

“SEGREGACIÓN DE EFLUENTES PLUVIALES EN REFINERÍA REGIONAL LUJÁN DE CUYO”

Autores: Luis M. Magistocchi, Patricia S. Infante y Ariel M. Lerda.
Empresa: Instituto de Hidráulica - Facultad de Ingeniería - UNCuyo.

1. Sinopsis.

El objetivo del presente trabajo es el estudio hidrológico del predio de la Refinería Regional Luján de Cuyo, el diseño de los sistemas de captación, conducción y disposición final de los escurrimientos superficiales que se originan. El desarrollo del trabajo se resume a continuación.

Se realizó un relevamiento topográfico completo del área bajo estudio, cuyo resultado fueron las curvas de nivel del área. Se ubicaron e identificaron las zonas críticas, en función de las precipitaciones caídas. Se adoptó el Método Racional para el cálculo de los caudales de escurrimientos superficiales. Se dividió el predio de la Refinería en zonas, de acuerdo a las características de las mismas. En función de éstas, se calcularon coeficientes de escorrentía ponderados. Se procedió a la adopción de la tormenta de proyecto más adecuada al riesgo hidrológico. Y por último, se calcularon los caudales. Las soluciones estructurales adoptadas son: acordonamiento de áreas específicas, canales de evacuación, algunas obras de arte en los mismos, y un embalse de retención final. Se realizó un análisis de la incidencia de la segregación en los caudales de la planta de tratamiento, con la finalidad de evaluar cuantitativamente dicha influencia en la operatividad de la misma.

2. Introducción.

El “Estudio de Segregación de Efluentes” realizado en el predio de la Refinería Regional de Luján de Cuyo en el Departamento de Luján de Cuyo en la Provincia de Mendoza, tiene como finalidad la separación de los caudales de origen pluvio-aluvional de los caudales originados como efluentes industriales.

Esta separación se justifica en la necesidad de mantener las plantas de tratamiento funcionando con caudales más o menos constantes respecto del de diseño, sin que las mismas se vean influenciadas por el ingreso de caudales pluviales bastante apreciables, sobre todo en época estival.

Las unidades de proceso se veían sobre pasadas en su capacidad de evacuación, originando inundaciones en las mismas, debido a que las aguas pluviales superficiales invadían estas unidades. Con este estudio de segregación se diseñó un sistema de evacuación de aguas pluviales independiente del sistema de evacuación de efluentes industriales. Y así evitar cualquier influencia de las precipitaciones en la operatividad y funcionamiento de las plantas de tratamiento.

3. Desarrollo.

3.1. Relevamiento topográfico.

En primera instancia, fue realizado un relevamiento topográfico utilizando una estación total y nivelación por puntos. Se constataron las cotas de los puntos de intersección de calles, individualizados en el plano de la Refinería Regional Luján de Cuyo. Luego se procedió a la nivelación del predio de la Refinería, lo que arrojó la toma de alrededor de 1700 puntos con la estación total y 200 puntos con nivelación. Las coordenadas y cotas respectivas de dichos puntos fueron ingresadas al software SURFER 32 para la obtención, y posterior calibración mediante las

visitas de campo realizadas, de las curvas de nivel del área ya mencionada. Posteriormente, se superpusieron las curvas obtenidas al plano de la Refinería, obteniéndose una visión global de las direcciones preferenciales de los escurrimientos superficiales, ver FIGURA N° 1.

3.2. Ubicación de zonas críticas.

Luego, en base a la información obtenida en los recorridos realizados y del relato del personal con experiencia respecto de los problemas detectados durante las precipitaciones; se determinaron y ubicaron las denominadas “zonas críticas”. Estas zonas críticas son aquéllas en las cuales se producían problemas de inundaciones y acumulación de lodo, que individualizadas son:

-)/ **las unidades de proceso**, las que en su mayoría tienen un nivel de piso de menor cota que el nivel de las calles de circulación interior, por las que circula el agua pluvial superficial en dirección oeste-este.
-)/ **la zona de tratamiento de aguas**, dentro de la cual se encuentran las plantas de Ósmosis Inversa, Sybron, Bayer, comúnmente llamada “la zona del bajo”.

Una consigna dada por el personal de la empresa, ha sido que no se vuelque agua de los desagües pluviales al Río Mendoza, sino que la acumulación, a través de pequeños embalses de retención, evaporación e infiltración, se produzca dentro del predio de la Refinería.

Ver FIGURA N° 2.

3.3. Hidrología aplicada.

El presente estudio implica un área de análisis que no se encuentra en el orden de aplicación de los modernos programas hidrológicos de computación, o sea que, queda fuera del rango de aplicabilidad de los mismos. Y además es necesario considerar que el predio en donde está ubicada la Refinería, presenta un área muy fragmentada en sus características, de modo que para el estudio de caudales es necesario dividirla en áreas aún más pequeñas, (inaplicables para programas de computación), y que hacen aún más útil el Método Racional usado. Este método se basa en la ecuación siguiente, para el cálculo del caudal:

$$Q = 0.0028 \times C \times i \times A$$

En la cual C es el coeficiente de escorrentía adimensional, I es la intensidad de la precipitación en (mm/h) para el tiempo de concentración y de recurrencia de cada área a considerar, y A es el área en estudio en (Ha), y Q es el caudal en (m³/s) que se origina por precipitación pluvial.

