulas utilizadas para su diseño son los siguientes:



**ESQUEMA Nº 1**

TANGENTE DE LA CURVA (AB) =  $L/2 + (R+f) \cdot \text{tg}(\alpha/2)$

$f = L^2 / 24 R$

$Y = X^3 / 6 R L$

$Y_k = L^2 / 6 R$

$Y_c = L^2 / 48 R$

DESARROLLO TOTAL DE LA CURVA,  $ADF = L + 2 \pi R \alpha / 360$

ECUACIÓN DE LA CURVA DE TRANSICIÓN:

- Para  $0 \leq X \leq L$        $Y = X^3 / 6 \cdot R \cdot L$
- Para  $L \leq X = AE$        $Y =$  ecuación de la circunferencia desplazada.
- Para  $X \geq L$        $Y = R + f - (R^2 - (X - L/2)^2)^{1/2}$

Para el diseño de las curvas circulares se consideraron las pautas establecidas en el pliego de licitación que establecía que el proyecto debería realizarse considerando la futura duplicación de vías y su transformación en dos vías mixtas paralelas. En función a esto, los radios de las curvas fueron diseñados considerando el eje del ramal, y por ello los radios resultantes (de diseño de la primera vía que se proyecta) no son números redondos.

La vía de proyecto se ha diseñado considerando un mayor espacio sobre su lado derecho en el sentido de las progresivas crecientes) a los fines de facilitar la instalación de los sistemas de accionamiento de cambios, futuros tendidos de instalaciones, cableados, etc. Bajo este concepto, se ha previsto que la futura vía mixta se instale considerando una entrevía de 4.50 metros.

En el cuadro siguiente se detallan los principales parámetros de las siete curvas diseñadas en el ramal, siendo estos los siguientes:

Curva	Tipo	Longitud /Desarrollo (m)	Radio (m)	Prog. Inicio (Km+m)	Prog. Final (Km+m)	Ángulo (°)
1	Espiral	10,000		0+189.19	0+199.19	179,23405°
	Curva Circular	56,864	5001,762	0+199.19	0+256.06	
	Espiral	10,000		0+256.06	0+266.06	
2	Espiral	15,000		0+460.72	0+475.72	128,50940°
	Curva Circular	342,892	398,238	0+475.72	0+818.61	
	Espiral	15,000		0+818.61	0+833.61	
3	Espiral	15,000		4+458.24	4+473.24	90,07930°
	Curva Circular	610,003	398,238	4+473.24	5+083.24	
	Espiral	15,000		5+083.24	5+098.24	
4	Espiral	10,000		6+000.59	6+010.59	165,09450°
	Curva Circular	198,580	801,762	6+010.59	6+209.17	
	Espiral	10,000		6+209.17	6+219.17	
5	Espiral	10,000		6+270.14	6+280.14	165,09444°
	Curva Circular	197,663	798,238	6+280.14	6+477.80	
	Espiral	10,000		6+477.80	6+487.80	
6	Espiral	10,000		8+873.50	8+883.50	174,98756°
	Curva Circular	77,638	1001,762	8+883.50	8+961.13	
	Espiral	10,000		8+961.13	8+971.13	
7	Espiral	10,000		9+227.43	9+237.43	151,75688°
	Curva Circular	275,035	578,238	9+237.43	9+512.47	
	Espiral	10,000		9+512.47	9+522.47	

La determinación de las longitudes de las curvas espirales y los peraltes se detalla en los cuadros correspondientes al cálculo de cada curva que se presenta a continuación. Como puede apreciarse, la determinación del peralte fue efectuada para la vía de trocha angosta y, además, fue verificada su compatibilidad para la futura vía de trocha ancha (mixta).

CURVA C1						
CALCULOS DE CURVAS CIRCULARES						
TROCHA ANGOSTA			VERIFICACION TRONCHA ANCHA			
		FÓRMULA	LÍMITES		FÓRMULA	LÍMITES
Velocidad mínima (Vmin) - Km/h	20,00			20,00		
Velocidad máxima (VMAX) - Km/h	50,00			50,00		
Radio de curva circular (R) - m	5001,76			5002,10		
Peralte teórico mínimo (ptm)- mm	0,66	$8,3 \cdot \frac{Vmin}{R}$		1,10	$13,8 \cdot \frac{Vmin}{R}$	
Peralte teórico máximo (ptM)- mm	4,15	$8,3 \cdot \frac{VMAX}{R}$		6,90	$13,8 \cdot \frac{VMAX}{R}$	
Constante teórica (Ct)	20,75	$0,0083 \cdot VMAX^2$		34,50	$0,0138 \cdot VMAX^2$	
Constante - valor calculado		$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$			$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$	
	10,38	$\frac{5}{10} \cdot Ct$		17,25	$\frac{5}{10} \cdot Ct$	
Constante (C) - valor de diseño	15,00			20,00		
Peralte de diseño teórico - mm	3,00	$1000 \cdot \frac{C}{R}$		4,00	$1000 \cdot \frac{C}{R}$	
<b>Peralte de diseño adoptado (p) - mm</b>	<b>15,00</b>			<b>25,14</b>		
Insuficiencia de peralte (I) -mm	-10,85	$ptM - p$	90	-18,24	$ptM - p$	150
Exceso de peralte (E) - mm	14,34	$p - ptm$	60	24,04	$p - ptm$	105
<b>CURVA DE TRANSICION</b>						
Longitud de curva adoptada (Lct)	10,00			10,00		
Gradiente de Peralte (Ip)	1,50			2,51	$p/Lc$	$Ip < 180/V$ $v < 60 \text{ km/h} \rightarrow IP < 4 \text{ mm}$

# PROYECTO FINAL

Cattani, Esteban – Solanas Juan Carlos



Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica

CURVA C2	
CALCULOS DE CURVAS CIRCULARES	
TROCHA ANGOSTA	VERIFICACION TRONCHA ANCHA

		FÓRMULA	LÍMITES		FÓRMULA	LÍMITES
Velocidad mínima (Vmin) - Km/h	20,00			20,00		
Velocidad máxima (VMAX) - Km/h	50,00			50,00		
Radio de curva circular (R) - m	398,24			397,90		
Peralte teórico mínimo (ptm)- mm	8,34	$8,3 \cdot \frac{Vmin}{R}$		13,87	$13,8 \cdot \frac{Vmin}{R}$	
Peralte teórico máximo (ptM)- mm	52,10	$8,3 \cdot \frac{VMAX}{R}$		86,71	$13,8 \cdot \frac{VMAX}{R}$	
Constante teórica (Ct)	20,75	$0,0083 \cdot VMAX^2$		34,50	$0,0138 \cdot VMAX^2$	
Constante - valor calculado		$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$			$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$	
	10,38	$\frac{5}{10} \cdot Ct$		17,25	$\frac{5}{10} \cdot Ct$	
Constante (C) - valor de diseño	10,00			20,00		
Peralte de diseño teórico - mm	25,11	$1000 \cdot \frac{C}{R}$		50,26	$1000 \cdot \frac{C}{R}$	
<b>Peralte de diseño adoptado (p) - mm</b>	<b>30,00</b>			<b>50,28</b>		
Insuficiencia de peralte (I) -mm	22,10	$ptM - p$	90	36,43	$ptM - p$	150
Exceso de peralte (E) - mm	21,66	$p - ptm$	60	36,41	$p - ptm$	105

## CURVA DE TRANSICION

Longitud de curva adoptada (Lct)	15,00			15,00		
Gradiente de Peralte (Ip)	2,33			3,91	$p/Lc$	$Ip < 180/V$ $v < 60 \text{ km/h} \rightarrow IP < 4 \text{ mm}$

Cattani, Esteban Pascual – Leg: 33740

Solanas, Juan Carlos – Leg: 30371

**PROYECTO FINAL**

**Cattani, Esteban – Solanas Juan Carlos**



*Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica*

CURVA C3	
CALCULOS DE CURVAS CIRCULARES	
TROCHA ANGOSTA	VERIFICACIÓN TROCHA ANCHA

		FÓRMULA	LÍMITES		FÓRMULA	LÍMITES
Velocidad mínima (Vmin) - Km/h	20,00			20,00		
Velocidad máxima (VMAX) - Km/h	50,00			50,00		
Radio de curva circular (R) - m	398,24			397,90		
Peralte teórico mínimo (ptm)- mm	8,34	$8,3 \cdot \frac{Vmin}{R}$		13,87	$13,8 \cdot \frac{Vmin}{R}$	
Peralte teórico máximo (ptM)- mm	52,10	$8,3 \cdot \frac{VMAX}{R}$		86,71	$13,8 \cdot \frac{VMAX}{R}$	
Constante teórica (Ct)	20,75	$0,0083 \cdot VMAX^2$		34,50	$0,0138 \cdot VMAX^2$	
Constante - valor calculado		$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$			$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$	
	10,38	$\frac{5}{10} \cdot Ct$		17,25	$\frac{5}{10} \cdot Ct$	
Constante (C) - valor de diseño	10,00			20,00		
Peralte de diseño teórico - mm	25,11	$1000 \cdot \frac{C}{R}$		50,26	$1000 \cdot \frac{C}{R}$	
<b>Peralte de diseño adoptado (p) - mm</b>	<b>30,00</b>			<b>50,28</b>		
Insuficiencia de peralte (I) -mm	22,10	$ptM - p$	90	36,43	$ptM - p$	150
Exceso de peralte (E) - mm	21,66		60	36,41		105