3.4. Áreas a considerar.

Con la finalidad de realizar el análisis y estudio de los caudales se ha dividido el área del predio de la Refinería en zonas, de acuerdo a las características de las mismas.

Especialmente, se ha diferenciado una zona cuya característica es el 100 % de superficie de escurrimiento pavimentada, de modo que, el coeficiente de escorrentía se ha adoptado con un valor de 1. Esta zona se la ha denominado Zona Centro-Centro (ver Figura N° 3).

El resto del área presenta características similares entre sí, con combinaciones de superficies de terreno natural, prácticamente no modificados, terrenos con poca vegetación y calles pavimentadas, terrenos de poca vegetación y calles sin pavimentar, terrenos urbanizados con calles pavimentadas, terrenos parquizados con calles pavimentadas.

En la FIGURA N° 3 puede verse un croquis con las zonas en las cuales se ha dividido la Refinería. Se calcularon las superficies correspondientes a cada zona delimitada y se descontaron las áreas que corresponden a unidades de proceso (que tienen drenaje propio a las plantas de tratamiento de efluentes), especialmente en la Zona Centro-Centro.

También se descontaron las áreas que corresponden a los recintos de cada uno de los tanques de almacenamiento que hay en la Refinería, ya que poseen terraplenes de contención propios que forman los recintos ya mencionados, y toda precipitación que caiga en su interior, queda en el mismo.

3.5. Elección y Cálculo del Coeficiente de Escorrentía.

El coeficiente de escorrentía es una variable muy importante para el cálculo de los caudales. Como su nombre indica, cuantifica la parte de la precipitación que escurre, o sea, que origina el caudal superficial. El valor a adoptar depende del tipo de suelo a considerar, de la pendiente media del mismo y del tiempo de recurrencia que se usa en el estudio hidrológico a realizar.

Para este caso se adoptaron tres valores de coeficiente de escorrentía: un valor mínimo, un valor medio y un valor máximo, de acuerdo a los tiempos de recurrencia de 5 y 10 años (alternativas a evaluar), y a una pendiente media de los terrenos no mayores al 2%.

La adopción y cálculo final del coeficiente de escorrentía se realizó a través de una ponderación del tipo y superficie de cada área considerada. Los valores elementales utilizados son:

TIPO DE SUPERFICIE	COEF. C Máximo	COEF. C Medio	COEF. C Mínimo
Superficie impermeabilizada (calles asfaltadas).	1.00	1.00	1.00
Suelos naturales, no modificados, sin calles.	0.4	0.275	0.15
Suelos parquizados.	0.34	0.28	0.23

Y de acuerdo al área considerada, en función de la división anterior, se obtienen los siguientes coeficientes de escorrentía ponderados:

ZONA	DESCRIPCIÓN	COEF. C máximo	COEF. C medio	COEF. C mínimo
Oeste-Norte	Terreno Natural	0.4	0.275	0.15
Oeste-Sur	Terreno natural y calles pavimentadas	0.418	0.329	0.176
Centro-Norte	Terreno natural, calles y techos.	0.41	0.28	0.15
Centro-Centro	Suelo pavimentado (Impermeabilizado)	1	1	1
Centro-Sur	Suelo parquizado, calles pavimentadas y techos.	0.34	0.24	0.14
Este-Norte	Terreno Natural	0.4	0.275	0.15
Este-Sur	Terreno Natural	0.4	0.275	0.15

3.6. Elección y Cálculo de la Intensidad de la precipitación.

En la zona de características aluvionales de la Provincia de Mendoza, en la cual se encuentra ubicada la Refinería de Luján de Cuyo, el régimen de precipitaciones es convectivo de verano, cuya corta duración y gran intensidad, producen caudales de escurrimiento considerables.

Para tormentas de estas características el CRA -INA (Centro Regional Andino del Instituto Nacional del Agua), a través de su red de pluviómetros ubicada en el piedemonte, ha construido las curvas llamadas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia), que pueden utilizarse en la zona de la Refinería de Luján de Cuyo.

La intensidad de precipitación que se usa en la Fórmula Racional para el cálculo de los caudales es la que corresponde a una duración de precipitación igual al tiempo de concentración de cada área considerada. La elección de la intensidad de la precipitación está íntimamente relacionada al concepto de riesgo hidrológico y al de tiempo de recurrencia.

Específicamente para los tiempos de concentración del orden de los 10 minutos, que son los calculados para estas áreas, las intensidades de precipitación que arrojan las curvas IDF ya mencionadas son de 120 mm/h para un tiempo de recurrencia de 5 años y de 151 mm/h para un tiempo de recurrencia de 10 años.

Se evalúan estas dos alternativas, ya que los tiempos de recurrencia adoptados como usuales para los drenajes pluviales, en ciudades pequeñas van de los 2 a los 15 años.

Una estructura para el control del agua puede fallar si la magnitud del evento correspondiente al tiempo de recurrencia de diseño se excede durante la vida útil de la estructura. Este riesgo hidrológico natural de falla se puede calcular usando la ecuación siguiente:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^n$$

Considerando una vida útil de diseño de 10 años, un tiempo de recurrencia de 10 años el riesgo es de 0.65, o sea que, hay un 65% de probabilidad que el caudal calculado (y por lo tanto las capacidades de evacuación de los canales), sea superado por lo menos una vez en 10 años.

La falla de un sistema de drenaje, no implica la falta de funcionamiento del mismo, sino que bajo un evento extremo que quede fuera del análisis realizado, este sistema se verá excedido en su capacidad de evacuación, que de cualquier manera mejora la situación actual de drenaje.

3.7. Determinación de caudales por zonas.

En función de las intensidades horarias ya mencionadas de 151mm/h (para un tiempo de recurrencia de 10 años) y 120 mm/h (para un tiempo de recurrencia de 5 años), en un tiempo de concentración de 10 minutos, y los coeficientes de escorrentía anteriores se han calculado los caudales de cada una de las zonas en que se divide Refinería. A continuación se resume el resultado para los valores de coeficientes de escorrentía medios.

ZONA	ÁREA NETA (Ha)	COEF. C medio	CAUDAL Tr = 5 años (m ³ /s)	CAUDAL Tr = 10 años (m ³ /s)
Oeste-Norte	42.14	0.275	3.94	4.96
Oeste-Sur	41.64	0.329	4.66	5.87
Centro-Norte	61.65	0.28	5.87	7.39

ZONA	ÁREA NETA (Ha)	COEF. C medio	CAUDAL Tr = 5 años (m³/s)	CAUDAL Tr = 10 años (m³/s)
Centro-Centro	10.77	1	3.66	4.61
Centro-Sur	63.27	0.24	5.16	6.50
Este-Norte	38.48	0.275	3.60	4.53
Este-Sur	34.20	0.275	3.20	4.03

Del estudio de los resultados anteriores se puede concluir que los caudales calculados con coeficientes de escorrentía medios y para los dos tiempos de recurrencia mencionados, no tienen una diferencia tan apreciable entre sí, mientras que en la magnitud de los tiempos de recurrencia sí. De modo que, se puede adoptar un tiempo de recurrencia de 10 años, sin que por ello aumente demasiado la envergadura de las obras de drenaje.

3.8. Detalle de las unidades de proceso descontadas. Caudales.

A pedido del personal técnico de SSA de la Refinería Regional Luján de Cuyo, a continuación se da una tabla que resume las áreas de unidades de proceso que se han descontado en el cálculo de las superficies de cada zona. Además, adoptando los tiempos de recurrencia de 5 y 10 años y la intensidad de precipitación para el tiempo de concentración ya dado, se han calculado los caudales originados por esa precipitación de diseño.

UNIDAD DE PROCESO	ÁREA NETA (Ha)	CAUDAL (m³/s) TR= 5 AÑOS	CAUDAL (m³/s) TR= 10 AÑOS
Unidad de Alkilación	0.17	0.057	0.072
Tratam. Aguas Agrias II	0.122	0.041	0.052
Hidrotratamiento (HDS)	0.213	0.072	0.090
Cracking Catalítico II	0.758	0.255	0.320
Planta Klaus	0.25	0.084	0.106
Unidad de crudo y vacío	0.49	0.164	0.207
Topping II	0.4	0.134	0.169
Planta Kerosene	1.42	0.477	0.601
Isomax-Hidrógeno	0.69	0.232	0.292
Topping III	0.60	0.202	0.254
Cracking Catalítico I	0.35	0.118	0.148

UNIDAD DE PROCESO	ÁREA NETA (Ha)	CAUDAL (m ³ /s) TR= 5 AÑOS	CAUDAL (m ³ /s) TR= 10 AÑOS
Aguas Agrias I	0.49	0.165	0.207
Gascon	0.26	0.087	0.110
Platforming Unifinning	0.29	0.097	0.123
Unifinning II-Isomerización	0.88	0.296	0.372

Cabe aclarar que estos caudales, al igual que los de proyecto de las conducciones propuestas, son caudales que resultan de la adopción de tiempos de recurrencia e intensidades de diseño.

3.9. Soluciones Estructurales.

Analizando las magnitudes de los caudales y las direcciones de los mismos se han adoptado como soluciones estructurales de este “Estudio de Segregación de Efluentes”, la construcción de canales de desagüe y terraplenes de contención para el almacenamiento de agua y su posterior infiltración y evaporación en destino final, a fin de evitar que las aguas superficiales caigan al Río Mendoza.

Además, en calles de orientación Oeste-Este se recomienda la construcción de cordones cuya altura se especifica en cada caso, transformándolas en calle-canal, para los drenajes pluviales.

En los cruces de cada cuneta o canal con las calles se ubican alcantarillas de drenaje de sección rectangular, cuyas dimensiones y armaduras estarán de acuerdo al cálculo estructural de cargas y empujes a realizar.

Las trazas de las cunetas, canales, calles-canal y terraplenes pueden verse en:

- ✓ **FIGURA N° 4:** SOLUCIONES ESTRUCTURALES ZONAS OESTE-NORTE Y OESTE-SUR.
- ✓ **FIGURA N° 5:** SOLUCIONES ESTRUCTURALES ZONAS CENTRO-NORTE, CENTRO-CENTRO Y CENTRO-SUR.
- ✓ **FIGURA N° 6:** SOLUCIONES ESTRUCTURALES ZONAS ESTE-NORTE Y ESTE-SUR..