**CURVA DE TRANSICION**

Longitud de curva adoptada (Lct)	15,00			15,00		
Gradiente de Peralte (Ip)	2,33			3,91	$p/Lc$	$Ip < 180/V$ $v < 60 \text{ km/h} \rightarrow IP < 4 \text{ mm}$

Cattani, Esteban Pascual – Leg: 33740

Solanas, Juan Carlos – Leg: 30371

**PROYECTO FINAL**

**Cattani, Esteban – Solanas Juan Carlos**



*Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica*

CURVA C4	
CALCULOS DE CURVAS CIRCULARES	
TROCHA ANGOSTA	VERIFICACIÓN TROCHA ANCHA

		FÓRMULA	LÍMITES		FÓRMULA	LÍMITES
Velocidad mínima (Vmin) - Km/h	20,00			20,00		
Velocidad máxima (VMAX) - Km/h	50,00			50,00		
Radio de curva circular (R) - m	801,76			802,10		
Peralte teórico mínimo (ptm)- mm	4,14	$8,3 \cdot \frac{Vmin}{R}$		6,88	$13,8 \cdot \frac{Vmin}{R}$	
Peralte teórico máximo (ptM)- mm	25,88	$8,3 \cdot \frac{VMAX}{R}$		43,01	$13,8 \cdot \frac{VMAX}{R}$	
Constante teórica (Ct)	20,75	$0,0083 \cdot VMAX^2$		34,50	$0,0138 \cdot VMAX^2$	
Constante - valor calculado		$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$			$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$	
	10,38	$\frac{5}{10} \cdot Ct$		17,25	$\frac{5}{10} \cdot Ct$	
Constante (C) - valor de diseño	10,00			20,00		
Peralte de diseño teórico - mm	12,47	$1000 \cdot \frac{C}{R}$		24,93	$1000 \cdot \frac{C}{R}$	
<b>Peralte de diseño adoptado (p) - mm</b>	<b>15,00</b>			<b>25,14</b>		
Insuficiencia de peralte (I) -mm	10,88	$ptM - p$	90	17,87	$ptM - p$	150
Exceso de peralte (E) - mm	10,86		60	18,26		105

**CURVA DE TRANSICION**

Longitud de curva adoptada (Lct)	10,00			10,00		
Gradiente de Peralte (Ip)	2,00			3,35	$p/Lc$	$Ip < 180/V$ $v < 60 \text{ km/h} \rightarrow IP < 4 \text{ mm}$

Cattani, Esteban Pascual – Leg: 33740

Solanas, Juan Carlos – Leg: 30371

**PROYECTO FINAL**

**Cattani, Esteban – Solanas Juan Carlos**



*Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica*

CURVA C5	
CALCULOS DE CURVAS CIRCULARES	
TROCHA ANGOSTA	VERIFICACIÓN TROCHA ANCHA

		FÓRMULA	LÍMITES		FÓRMULA	LÍMITES
Velocidad mínima (Vmin) - Km/h	20,00			20,00		
Velocidad máxima (VMAX) - Km/h	50,00			50,00		
Radio de curva circular (R) - m	798,24			797,90		
Peralte teórico mínimo (ptm)- mm	4,16	$8,3 \cdot \frac{Vmin}{R}$		6,92	$13,8 \cdot \frac{Vmin}{R}$	
Peralte teórico máximo (ptM)- mm	25,99	$8,3 \cdot \frac{VMAX}{R}$		43,24	$13,8 \cdot \frac{VMAX}{R}$	
Constante teórica (Ct)	20,75	$0,0083 \cdot VMAX^2$		34,50	$0,0138 \cdot VMAX^2$	
Constante - valor calculado		$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$			$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$	
	10,38	$\frac{5}{10} \cdot Ct$		17,25	$\frac{5}{10} \cdot Ct$	
Constante (C) - valor de diseño	10,00			20,00		
Peralte de diseño teórico - mm	12,53	$1000 \cdot \frac{C}{R}$		25,07	$1000 \cdot \frac{C}{R}$	
<b>Peralte de diseño adoptado (p) - mm</b>	<b>15,00</b>			<b>25,14</b>		
Insuficiencia de peralte (I) -mm	10,99	$ptM - p$	90	18,10	$ptM - p$	150
Exceso de peralte (E) - mm	10,84	$p - ptm$	60	18,22	$p - ptm$	105

**CURVA DE TRANSICION**

Longitud de curva adoptada (Lct)	10,00			10,00		
Gradiente de Peralte (Ip)	2,00			3,35	$p/Lc$	$Ip < 180/V$ $v < 60 \text{ km/h} \rightarrow IP < 4 \text{ mm}$

Cattani, Esteban Pascual – Leg: 33740

Solanas, Juan Carlos – Leg: 30371

**PROYECTO FINAL**

**Cattani, Esteban – Solanas Juan Carlos**



*Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica*

CURVA C6	
CALCULOS DE CURVAS CIRCULARES	
TROCHA ANGOSTA	VERIFICACIÓN TROCHA ANCHA

		FÓRMULA	LÍMITES		FÓRMULA	LÍMITES
Velocidad mínima (Vmin) - Km/h	20,00			20,00		
Velocidad máxima (VMAX) - Km/h	50,00			50,00		
Radio de curva circular (R) - m	1001,76			1002,10		
Peralte teórico mínimo (ptm)- mm	3,31	$8,3 \cdot \frac{Vmin}{R}$		5,51	$13,8 \cdot \frac{Vmin}{R}$	
Peralte teórico máximo (ptM)- mm	20,71	$8,3 \cdot \frac{VMAX}{R}$		34,43	$13,8 \cdot \frac{VMAX}{R}$	
Constante teórica (Ct)	20,75	$0,0083 \cdot VMAX^2$		34,50	$0,0138 \cdot VMAX^2$	
Constante - valor calculado		$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$			$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$	
	10,38	$\frac{5}{10} \cdot Ct$		17,25	$\frac{5}{10} \cdot Ct$	
Constante (C) - valor de diseño	10,00			15,00		
Peralte de diseño teórico - mm	9,98	$1000 \cdot \frac{C}{R}$		14,97	$1000 \cdot \frac{C}{R}$	
<b>Peralte de diseño adoptado (p) - mm</b>	<b>15,00</b>			<b>25,14</b>		
Insuficiencia de peralte (I) -mm	5,71	$ptM - p$	90	9,29	$ptM - p$	150
Exceso de peralte (E) - mm	11,69	$p - ptm$	60	19,63	$p - ptm$	105

**CURVA DE TRANSICION**

Longitud de curva adoptada (Lct)	10,00			10,00		
Gradiente de Peralte (Ip)	1,50			2,51	$p/Lc$	$Ip < 180/V$ $v < 60 \text{ km/h} \rightarrow IP < 4 \text{ mm}$

Cattani, Esteban Pascual – Leg: 33740

Solanas, Juan Carlos – Leg: 30371

<b>CURVA C7</b>	
<b>CALCULOS DE CURVAS CIRCULARES</b>	
<b>TROCHA ANGOSTA</b>	<b>VERIFICACIÓN TROCHA ANCHA</b>

		<b>FÓRMULA</b>	<b>LÍMITES</b>		<b>FÓRMULA</b>	<b>LÍMITES</b>
Velocidad mínima (Vmin) - Km/h	<b>20,00</b>			<b>20,00</b>		
Velocidad máxima (VMAX) - Km/h	<b>50,00</b>			<b>50,00</b>		
Radio de curva circular (R) - m	<b>578,24</b>			<b>577,90</b>		
Peralte teórico mínimo (ptm)- mm	5,74	$8,3 \cdot \frac{Vmin}{R}$		9,55	$13,8 \cdot \frac{Vmin}{R}$	
Peralte teórico máximo (ptM)- mm	35,88	$8,3 \cdot \frac{VMAX}{R}$		59,70	$13,8 \cdot \frac{VMAX}{R}$	
Constante teórica (Ct)	20,75	$0,0083 \cdot VMAX^2$		34,50	$0,0138 \cdot VMAX^2$	
Constante - valor calculado		$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$			$\frac{6}{10} a \frac{7}{10} \cdot Ct$	
	10,38	$\frac{5}{10} \cdot Ct$		17,25	$\frac{5}{10} \cdot Ct$	
Constante (C) - valor de diseño	10,00			20,00		
Peralte de diseño teórico - mm	17,29	$1000 \cdot \frac{C}{R}$		34,61	$1000 \cdot \frac{C}{R}$	
<b>Peralte de diseño adoptado (p) - mm</b>	<b>20,00</b>			<b>33,52</b>		
Insuficiencia de peralte (I) -mm	15,88	$ptM - p$	90	26,18	$ptM - p$	150
Exceso de peralte (E) - mm	14,26	$p - ptm$	60	23,97	$p - ptm$	105

**CURVA DE TRANSICION**

Longitud de curva adoptada (Lct)	10,00			10,00		
----------------------------------	-------	--	--	-------	--	--

**10.3.2 CURVAS VERTICALES**

El trazado se desarrolla por terrenos llanos con encuentros - cambios de pendientes -entre tramos verticales rectos que resultan inferiores al 5 por mil, los cuales no requieren el desarrollo de curvas verticales. Al respecto, considerando que las aceleraciones verticales máximas establecidas en trenes de velocidad alta son del orden de 0,5 m/s<sup>2</sup>, en este caso se verifica para velocidades de 40 km/h y radios de enlace de 5.000 metros, que la aceleración vertical alcanza a 0.02 m/s<sup>2</sup> (V<sup>2</sup>/12.96 R). Para los cambios de pendientes del trayecto esto implicaría el desarrollo de curvas de enlace con externas del orden de centímetros.

## **10.4 ANEXO IV – ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS**

En el presente informe se presentan el diseño y cálculo hidrológico e hidráulico de los desagües pluviales de la zona de vía y de las cuencas rurales y cunetas viales que intercepta.

### **10.4.1 DISEÑO HIDROLOGICO**

El nivel de diseño hidrológico utilizado es de 50 años de recurrencia

#### **10.4.1.1 METODO RACIONAL**

Para el cálculo de los caudales de diseño dentro de la zona de vía se utilizó el Método Racional, que es corrientemente empleado para el dimensionado de conducciones de desagües pluviales.

El principio del método racional se basa en que, si una lluvia con intensidad  $I$  empieza en forma instantánea y continua en forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración  $T_c$ , en el cual toda la cuenca está aportando al flujo en la salida. Por lo tanto, considera que la tormenta de diseño debe tener una duración igual al tiempo de concentración de cada subcuenca.

El producto de la intensidad de la lluvia  $I$  y el área de la cuenca  $A$  es el caudal de entrada al sistema,  $IA$ , y la relación entre este caudal y el caudal pico  $Q$  el cual ocurre en el tiempo  $T_c$  se conoce como coeficiente de escorrentía  $C$ .

Este principio se expresa en la siguiente ecuación:

$$Q = C * A * I / 360$$

$Q$  : caudal (m<sup>3</sup>/seg.)

$C$  : coeficiente de escorrentía

$A$  : área (has)

$I$  : Intensidad de precipitación (mm/hr)

El área total de la cuenca se subdivide en los nodos de cálculo de acuerdo con los tramos de conducciones definidas.

El coeficiente de escorrentía es el parámetro principal donde se representan las características y condiciones del terreno, del porcentaje de permeabilidad, de las pendientes, de las condiciones de humedad antecedente, la recurrencia de diseño y otras series de factores que, al escoger un valor determinado, significa, que se debe representar a la resultante de la combinación de estas variables.

En zona de vía el coeficiente de escorrentía ponderado utilizado fue de 0,30.

De acuerdo al esquema de red de cada sistema, se considera si el tramo en estudio recibe otro ramal o tramo, pudiendo recibir como máximo hasta tres ramales. Luego se ingresa el tipo de sección contemplada, solicitándose para todos los casos la pendiente del tramo y el ancho de fondo (m), coeficiente de rugosidad y talud.

Para el dimensionado de cunetas y conducciones con los caudales obtenidos por el método racional, se usó la fórmula de Chezy con el parámetro de determinación de pérdidas de Manning.

$$Q = (1/n) * A * R_h^{2/3} * (i)^{0.5}$$

Q : caudal

n : coef. de rugosidad de Manning.

i : pendiente del cauce

A : sección.

R<sub>h</sub>: radio hidráulico

#### **10.4.1.2 PRECIPITACION DE DISEÑO.**

Se utilizaron las relaciones intensidad - frecuencia - duración, derivadas del trabajo “Derivación y parametrización de curvas IDR para Rosario, Casilda y Zavalla (Santa Fe, Argentina)”, 2013 de Pedro A. Basile, Gerardo Riccardi y Hernán Stenta.

En este trabajo las intensidades medias máximas para cada duración y cada recurrencia se determinaron mediante el cociente entre las respectivas láminas. Luego, las curvas IDR derivadas se parametrizaron, para cada R, ajustando ecuaciones del tipo Sherman de tres parámetros

$$I \text{ (mm/hr)} = \alpha / (\beta + D)^\gamma$$

donde  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  son parámetros de ajuste y D es la duración de lluvia expresada en minutos.

Para la ciudad de Rosario los parámetros de ajuste se indican la tabla siguiente,

	<b>R (años)</b>	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	<b>Rango D (mín.)</b>	<b>ERP (%)</b>
Ec. (1)	2	2503.797	22.997	0.889587	5 < D < 2880	6.27
Ec. (2)	5	1849.402	17.280	0.807910	5 < D < 7200	2.92
Ec. (3)	10	2049.965	18.197	0.801054	5 < D < 7200	3.01
Ec. (4)	20	2199.949	18.576	0.794053	5 < D < 7200	3.10
Ec. (5)	50	2299.979	18.120	0.782692	5 < D < 7200	3.38
Ec. (6)	100	2400.000	15.004	0.776693	15 < D < 7200	3.00
Ec. (7)	500	2399.942	17.011	0.753355	60 < D < 7200	2.55
Ec. (8)	1000	2399.963	14.860	0.743670	60 < D < 7200	3.92
Ec. (9)	5000	2400.081	9.774	0.724910	60 < D < 7200	5.15
Ec. (10)	10000	2400.095	8.800	0.717432	60 < D < 7200	4.37

Relación Precipitación – Duración – Recurrencia Rosario, Santa Fe.

**10.4.1.3 TIEMPO DE CONCENTRACION.**

Para la determinación de los tiempos de concentración, se han consideran los tiempos que tarda el excedente superficial en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta la sección de cálculo. Esto se ha evaluado considerando para tal fin que las aguas escurren superficialmente primero en manto dentro de los lotes y luego son concentradas y conducidas a través de las cunetas laterales a las calles.

En función de la capacidad de estas cunetas y las pendientes de estas, y de las distancias que deben conducir los excedentes pluviales, se determinan los tiempos aproximados que demoran los excedentes hasta las descargas.

La velocidad de cálculo para la cuneta ( $V_c$ ) se obtiene considerando las dimensiones y la pendiente longitudinal que surge de conocer el punto de mayor cota (coincidente con el más alejado de la calle considerada) y el de menor cota, y otra velocidad correspondiente al escurrimiento en manto ( $V_m$ ), para calcular el tiempo de concentración total de cada subcuenca.

$$T_c = \frac{L_m}{U_m} + \frac{L_c}{U_c}$$

donde  $L_m$  es la longitud en manto y  $L_c$  la longitud de cuneta de las distintas subcuencas y  $V_m$  y  $V_c$  las velocidades enunciadas en el párrafo anterior.

Para cuencas rurales con pendientes menores al 3 % se utilizó la expresión desarrollada a partir del análisis de la onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas.

$$tc = \frac{441 * \left(\frac{L*n}{1000}\right)^{0.60}}{i^{0.40} * S^{0.30}}$$

Donde:

$t_c$ : es el tiempo de concentración [minutos]

$L$ : es la longitud de escurrimiento [metros]

$n$ : coeficiente de rugosidad de Manning [s/m<sup>1/3</sup>]

$i$ : intensidad de lluvia para dos años de recurrencia [mm/hr]

$S$ : es la pendiente [m/m]

Para el dimensionado de cunetas y conducciones con los caudales obtenidos por el método racional, se usa la fórmula de Chezy con el parámetro de determinación de pérdidas de Manning.

$$Q = \frac{A \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{0.5}}{n}$$

$Q$ : caudal

$n$ : coef. de rugosidad de Manning.