En general, los canales mencionados tienen forma trapezoidal con una base inferior de 0.40 m, con pendientes laterales de 0.5:1 (H:V), con revestimiento mínimo de hormigón de 0.08m de espesor, con juntas transversales de contracción para el hormigón, cada 4 metros.

La forma trapezoidal en los canales ha sido adoptada porque produce un mejor perfil de velocidades a caudales menores que los de diseño, y así evita un aumento de la sedimentación del material de arrastre del agua cuando se conduzcan dichos caudales.

Los terraplenes a construir tienen una altura de 1.5 m con pendientes laterales de 2:1 (H:V), cuyo material debe cumplir con las especificaciones de suelo GW-GC bien graduado, un nivel de compactación proctor del 95%, y una defensa de pedraplén (roca partida) en el talud mojado, para evitar la erosión del mismo.

El cálculo de los canales se ha realizado siguiendo la metodología normal en estos casos, primero se selecciona la traza, se realiza el perfil longitudinal de dicha traza, se eligen las pendientes de solera de los canales, teniendo en cuenta las alturas de desmonte y terraplén, se ha tratado que la mayoría de los canales queden en desmonte, o sea por debajo del nivel del terreno natural.

Con estas pendientes se calculan las secciones transversales para la conducción de los caudales anteriormente mencionados.

El cruce de los canales y cunetas debajo de las calles se realiza a través de alcantarillas rectangulares, cuyas dimensiones dependen de las de la cuneta o canal, y se adoptan de ancho igual al ancho superior de dichas cunetas o canales y su longitud se ajusta al ancho de la calle en cada cruce. Las cotas de los coronamientos de las alcantarillas se ajustarán en obra a las cotas de las calles.

Las rejas que se colocan sobre las alcantarillas deben tener la dirección del flujo superficial sobre las calles, con la finalidad de mejorar su eficiencia de captación.

En función del cálculo de las láminas de agua en las calles se recomienda colocar cordones a ambos costados de las mismas con una altura mínima de 0.20m, teniendo en cuenta el efecto del oleaje.

3.9.1. Soluciones Estructurales en las Zonas Oeste-Norte y Oeste-Sur.

En las Zonas Oeste-Norte y Oeste-Sur se han proyectado la construcción de cunetas y canales cuyas trazas pueden verse en la FIGURA N° 4: “Soluciones Estructurales de las zonas Oeste-Norte y Oeste-Sur”, y han sido denominados como:

- ↪ Cuneta N° 1.
- ↪ Canal N° 1.
- ↪ Cordón Avda. Z.
- ↪ Canal N° 2.
- ↪ Canal N° 3.
- ↪ Canal N° 4.
- ↪ Terraplén de defensa en el límite con la Central Térmica (CTM).
- ↪ Cordones en las calles N° 4, 9, 15 y 18.

A continuación se resumen las dimensiones de estas soluciones estructurales, considerando los caudales que corresponden a tiempos de recurrencia de 10 años.

ELEMENTO	TRAMO	CAUDAL (m ³ /s)	PENDIENTE	ALT. AGUA (m)	ANCHO (m)	ALT.TOTAL (m)	ANC.SUPRF. (m)	N° FROUDE	VELOCIDAD [m/s] [m/s]
CUNETAS 1	TRAMO 1	1,078	0,0033	0,74	0,4	1,1	1,5	0,85	1,88
CANAL 1	TRAMO 2	2,936	0,00955	0,87	0,5	1,1	1,6	1,5	3,61

ELEMENTO	TRAMO	CAUDAL (m ³ /s)	PENDIENTE	ALT. AGUA (m)	ANCHO (m)	ALT.TOTAL (m)	ANC.SUPRF. (m)	N° FROUDE	VELOCIDAD [m/s] [m/s]
Cordon Av.Z	TRAMO 1	0,280	0,0041	0,07	5	0,1	5		0,81
CANAL 2	TRAMO 2	1,314	0,0043	0,77	0,4	1	1,4	0,97	2,18
CANAL 2	TRAMO 3	1,314	0,0005	1,31	0,4	1,5	1,9	0,34	0,96
CANAL 2	TRAMO 4	1,314	0,003	0,84	0,4	1	1,4	0,81	1,9

ELEMENTO	TRAMO	CAUDAL (m ³ /s)	PENDIENTE	ALT. AGUA (m)	ANCHO (m)	ALT.TOTAL (m)	ANC.SUPRF. (m)	N° FROUDE	VELOCIDAD [m/s] [m/s]
CANAL 3	TRAMO 1	1,623	0,0016	1,09	0,4	1,3	1,7	0,6	1,57

ELEMENTO	TRAMO	CAUDAL (m ³ /s)	PENDIENTE	ALT. AGUA (m)	ANCHO (m)	ALT.TOTAL (m)	ANC.SUPRF. (m)	N° FROUDE	VELOCIDAD [m/s] [m/s]
CANAL 4	TRAMO 1	7,723	0,012	1,42	0,4	1,7	2,1	1,68	4,89
CANAL 4	TRAMO 2	7,723	0,041	1,06	0,4	1,3	1,7	3,04	7,82
CANAL 4	TRAMO 3	7,723	0,010	1,48	0,4	1,8	2,2	1,53	4,56

3.9.2. Soluciones Estructurales de las Zonas Centro-Norte, Centro-Centro y Centro-Sur.

La zona Centro-Centro tiene la característica de que sus calles están totalmente pavimentadas, y allí se encuentran las unidades de proceso cuyos niveles de piso están por debajo de los niveles de calle,

dichas unidades poseen drenajes propios a través de cámaras colectoras, que conducen los efluentes industriales a las plantas de tratamiento de la Refinería de Luján de Cuyo.