$i$ : pendiente del cauce

$A$ : sección de la cuneta.

$R_h$ : radio hidráulico de la cuneta.

## **10.4.2 DESAGUES LONGITUDINALES**

### **10.4.2.1 Tramo Río Carcarañá – calle Mangoré. Progresivas 0 – 2337,82**

Este tramo tiene pendiente hacia el río Carcarañá del 0,002948 m/m de progresiva 0 a 943 y de 0,002948 m/m de progresiva 943 hasta calle Mangoré.

**PROYECTO FINAL**

Cattani, Esteban – Solanas Juan Carlos

*Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica*

Las cunetas longitudinales se diseñaron con sección trapezoidal de 0,50 metros de base para la cual resultaron tirantes máximos de agua de 0,41 metros para 50 años de recurrencia. Asumiendo una revancha por encima del tirante de cálculo se diseñan las cunetas con una altura de 0,50 metros de alto y talud 1:1.

PROGRESIVA		CALCULO HIDROLOGICO DE CAUDAL					
DESDE	HASTA	Ancho Zona (m)	Área (Ha)	tiempo de traslado (min)	Intensidad (mm /hora)	C	Caudal (m3/s)
<b>2337</b>	2300	15.00	0.06	7.86	179.68	0.30	0.01
2300	2200	15.00	0.21	12.15	159.43	0.30	0.03
2200	2100	15.00	0.36	15.43	147.08	0.30	0.04
2100	2000	15.00	0.51	18.71	136.73	0.30	0.06
2000	1900	15.00	0.66	18.26	138.05	0.30	0.08
1900	1800	15.00	0.81	24.96	120.95	0.30	0.08
1800	1700	15.00	0.96	27.94	114.77	0.30	0.09
1700	1600	15.00	1.11	30.87	109.36	0.30	0.10
1600	1500	15.00	1.26	33.75	104.58	0.30	0.11
1500	1400	15.00	1.41	36.60	100.29	0.30	0.12
1400	1300	15.00	1.56	39.42	96.43	0.30	0.12
1300	1200	15.00	1.71	42.21	92.92	0.30	0.13
1200	1100	15.00	1.86	45.00	89.68	0.30	0.14
1100	1000	15.00	2.01	47.75	86.75	0.30	0.14
1000	<b>943</b>	15.00	2.09	49.29	85.19	0.30	0.15
<b>943</b>	900	15.00	2.16	42.05	93.12	0.30	0.17
900	800	15.00	2.31	44.26	90.52	0.30	0.17
800	700	15.00	2.46	46.41	88.15	0.30	0.18
700	600	15.00	2.61	48.54	85.93	0.30	0.19
600	500	15.00	2.76	50.66	83.86	0.30	0.19
500	400	15.00	2.91	52.86	81.82	0.30	0.20
400	300	15.00	3.06	54.97	79.96	0.30	0.20
300	200	15.00	3.21	57.06	78.22	0.30	0.21
200	100	15.00	3.36	59.13	76.57	0.30	0.21
100	<b>0</b>	15.00	3.51	61.29	74.94	0.30	0.22

PROGRESIVA		CALCULO HIDRAULICO DE VELOCIDAD Y CAUDAL							
DESDE	HASTA	fondo cuneta	LONGITUD	PENDIENTE	TIRANTE (m)	base (m)	Área	Velocidad	Caudal (m3/s)
2337	2300	27.13	37	0.001829	0.06	0.50	0.03	0.22	0.01
2300	2200	26.95	137	0.001829	0.13	0.50	0.08	0.32	0.03
2200	2100	26.76	237	0.001829	0.19	0.50	0.12	0.38	0.04
2100	2000	26.58	337	0.001829	0.22	0.50	0.14	0.41	0.06
2000	1900	26.29	437	0.002948	0.25	0.50	0.17	0.55	0.09
1900	1800	26.10	537	0.001829	0.27	0.50	0.18	0.45	0.08
1800	1700	25.92	637	0.001829	0.29	0.50	0.20	0.46	0.09
1700	1600	25.74	737	0.001829	0.30	0.50	0.21	0.47	0.10
1600	1500	25.55	837	0.001829	0.32	0.50	0.23	0.49	0.11
1500	1400	25.37	937	0.001829	0.33	0.50	0.24	0.49	0.12
1400	1300	25.19	1037	0.001829	0.34	0.50	0.25	0.50	0.13
1300	1200	25.01	1137	0.001829	0.35	0.50	0.26	0.51	0.13
1200	1100	24.82	1237	0.001829	0.36	0.50	0.27	0.52	0.14
1100	1000	24.64	1337	0.001829	0.37	0.50	0.28	0.52	0.14
1000	943	24.58	1394	0.001829	0.38	0.50	0.28	0.52	0.15
943	900	23.45	1437	0.002948	0.35	0.50	0.26	0.65	0.17
900	800	23.26	1537	0.002948	0.36	0.50	0.27	0.65	0.17
800	700	23.08	1637	0.002948	0.37	0.50	0.27	0.66	0.18
700	600	22.90	1737	0.002948	0.38	0.50	0.28	0.66	0.19
600	500	22.71	1837	0.002948	0.38	0.50	0.29	0.67	0.19
500	400	22.53	1937	0.002948	0.39	0.50	0.29	0.67	0.20
400	300	22.35	2037	0.002948	0.39	0.50	0.30	0.68	0.20
300	200	22.17	2137	0.002948	0.40	0.50	0.31	0.68	0.21
200	100	21.98	2237	0.002948	0.41	0.50	0.31	0.69	0.21
100	0	21.80	2337	0.002948	0.41	0.50	0.32	0.69	0.22

**10.4.2.2 Tramo calle Mangoré - calle España. Progresivas 2.365,82 – 3.670,73**

Este tramo tiene pendiente hacia el río Paraná del 0,001197 m/m de progresiva 2395 a 2950 y de 0,000292 m/m de progresiva 2950 hasta 3670, donde descarga hacia avenida Darwin.

Las cunetas longitudinales se diseñaron con sección trapecial de 0,50 metros de base para la cual resultaron tirantes máximos de agua de 0,48 metros para 50 años de recurrencia. Asumiendo una revancha por encima del tirante de cálculo se diseñan las cunetas con una altura de 0,50 metros de alto y talud 1:1.

La suma de caudales de las dos cunetas ferroviarias descarga en la sección calle España hacia la cuneta Sur de Avenida Darwin valores de 0,18 m3/s para 50 años de recurrencia.

**PROYECTO FINAL**

Cattani, Esteban – Solanas Juan Carlos

*Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica*

PROGRESIVA		CALCULO HIDROLOGICO DE CAUDAL					
DESDE	HASTA	Ancho Zona (m)	Área (Ha)	tiempo de traslado (min)	Intensidad (mm /hora)	C	Caudal (m3/s)
<b>2365</b>	2500	15.00	0.20	13.49	154.09	0.30	0.03
2500	2600	15.00	0.35	17.41	140.63	0.30	0.04
2600	2700	15.00	0.50	20.91	130.66	0.30	0.05
2700	2800	15.00	0.65	24.59	121.75	0.30	0.07
2800	2950	15.00	0.88	30.52	109.98	0.30	0.08
2950	3000	15.00	0.95	55.31	79.67	0.30	0.06
3000	3100	15.00	1.10	60.61	75.44	0.30	0.07
3100	3200	15.00	1.25	67.50	70.65	0.30	0.07
3200	3300	15.00	1.40	74.25	66.57	0.30	0.08
3300	3400	15.00	1.55	80.87	63.07	0.30	0.08
3400	3500	15.00	1.70	87.36	60.01	0.30	0.09
3500	3600	15.00	1.85	93.73	57.31	0.30	0.09
3600	<b>3670</b>	15.00	1.96	98.28	55.55	0.30	0.09

PROGRESIVA			CALCULO HIDRAULICO DE VELOCIDAD Y CAUDAL						
DESDE	HASTA	fondo cuneta	LONGITUD	PENDIENTE	TIRANTE (m)	base (m)	Área	Velocidad	Caudal (m3/s)
<b>2365</b>	2500	27.25	135	0.001197	0.14	0.50	0.08	0.26	0.02
2500	2600	27.13	235	0.001197	0.20	0.50	0.13	0.32	0.04
2600	2700	27.01	335	0.001197	0.25	0.50	0.17	0.35	0.06
2700	2800	26.89	435	0.001197	0.28	0.50	0.19	0.37	0.07
2800	2950	26.55	585	0.001197	0.30	0.50	0.21	0.38	0.08
2950	3000	26.54	635	0.000292	0.38	0.50	0.29	0.21	0.06
3000	3100	26.51	735	0.000292	0.42	0.50	0.33	0.22	0.07
3100	3200	26.48	835	0.000292	0.43	0.50	0.34	0.22	0.08
3200	3300	26.45	935	0.000292	0.44	0.50	0.35	0.23	0.08
3300	3400	26.42	1035	0.000292	0.45	0.50	0.36	0.23	0.08
3400	3500	26.39	1135	0.000292	0.46	0.50	0.37	0.23	0.09
3500	3600	26.36	1235	0.000292	0.47	0.50	0.38	0.23	0.09
3600	<b>3670</b>	26.34	1305	0.000292	0.48	0.50	0.39	0.23	0.09

Cattani, Esteban Pascual – Leg: 33740

Solanas, Juan Carlos – Leg: 30371

**10.4.2.3 Tramo calle España – calle Siripo Rey. Progresivas 3.685,78 – 5698.**

Este tramo tiene dos pendientes que convergen en la progresiva 4.900 donde se descarga hacia un futuro canal de derivación hacia el río Paraná. El tramo desde calle España a progresiva 4900 tiene una pendiente del 0,000453 m/m y el tramo desde calle Siripo Rey hacia progresiva 4900 de 0,00043 m/m.

Las cunetas longitudinales se diseñaron con sección trapecial de 0,50 metros de base para la cual resultaron tirantes máximos de agua de 0,48 metros para 50 años de recurrencia. Asumiendo una revancha por encima del tirante de cálculo se diseñan las cunetas con una altura de 0,50 metros de alto y talud 1:1.

PROGRESIVA		CALCULO HIDROLOGICO DE CAUDAL					C	Caudal (m3/s)
DESDE	HASTA	Ancho Zona (m)	Area (Ha)	tiempo de traslado (min)	Intensidad (mm /hora)			
3685	3800	15.00	0.17	15.39	147.23	0.30	0.02	
3800	3900	15.00	0.32	21.60	128.87	0.30	0.03	
3900	4000	15.00	0.47	27.34	115.95	0.30	0.05	
4000	4100	15.00	0.62	33.57	104.87	0.30	0.05	
4100	4200	15.00	0.77	39.02	96.96	0.30	0.06	
4200	4300	15.00	0.92	45.10	89.58	0.30	0.07	
4300	4400	15.00	1.07	51.03	83.50	0.30	0.07	
4400	4500	15.00	1.22	56.22	78.91	0.30	0.08	
4500	4600	15.00	1.37	61.84	74.54	0.30	0.09	
4600	4700	15.00	1.52	66.65	71.20	0.30	0.09	
4700	4800	15.00	1.67	72.72	67.45	0.30	0.09	
4800	4900	15.00	1.82	77.02	65.05	0.30	0.10	
4900	5000	15.00	0.15	14.35	150.90	0.30	0.02	
5000	5100	15.00	0.30	20.92	130.64	0.30	0.03	
5100	5200	15.00	0.45	26.93	116.78	0.30	0.04	
5200	5300	15.00	0.60	32.98	105.81	0.30	0.05	
5300	5400	15.00	0.75	39.98	95.70	0.30	0.06	
5400	5500	15.00	0.90	45.85	88.75	0.30	0.07	
5500	5600	15.00	1.05	50.89	83.64	0.30	0.07	
5600	5698	15.00	1.20	56.30	78.84	0.30	0.08	

PROGRESIVA		fondo cuneta	CALCULO HIDRAULICO DE VELOCIDAD Y CAUDAL					
DESDE	HASTA		LONGITUD	PENDIENTE	TIRANTE (m)	base (m)	Velocidad	Caudal (m3/s)
3685	3800	26.45	115	0.000453	0.18	0.50	0.18	0.02
3800	3900	26.40	215	0.000453	0.25	0.50	0.22	0.04
3900	4000	26.36	315	0.000453	0.30	0.50	0.23	0.05
4000	4100	26.31	415	0.000453	0.32	0.50	0.24	0.06
4100	4200	26.27	515	0.000453	0.35	0.50	0.25	0.06
4200	4300	26.22	615	0.000453	0.36	0.50	0.26	0.07
4300	4400	26.18	715	0.000453	0.37	0.50	0.26	0.07
4400	4500	26.13	815	0.000453	0.39	0.50	0.27	0.08
4500	4600	26.09	915	0.000453	0.40	0.50	0.27	0.08
4600	4700	26.04	1015	0.000453	0.42	0.50	0.27	0.09
4700	4800	26.00	1115	0.000453	0.42	0.50	0.27	0.09
4800	4900	25.90	1215	0.000453	0.44	0.50	0.28	0.10
4900	5000	26.50	100	0.000426	0.18	0.50	0.18	0.02
5000	5100	26.54	200	0.000426	0.25	0.50	0.21	0.03
5100	5200	26.59	300	0.000426	0.30	0.50	0.23	0.05
5200	5300	26.63	400	0.000426	0.33	0.50	0.24	0.06
5300	5400	26.67	500	0.000426	0.33	0.50	0.24	0.06
5400	5500	26.71	600	0.000426	0.35	0.50	0.24	0.06
5500	5600	26.76	700	0.000426	0.38	0.50	0.25	0.07
5600	5698	26.16	798	0.000426	0.40	0.50	0.26	0.08

**10.4.2.4 Tramo calle Siripo Rey – calle Eva Duarte. Progresivas 5718,55 – 6754.**

Este tramo tiene un sector bajo intermedio en progresiva 6360 donde se instalará una alcantarilla transversal para evacuar los excedentes provenientes por los desagües longitudinales de la traza ferroviaria desde calle Siripo y Duarte.

Las cunetas longitudinales se diseñaron con sección trapecial de 0,50 metros de base para la cual resultaron tirantes máximos de agua de 0,39 metros para 50 años de recurrencia. Asumiendo una revancha por encima del tirante de cálculo se diseñan las cunetas con una altura de 0,50 metros de alto y talud 1:1.

La descarga total en la progresiva 6360 de las dos cunetas longitudinales de este tramo resulta en 0,22 m3/s.

PROGRESIVA		fondo cuneta	CALCULO HIDROLOGICO DE CAUDAL					
DESDE	HASTA		Ancho Zona (m)	Area (Ha)	tiempo de traslado (min)	Intensidad (mm /hora)	C	Caudal (m3/s)
<b>5718</b>		<b>26.21</b>	15.00	0.00	5.00	196.85	0.30	0.00
5800	5900	26.18	15.00	0.12	13.71	153.26	0.30	0.02
5900	6000	26.15	15.00	0.27	21.53	129.05	0.30	0.03
6000	6100	26.12	15.00	0.42	28.53	113.64	0.30	0.04
6100	6200	26.09	15.00	0.57	36.39	100.59	0.30	0.05
6200	6300	26.05	15.00	0.72	41.97	93.21	0.30	0.06
6300		26.02	15.00	0.87	48.03	86.46	0.30	0.06
<b>6360</b>		<b>26.00</b>						
6400	6500	26.07	15.00	0.53	28.71	113.29	0.30	0.05
6500	6600	26.12	15.00	0.38	23.52	124.20	0.30	0.04
6600	6700	26.17	15.00	0.23	17.48	140.40	0.30	0.03
6700	<b>6754</b>	<b>26.20</b>	15.00	0.08	10.04	168.70	0.30	0.01

PROGRESIVA		fondo cuneta	CALCULO HIDRAULICO DE VELOCIDAD Y CAUDAL						
DESDE	HASTA		LONGITUD	PENDIENTE	TIRANTE (m)	base (m)	Area	Velocidad	Caudal (m3/s)
<b>5718</b>		<b>26.21</b>		0.000327	0.05	0.50	0.03	0.08	0.00
5800	5900	26.18	82	0.000327	0.18	0.50	0.11	0.16	0.02
5900	6000	26.15	182	0.000327	0.25	0.50	0.17	0.18	0.03
6000	6100	26.12	282	0.000327	0.30	0.50	0.21	0.20	0.04
6100	6200	26.09	382	0.000327	0.31	0.50	0.22	0.20	0.04
6200	6300	26.05	482	0.000327	0.36	0.50	0.27	0.22	0.06
6300		26.02	582	0.000327	0.39	0.50	0.30	0.23	0.07
<b>6360</b>		<b>26.00</b>							
6400	6500	26.07	354	0.000508	0.30	0.50	0.21	0.25	0.05
6500	6600	26.12	254	0.000508	0.25	0.50	0.17	0.23	0.04
6600	6700	26.17	154	0.000508	0.20	0.50	0.13	0.21	0.03
6700	<b>6754</b>	<b>26.20</b>	54	0.000508	0.15	0.50	0.09	0.18	0.02

**10.4.2.5 Tramo calle Eva Duarte - calle Maestra Leonilda. Progresivas 6796 - 7821.**

Este tramo dos pendientes hacia la progresiva 7400 donde se encuentra el sector más bajo del terreno. La pendiente desde calle Duarte es del 0,000745 m/m y desde calle Leonilda es de 0,001306 m/m.