Como ya se ha hecho referencia se descontaron de las superficies a considerar, las correspondientes a estas áreas de proceso, para el cálculo de los caudales.

Las calles que presenta esta zona son angostas, siendo imposible dar como solución estructural el proyecto de un canal o cuneta para las mismas, de modo que se ha optado por la colocación de cordones en ambos costados, cuya finalidad es la conducción rápida de los caudales de calle, sin que ellos puedan ingresar a las unidades de proceso, y así evitar que aumenten el caudal de efluentes de la planta de tratamiento. Ver FIGURA N° 5.

Estas calles con cordones, en su mayoría, tienen orientación oeste-este, y se las ha denominado como calle-canal, con la finalidad de evacuar los escurrimientos pluviales. Los caudales calculados se han dividido en función del área de influencia de cada una de las calles de orientación Oeste-Este, lo que permite, junto con los perfiles longitudinales de las mismas, calcular las alturas de lámina de agua, y en consecuencia fijar los criterios de adopción de las alturas de los cordones a colocar.

El máximo valor de lámina calculado es de 0.08m, y para el mismo se adopta una altura de cordón de aproximadamente 0.25m, lo que da una revancha para el oleaje. El valor más común de la altura de cordones que se adopta para esta zona es de 0.20m.

3.9.3. Soluciones Estructurales de las Zonas Este-Norte y Este-Sur.

Para esta zona se han proyectado también canales de evacuación y cordones en las calles en que no ha podido colocarse cunetas, ni canales. Los elementos componentes son (ver FIGURA N° 6):

↳ Cuneta Calle 5.

↳ Canal N° 5.

↳ Canal N° 6.

↳ Canal N° 7.

↳ Terraplén de defensa de “la zona del bajo”.

A continuación se resumen las dimensiones de estas soluciones estructurales, considerando los caudales que corresponden a tiempos de recurrencia de 10 años.

ELEMENTO	TRAMO	CAUDAL (m ³ /s)	PENDIENTE	ALT. AGUA (m)	ANCHO (m)	ALT.TOTAL (m)	ANC.SUPRF. (m)	N° FROUDE	VELOCIDAD [m/s] [m/s]
CANAL 5	TRAMO 1	0,573	0,014	0,47	0,4	0,8	1,2	1,72	2,81

ELEMENTO	TRAMO	CAUDAL (m ³ /s)	PENDIENTE	ALT. AGUA (m)	ANCHO (m)	ALT.TOTAL (m)	ANC.SUPRF. (m)	N° FROUDE	VELOCIDAD [m/s] [m/s]
CANAL 6	TRAMO 1	0,408	0,004	0,42	0,4	0,8	1,2	0,92	1,61

ELEMENTO	TRAMO	CAUDAL (m ³ /s)	PENDIENTE	ALT. AGUA (m)	ANCHO (m)	ALT.TOTAL (m)	ANC.SUPRF. (m)	N° FROUDE	VELOCIDAD [m/s] [m/s]
CANAL7	TRAMO 1	1,845	0,0998	0,39	0,4	0,8	1,2	4,61	7,85
CANAL7	TRAMO 2	1,845	0,022	0,6	0,4	0,8	1,2	2,18	4,41
CANAL7	TRAMO 3	1,845	0,013	0,69	0,4	0,8	1,2	1,68	3,61

3.9.4. Alcantarillas bajo calles. Rejas.

Las alcantarillas colocadas en la intersección de cada calle con los canales o cunetas proyectadas tienen como función captar el agua que conducen los mismos en su cruce con las calles. A continuación se transcribe una tabla que resume las alcantarillas:

ELEMENTO	ALCANTARILLA	ANCHO (m)	LONGITUD (m)
CUNETA N° 1	CALLE 1	1.5	14
CUNETA N° 1	CALLE 4	1.5	6.1
CUNETA N° 1	CALLE 9	1.5	7.5
CUNETA N° 1	CALLE 15	1.6	6.3
CANAL N° 1	CAMINO CARBÓN	1.6	6.6
CANAL N° 2	CALLE 4	1.4	6
CANAL N° 2	CALLE 9	1.4	7
CANAL N° 2	CALLE 15	1.9	10.3
CANAL N° 3	CALLE 18	1.7	12
CANAL N° 4	CAMINO CARBÓN	2.1	5
CANAL N° 4	CAMINO ANTORCHA 2	2.1	5
CANAL N° 5	Avda. K	1.2	5
CANAL N° 5	CALLE 20	1.2	5

Las dimensiones geométricas de la tabla anterior deben ser ajustadas de acuerdo al cálculo estructural de cargas y empujes de las alcantarillas.