Ambas descargas se unifican hacia el río Paraná a través del bajo existente hacia el préstamo de la avenida Brigadier López.

**PROYECTO FINAL**

Cattani, Esteban – Solanas Juan Carlos

*Proyecto Ferroviario Ramal Timbúes – Memoria Técnica*

Las cunetas longitudinales se diseñaron con sección trapezoidal de 0,50 metros de base para la cual resultaron tirantes máximos de agua de 0,33 metros para 50 años de recurrencia. Asumiendo una revancha por encima del tirante de cálculo se diseñan las cunetas con una altura de 0,50 metros de alto y talud 1:1.

La descarga de las dos cunetas longitudinales de este tramo en progresiva 7400 suman 0,14 m<sup>3</sup>/s.

PROGRESIVA		CALCULO HIDROLOGICO DE CAUDAL					
DESDE	HASTA	Ancho Zona (m)	Área (Ha)	tiempo de traslado (min)	Intensidad (mm /hora)	C	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
6796	6800	15.00	0.01	5.78	191.78	0.30	0.00
6800	6900	15.00	0.16	13.01	155.96	0.30	0.02
6900	7000	15.00	0.31	17.77	139.52	0.30	0.04
7000	7100	15.00	0.46	22.96	125.52	0.30	0.05
7100	7200	15.00	0.61	28.06	114.53	0.30	0.06
7200	7300	15.00	0.76	32.44	106.69	0.30	0.07
7300	7400	15.00	0.91	36.90	99.87	0.30	0.08
7400	7500	15.00	0.63	23.81	123.52	0.30	0.07
7500	7600	15.00	0.48	20.50	131.75	0.30	0.05
7600	7700	15.00	0.33	16.17	144.60	0.30	0.04
7700	7821	15.00	0.18	12.04	159.88	0.30	0.02

PROGRESIVA		fondo cuneta	CALCULO HIDRAULICO DE VELOCIDAD Y CAUDAL					
DESDE	HASTA		LONGITUD	PENDIENTE	TIRANTE (m)	base (m)	Velocidad	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
6796	6800	26.20	4	0.000745	0.03	0.50	0.09	0.00
6800	6900	26.27	104	0.000745	0.15	0.50	0.22	0.02
6900	7000	26.35	204	0.000745	0.23	0.50	0.27	0.04
7000	7100	26.42	304	0.000745	0.26	0.50	0.28	0.05
7100	7200	26.50	404	0.000745	0.28	0.50	0.29	0.06
7200	7300	26.57	504	0.000745	0.31	0.50	0.31	0.07
7300	7400	25.75	604	0.000745	0.33	0.50	0.32	0.08
7400	7500	25.50	421	0.001306	0.26	0.50	0.37	0.07
7500	7600	25.37	321	0.001306	0.22	0.50	0.35	0.05
7600	7700	25.24	221	0.001306	0.20	0.50	0.33	0.04
7700	7821	26.30	121	0.001306	0.15	0.50	0.29	0.03

Cattani, Esteban Pascual – Leg: 33740

Solanas, Juan Carlos – Leg: 30371

**10.4.2.6 Tramo calle Maestra Leonilda – calle René Favaloro. Progresivas 7855 – 8892.**

Este tramo tiene pendiente hacia calle Maestra Leonilda del 0,000231 m/m donde descarga hacia el río Paraná a través de la alcantarilla sobre avenida Brigadier López.

Las cunetas longitudinales se diseñaron con sección trapecial de 0,50 metros de base para la cual resultaron tirantes máximos de agua de 0,46 metros para 50 años de recurrencia. Asumiendo una revancha por encima del tirante de cálculo se diseñan las cunetas con una altura de 0,50 metros de alto y talud 1:1.

La descarga en calle Duarte de las dos cunetas longitudinales de este tramo resulta en 0,16 m<sup>3</sup>/s.

PROGRESIVA		CALCULO HIDROLOGICO DE CAUDAL					
DESDE	HASTA	Ancho Zona (m)	Área (Ha)	tiempo de traslado (min)	Intensidad (mm /hora)	C	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
<b>7855</b>	8000	15.00	1.56	89.38	59.12	0.30	0.08
8000	8100	15.00	1.34	79.16	63.93	0.30	0.07
8100	8200	15.00	1.19	72.27	67.71	0.30	0.07
8200	8300	15.00	1.04	65.11	72.23	0.30	0.06
8300	8400	15.00	0.89	57.03	78.24	0.30	0.06
8400	8500	15.00	0.74	49.86	84.63	0.30	0.05
8500	8600	15.00	0.59	42.21	92.92	0.30	0.05
8600	8700	15.00	0.44	33.96	104.25	0.30	0.04
8700	8800	15.00	0.29	25.73	119.27	0.30	0.03
8800	<b>8892</b>	15.00	0.14	16.21	144.46	0.30	0.02

PROGRESIVA		fondo cuneta	CALCULO HIDRAULICO DE VELOCIDAD Y CAUDAL					
DESDE	HASTA		LONGITUD	PENDIENTE	TIRANTE (m)	base (m)	Velocidad	Caudal (m3/s)
7855	8000	26.00	1037	0.000231	0.46	0.50	0.20	0.08
8000	8100	26.02	892	0.000231	0.44	0.50	0.20	0.07
8100	8200	26.05	792	0.000231	0.42	0.50	0.20	0.06
8200	8300	26.07	692	0.000231	0.40	0.50	0.19	0.06
8300	8400	26.09	592	0.000231	0.39	0.50	0.19	0.06
8400	8500	26.12	492	0.000231	0.36	0.50	0.18	0.05
8500	8600	26.14	392	0.000231	0.33	0.50	0.18	0.04
8600	8700	26.16	292	0.000231	0.30	0.50	0.17	0.04
8700	8800	26.19	192	0.000231	0.25	0.50	0.15	0.03
8800	8892	26.24	92	0.000231	0.19	0.50	0.14	0.02

**10.4.2.7 Tramo calle René Favaloro – calle Castelli. Progresivas 8906 – 9900.**

Este tramo dos pendientes hacia la progresiva 9150 donde se encuentra el sector más bajo del terreno. La pendiente desde calle Favaloro es del 0,001270 m/m y desde calle Castelli es de 0,000293 m/m.

Ambas descargas se unifican hacia el río Paraná a través del bajo existente hacia el préstamo de la avenida Brigadier López.

Las cunetas longitudinales se diseñaron con sección trapezoidal de 0,50 metros de base para la cual resultaron tirantes máximos de agua de 0,41 metros para 50 años de recurrencia. Asumiendo una revancha por encima del tirante de cálculo se diseñan las cunetas con una altura de 0,50 metros de alto y talud 1:1.

La descarga de las dos cunetas longitudinales de este tramo en progresiva 9150 suman 0,11 m3/s.

PROGRESIVA		CALCULO HIDROLOGICO DE CAUDAL					
DESDE	HASTA	Ancho Zona (m)	Área (Ha)	tiempo de traslado (min)	Intensidad (mm /hora)	C	Caudal (m3/s)
<b>8906</b>	9000	15.00	0.14	10.98	164.40	0.30	0.02
9000	9100	15.00	0.29	15.46	146.98	0.30	0.04
9100	<b>9150</b>	15.00	0.37	17.42	140.60	0.30	0.04
<b>9150</b>	9200	15.00	1.13	62.38	74.14	0.30	0.07
9200	9300	15.00	1.05	59.65	76.17	0.30	0.07
9300	9400	15.00	0.90	52.99	81.70	0.30	0.06
9400	9500	15.00	0.75	46.03	88.56	0.30	0.06
9500	9600	15.00	0.60	38.72	97.35	0.30	0.05
9600	9700	15.00	0.45	30.65	109.74	0.30	0.04
9700	9800	15.00	0.30	24.19	122.67	0.30	0.03
9800	<b>9900</b>	15.00	0.15	15.82	145.76	0.30	0.02

PROGRESIVA		fondo cuneta	CALCULO HIDRAULICO DE VELOCIDAD Y CAUDAL					
DESDE	HASTA		LONGITUD	PENDIENTE	TIRANTE (m)	base (m)	Velocidad	Caudal (m3/s)
<b>8906</b>	9000	26.24	94	0.001270	0.13	0.50	0.26	0.02
9000	9100	26.11	194	0.001270	0.18	0.50	0.31	0.03
9100	<b>9150</b>	<b>25.93</b>	244	0.001270	0.20	0.50	0.33	0.04
<b>9150</b>	9200	25.94	750	0.000293	0.41	0.50	0.22	0.07
9200	9300	25.97	700	0.000293	0.39	0.50	0.21	0.06
9300	9400	26.00	600	0.000293	0.37	0.50	0.21	0.06
9400	9500	26.03	500	0.000293	0.35	0.50	0.20	0.05
9500	9600	26.06	400	0.000293	0.33	0.50	0.20	0.05
9600	9700	26.09	300	0.000293	0.32	0.50	0.19	0.04
9700	9800	26.12	200	0.000293	0.25	0.50	0.17	0.03
9800	<b>9900</b>	26.15	100	0.000293	0.19	0.50	0.15	0.02

## **10.5 ANEXO V – SOLUCIÓN INTERFERENCIAS (GAS)**

En general, la normativa para la resolución de interferencias entre instalaciones de gas e infraestructura ferroviaria está pensada para nuevas instalaciones de servicio de gas que atraviesen ramales ferroviarios existentes. Dicha información se encuentra en norma *NAG 100: Normas argentinas mínimas de seguridad para el transporte y distribución de gas natural y otros gases por cañerías*. En tal situación, se estipula la adopción de un caño camisa que revista el caño mientras atraviesa la zona de vía del ferrocarril.

Sin embargo, la situación de este proyecto es inversa. El servicio de gas es el existente y las nuevas instalaciones a construir son las ferroviarias. Este tipo de casos no se encuadra dentro de la normativa citada y por lo tanto se encuentra dentro de una situación atípica. No es posible revestirlo con un caño camisa, ya que está cumpliendo su función de transporte.

Ante esta situación se debió estudiar, diseñar y calcular una solución que proteja la cañería de gas para soportar el peso del terreno, paquete ferroviario y las formaciones ferroviarias que circularán por encima de la misma.

La solución fue calculada para el conducto de mayor diámetro, correspondiente al del cruce N°1 y se adopta la misma solución para el cruce N°4. El cálculo verifica ambas tapadas.

### **10.5.1 Ubicación**

La ubicación de los caños de gas a proteger es la siguiente:

<b>Cruce N°</b>	<b>Administrador</b>	<b>Diámetro interno [“]</b>	<b>Presión [bar]</b>	<b>Progresiva [km+m]</b>
1	PGS	18	75	2+365,26
4	PGS	8	25	5+704,61

### **10.5.2 Datos del caño y suelo a cubrir**

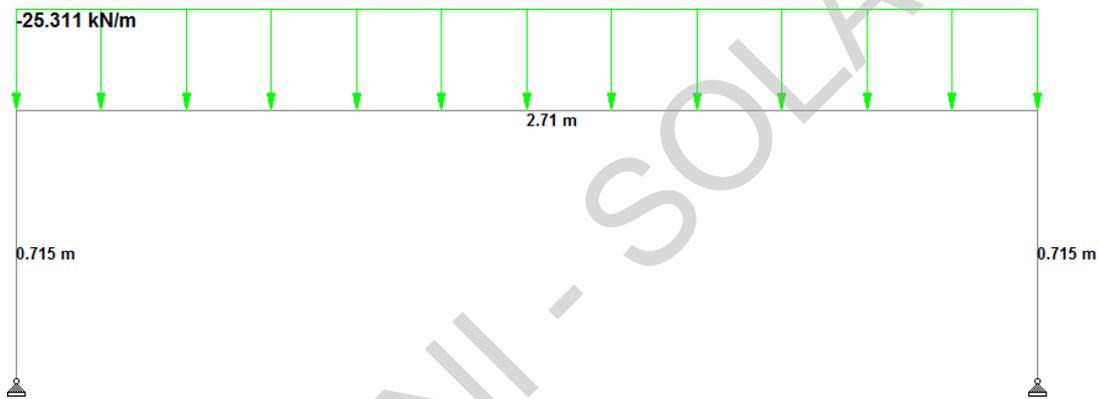
- Ubicación N° 1
- Diámetro interno: 18 pulgadas
- Diámetro externo: 20 pulgadas (asumiendo 1 pulgada de espesor)
- Profundidad: 1,90 metros aproximadamente del terreno natural (verificar en obra)
- Presión: 75 bar
- Carga: 0,444 kg / cm<sup>2</sup>
- Resistencia del suelo: 120 Kpa = 1,22366 kg/cm<sup>2</sup> (según estudio de suelos)

### 10.5.3 Datos del tren tipo y superestructura

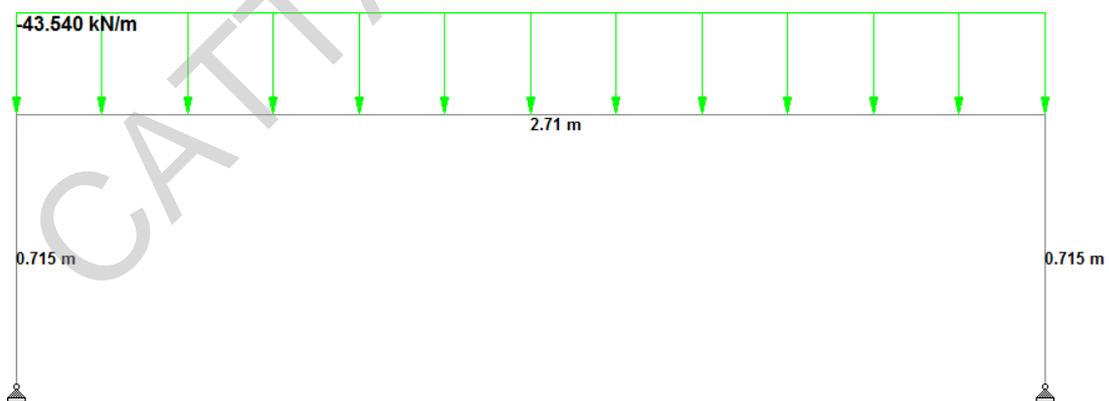
- Peso de locomotora: 150 ton.
- Velocidad: 50 km/h
- Riel: U54 E1
- N° riel: 47 (según Tabla AT1:AX100)
- Tocha: ancha
- Balasto: piedra

### 10.5.4 Diagramas de cargas

Peso muerto:



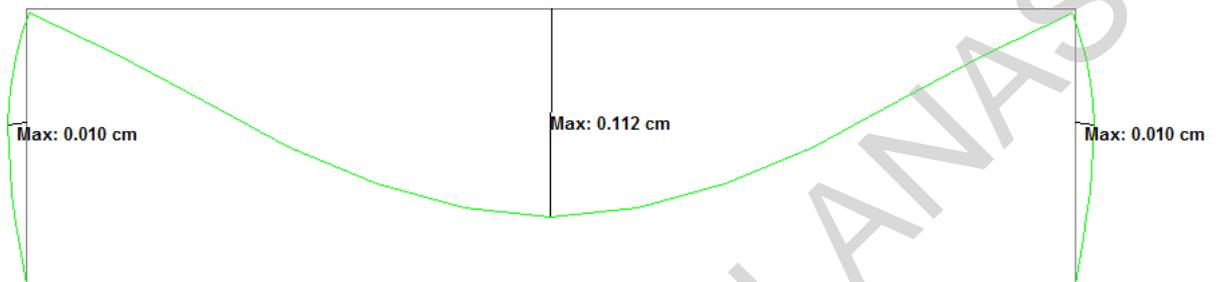
Sobre carga:



### 10.5.5 Diagramas de esfuerzos

Los esfuerzos resultantes de estos diagramas de cargas y sus combinaciones pertinentes fueron obtenidos mediante el programa STAAD.Pro v8i SS6.