La forma de las rejas y su disposición con respecto a la dirección del flujo hacen que su eficiencia sea alta o baja. Rejas cuyos flejes sean paralelos al flujo poseen eficiencias más altas que los perpendiculares al flujo. De la misma manera la carga hidráulica sobre ellas también incide en su eficiencia, cargas menores tienen eficiencias mayores, a mayores cargas hidráulicas la eficiencia es menor.

Se recomienda que las rejas dejen un área libre de cómo mínimo el 60% del área total de la alcantarilla, para una eficiencia del 50% en la captación del agua. Se puede adoptar una separación entre ejes de rejas (flejes metálicos o en forma de T) de 4 cm, considerando un espesor de rejas de 1.2 cm. Esta separación podrá sufrir variaciones de acuerdo al cálculo estructural de las mismas.

3.10. Recomendaciones finales.

Se recomienda proteger el pie de la barranca ubicada en el extremo norte del predio de la Refinería (ver FIGURA N° 1), con fragmentos de roca hasta una altura no menor a los 2.5 metros, para evitar la erosión del mismo por efecto del oleaje en el embalse de retención en el límite con la CTM.

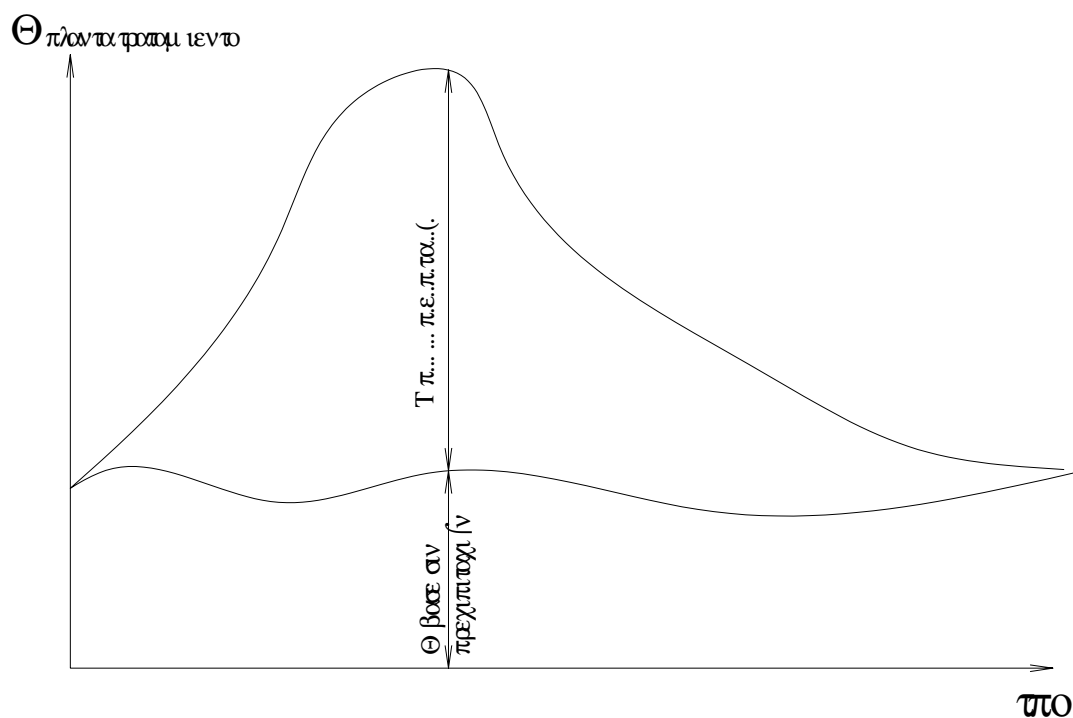
La recomendación final, y no por ello menos importante, consiste en cumplir con una frecuencia de mantenimiento de la presente red de drenaje y las lagunas formadas por los embalses de retención. Esto se motiva en que las capacidades no se vean reducidas con el correr del tiempo por la

deposición de material de sedimentación producto del arrastre de los escurrimientos superficiales debido a las tormentas, o cualquier otro elemento que obstruya el normal escurrimiento del agua.

3.11. Incidencia del sistema pluvial diseñado en la operatividad de las plantas de tratamiento.

El análisis que se realiza corresponde a los caudales de funcionamiento de las plantas de tratamiento bajo condiciones normales de operación y bajo la condición de ocurrencia de la precipitación que corresponde a la tormenta de proyecto adoptada en el estudio pluvial, incorporando y no incorporando el sistema de protección pluvial ya mencionado.

O sea que, se presenta un caudal de tratamiento prácticamente constante durante la operación normal de la Refinería y de sus plantas de tratamiento; al producirse la precipitación que corresponde a la tormenta de proyecto, dicho caudal se ve aumentado en función del tiempo con una forma aproximada al siguiente gráfico:



En dicho gráfico se pueden distinguir dos caudales: un caudal que llamamos “Caudal Base”, y uno llamado “Caudal Pico”. Cuando no hay precipitación alguna el “Caudal Base” es el que presentan las plantas de tratamiento, y cuando precipita éste último deja de ser aproximadamente constante y pasa a variar en función del tiempo tomando un valor máximo que es el llamado “Caudal Pico”.

El análisis realizado consta en la comparación entre los valores de este “Caudal Pico” con o sin el sistema de defensa pluvial presentado como solución estructural hidráulica.

3.11.1.Caudal pico sin sistema de defensa pluvial.