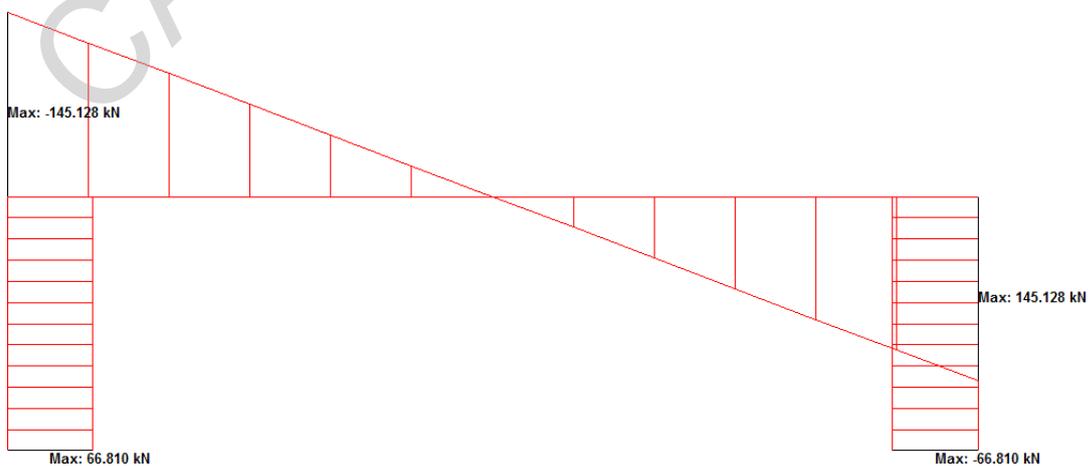
Desplazamiento:



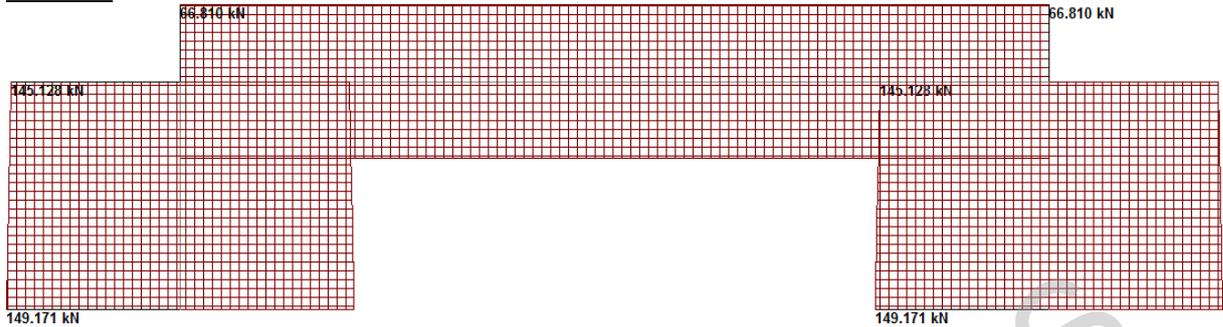
Momento:



Corte:



Normal:



### 10.5.6 Dimensionamiento

Se toma un recubrimiento de 3 cm por ser una estructura en contacto con el terreno.

#### a. Barra 1 y 3 (parantes), h = 30 cm

$$M_U = 47,75 \text{KNm} \rightarrow M_N = \frac{47,75 \text{KNm}}{0,9} = 53,05 \text{KNm} = 0,053 \text{MNm}$$

$$N_U = 149,17 \text{KN} \rightarrow N_N = \frac{149,17 \text{KN}}{0,9} = 165,74 \text{KN} = 0,163 \text{MN}$$

$$M_{eM} = M_N - N_N \cdot y_e = 0,053 \text{MNm} - (-0,165 \text{MN} \cdot 0,07 \text{m}) = 0,064 \text{MNm}$$

$$K_d = d \cdot \sqrt{\frac{b}{M_{eN}}} = 0,17 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,064}} = 0,67 \text{ para H-25 } K_e = 25,21 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$A = k_e \cdot \frac{M_U}{d} - \frac{N_U}{f_s} \cdot 10^4 = 25,21 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} \cdot \frac{0,064 \text{MNm}}{0,17 \text{m}} - \frac{0,165 \text{MN}}{420} \cdot 10^4 = 5,60 \text{cm}^2 \rightarrow 1\emptyset 12 / 20$$

Se adopta 1 $\emptyset$ 16/20 para seguir armadura de fundación.

#### b. Barra 2 (travesaño), h = 20 cm

Apoyo

$$\left. \begin{array}{l} M_U = 47,75 \text{KNm} \\ N_U = 66,81 \text{KN} \end{array} \right\} \rightarrow \text{Vale armadura de Barras 1 y 3} \rightarrow 1\emptyset 12 / 20$$

Tramo

$$M_U = 50,56 \text{KNm} \rightarrow M_N = 56,18 \text{KNm} = 0,056 \text{MNm}$$

$$N_U = 66,81 \text{KN} \rightarrow N_N = 74,23 \text{KN} = 0,074 \text{MN}$$

$$M_{eM} = M_N - N_N \cdot y_e = 0,056 \text{MNm} - (-0,074 \text{MN} \cdot 0,07 \text{m}) = 0,06 \text{MNm}$$

$$K_d = 0,17 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,06}} = 0,69 \rightarrow Ke = 25,21 \frac{cm^2}{MN}$$

$$A = 25,21 \cdot \frac{0,056}{0,17} - \frac{0,074}{420} \cdot 10^4 = 6,54 cm^2 \rightarrow 1\emptyset 12 / 15$$

**c. Verificación corte**

$$V_{MAX} = 147KN = 0,147MN$$

$$V_n = \frac{V_{MAX}}{0,75} = 0,196MN \rightarrow \tau = \frac{V_n}{b \cdot d} = \frac{0,196MN}{1m \cdot 0,17m} = 1,15MPa$$

$$\tau_{LIM} = \frac{5}{6} \sqrt{f_c} = \frac{5}{6} \sqrt{25MPa} = 4,17MPa$$

} → B.C.

$$V_c = \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot b \cdot d \cdot 10^3 = \frac{5}{6} \cdot 0,20 \cdot 1 \cdot 10^3 = 166KN$$

$$V_s = V_n - V_c \rightarrow \text{No necesita armadura de corte en barra 3}$$

En barra 1 y 2 por construcción se dispone 2\emptyset 8/20 horizontales.

**10.5.7 Fundación**

$$\sigma_r = 120kPa = 120 \frac{KN}{m^2} ; N = 149,2KN ; N_u = \frac{149,65}{0,65} = 229,54$$

De acuerdo con publicación del ACI para diseños simplificados, se puede establecer una relación entre cargas mayoradas y de servicio de  $c = 1,4$ .

$$N_{SERV} = \frac{N_u}{1,4} = \frac{149,2KN}{1,4} = 106,57KN$$

$$Sup = \frac{106,57KN}{120KN/m^2} = 0,895m^2 \rightarrow 90cm \times 100cm$$

**a. Cálculo columna**

$$e = 0,40m$$

$$M_u = 229,54KN \cdot 0,40m = 91,81KNm = 0,092MNm$$

$$N_n = 0,23NM$$

$$\text{para } \frac{d}{h} = \frac{14}{20} = 0,7 \rightarrow \gamma = 0,7$$

$$\left. \begin{aligned} m &= \frac{0,092MNm}{25 \cdot 0,2^2 \cdot 1m} = 0,09 \\ n &= \frac{0,23MN}{25 \cdot 0,2 \cdot 1m} = 0,046 \end{aligned} \right\} \rho = 0,01$$

$$A = \rho \cdot b \cdot d = 0,01 \cdot 20cm \cdot 100cm = 20 \frac{cm^2}{m} \rightarrow 1\emptyset 16 / 20 \text{ cada cara}$$

**b. Cálculo solera h = 30 cm**

$$q_u = \frac{149,2KN}{0,70} = 213,85 \frac{KN}{m}$$

$$M_u (\text{a filo}) = \frac{q \cdot l^2}{2} = 52,40KNm$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{52,40KNm}{0,9} = 58KNm = 0,058MNm$$

$$K_d = 0,62 \rightarrow K_e = 25,62$$

$$A = 25,62 \cdot \frac{0,058}{0,15} = 9,90 \frac{cm^2}{m} \rightarrow 1\emptyset 16 / 20$$

**1. Plano de detalles**

La forma, y disposición de las armaduras dimensionadas para cada solución se encuentran en el plano AT-PRO-ING-001 y AT-PRO-ING-002, respectivamente, del presente anexo.

**2. Cómputo de materiales para cada interferencia**

Ítem	Cantidad	Unidad
Hormigón H-25	46	m <sup>3</sup>
Acero	3.517	kg
Arena de relleno	55	m3
Movimiento suelo	176	m <sup>3</sup>

Aclaración: El movimiento de suelo no tiene en cuenta el ya computado por encima del plano de formación.