La situación sin el sistema pluvial ya mencionado genera el “Caudal Pico” en las plantas de tratamiento cuando se produce una precipitación (tormenta de proyecto).

De modo que, se cuantifica este “Caudal Pico” en función de la precipitación de la tormenta de proyecto adoptada. Es necesario considerar las áreas de aporte que tiene la zona Centro-Centro, que

es la que posee el sistema de drenaje industrial, ya que toda el agua que llega a esta zona se conduce a las plantas de tratamiento. (Ver FIGURA N° 3).

De acuerdo a las formas de las curvas de nivel (ver FIGURA N° 1), las áreas de aporte de la Zona Centro-Centro corresponden a las siguientes:

- ✓ Zona Oeste-Sur.
- ✓ Zona Centro-Centro, propiamente dicha.
- ✓ Zona Centro-Sur (sólo el aporte de calles).

De acuerdo a las áreas que corresponden a estas zonas, los coeficientes de escorrentía, y la precipitación de la tormenta de proyecto, los caudales son los siguientes:

- ✓ Zona Oeste-Sur $Q = 5.87 \text{ m}^3/\text{seg.}$
- ✓ Zona Centro-Centro $Q = 4.61 \text{ m}^3/\text{seg.}$
- ✓ Zona Centro-Sur (calles) $Q = 1.38 \text{ m}^3/\text{seg.}$
- ✓ **Caudal Pico $T_R = 10$ años sin Proyecto** $Q = 11.86 \text{ m}^3/\text{seg.}$

De modo que el “Caudal Pico”, ya definido; que corresponde a una tormenta de proyecto con un tiempo de recurrencia de 10 años es de $11.86 \text{ m}^3/\text{seg.}$ O sea que, las plantas de tratamiento verán incrementado su caudal en $11.86 \text{ m}^3/\text{seg.}$, cuando se produzca la tormenta de proyecto.

3.11.2.Caudal Pico con sistema pluvial.

Bajo este ítem es necesario realizar algunas consideraciones respecto de la eficiencia del sistema pluvial. Este sistema está compuesto de tres partes: las defensas pluviales de las Zonas Oeste-Sur y Oeste-Norte (mediante canales: Cuneta N°1, Canal N° 1, N° 2, N° 3, N°4 y Terraplén de Defensa); el sistema de calles canales de la Zona Centro-Centro (Calles Canal N° 4, N° 7, N° 14, N° 8, N° 16); y el sistema de canales de la Zona Este-Norte (Canal N° 5, N° 6, N° 7 y Terraplén de Defensa). Éste último no tiene ninguna influencia en el caudal de los efluentes industriales, de modo que sólo quedan dos componentes bajo análisis.

En función de lo anterior, es que se pueden tener en cuenta tres situaciones diferentes en que el llamado “Caudal Pico” toma valores diferentes, a saber:

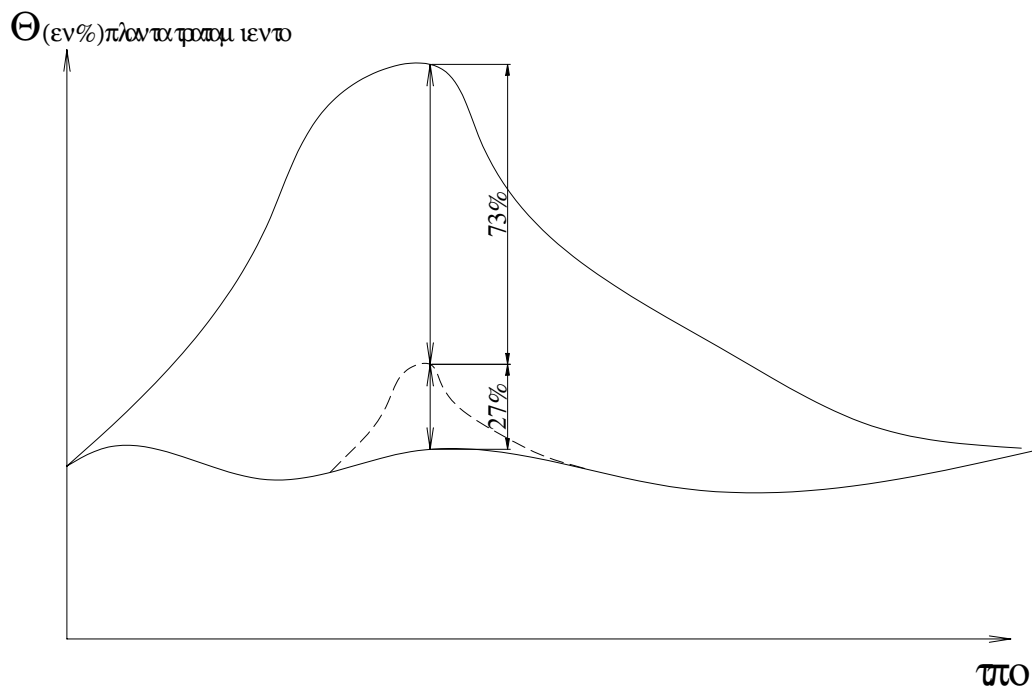
3.11.2.1.Primer Alternativa.

La Primera Alternativa se presenta cuando el sistema está construido y funcionando totalmente, o sea que, las defensas de la Zona Oeste-Sur (área de aporte ya mencionada), junto con las calles canal de la Zona Centro-Centro son totalmente eficientes, captando también el escurrimiento proveniente de la Zona Centro-Sur. Lo que implica que los canales captan la totalidad de los caudales calculados de acuerdo a sus áreas de influencia, y que las unidades operativas se encuentran totalmente aisladas y protegidas del escurrimiento superficial de las calles canal y de los aportes de las zonas mencionadas (incluyendo la Zona Centro-Sur).

De modo que el caudal que llegaría a las plantas de tratamiento es el proveniente de la precipitación directa sobre las mencionadas unidades de proceso y que suma un valor de $3.12 \text{ m}^3/\text{seg.}$, para una tormenta de proyecto con un tiempo de recurrencia de 10 años.

Caudal Pico 10 años con Proyecto (Primera Alternativa) $Q = 3.12 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Recordando que el “Caudal Pico” de la tormenta de proyecto de los 10 años sin sistema de defensa pluvial es de $11.86 \text{ m}^3/\text{seg.}$, se puede calcular el porcentaje de amortiguación del llamado “Caudal Pico” relacionando ambos valores. Este porcentaje de amortiguación (o disminución) es del 73.7%.



3.11.2.2.Segunda Alternativa:

Esta alternativa corresponde a la construcción por etapas del sistema pluvial y se presenta cuando solamente está construido y funcionando el sistema de defensa pluvial de las Zona Oeste-Sur, y la captación de la Zona Centro-Sur en la calle canal N° 4. De modo que, se suponen que las calles canal de la Zona Centro-Centro no impiden el ingreso del escurrimiento a las unidades de proceso, y por lo tanto, los drenajes industriales de las mismas poseen caudales mayores que los propios de la precipitación directa.

El “Caudal Pico” con un tiempo de recurrencia de 10 años para esta segunda alternativa es el que resulta del “Caudal Pico” sin el sistema de defensa Pluvial ($11.86 \text{ m}^3/\text{seg}$), descontando la suma de los caudales captados por los canales de la Zona Oeste-Sur ($4.6 \text{ m}^3/\text{seg}$), y el caudal de aporte de la Zona Centro-Sur ($1.38 \text{ m}^3/\text{seg}$), lo que resulta en un caudal de $5.92 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Caudal Pico 10 años con Proyecto (Segunda Alternativa) $Q = 5.92 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Recordando que el “Caudal Pico” de la tormenta de proyecto de los 10 años sin sistema de defensa pluvial es de $11.86 \text{ m}^3/\text{seg}$, se puede calcular el porcentaje de amortiguación del llamado “Caudal Pico” relacionando ambos valores. Este porcentaje de amortiguación (o disminución) es del 50%.

3.11.2.3.Tercera Alternativa:

Esta alternativa, al igual que la anterior, corresponde a la construcción por etapas del sistema pluvial y se presenta cuando sólo está construido y funcionando el sistema de defensa pluvial de la Zona Oeste-Sur (Cuneta N° 1, Canal N°1, Canal N° 2 y Canal N° 3).

El “Caudal Pico” con un tiempo de recurrencia de 10 años para esta tercera alternativa es el que resulta del “Caudal Pico” sin el sistema de defensa pluvial ($11.86 \text{ m}^3/\text{seg}$), descontando la suma de los caudales captados por los canales de la Zona Oeste-Sur ($4.6 \text{ m}^3/\text{seg}$), lo que resulta en un caudal de $7.3 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Caudal Pico 10 años con Proyecto (Tercera Alternativa) $Q = 7.30 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Se puede calcular el porcentaje de amortiguación del llamado “Caudal Pico” sin el sistema de defensa Pluvial relacionando éste último con el anteriormente calculado. Este porcentaje de amortiguación (o disminución) es del 38.5%.

3.11.2.4. Conclusiones.

Del análisis anterior se puede concluir que mientras más completo esté el sistema pluvial presentado, más eficiente se comportará y mayor es el porcentaje de amortiguación del llamado “Caudal Pico” de las plantas de tratamiento.

O sea que, la construcción por etapas del sistema mencionado implica una disminución de la eficiencia hasta que el mismo se encuentre completo.

Desde ya que, si se aíslan las unidades de proceso a través de los cordones recomendados, la disminución del caudal de tratamiento es la máxima, de modo que se recomienda su construcción en todo lo largo de las calles, con la alternativa de colocar rampas en los puntos acceso de maquinarias y vehículos de emergencia.

Además es necesario recordar que el arrastre sólido producto de la escorrentía superficial será captado por el sistema de defensa pluvial de la Zona Oeste-Sur y Oeste-Norte, mejorando notablemente el funcionamiento de la red de drenaje industrial de las unidades operativas de la Zona Centro-Centro, y por lo tanto el funcionamiento de las plantas de tratamiento.

4. Bibliografía consultada.

- ✓ “Hidrología Aplicada” de Ven Te Chow, Maidment y Mays.
- ✓ “Manual de Hidráulica” de Davis.
- ✓ “Estudio Aluvional de la Ciudad de Mendoza” del Instituto de Hidráulica. UNCuyo.
- ✓ Publicaciones varias del Instituto de Cemento Portland.

5. Figuras.

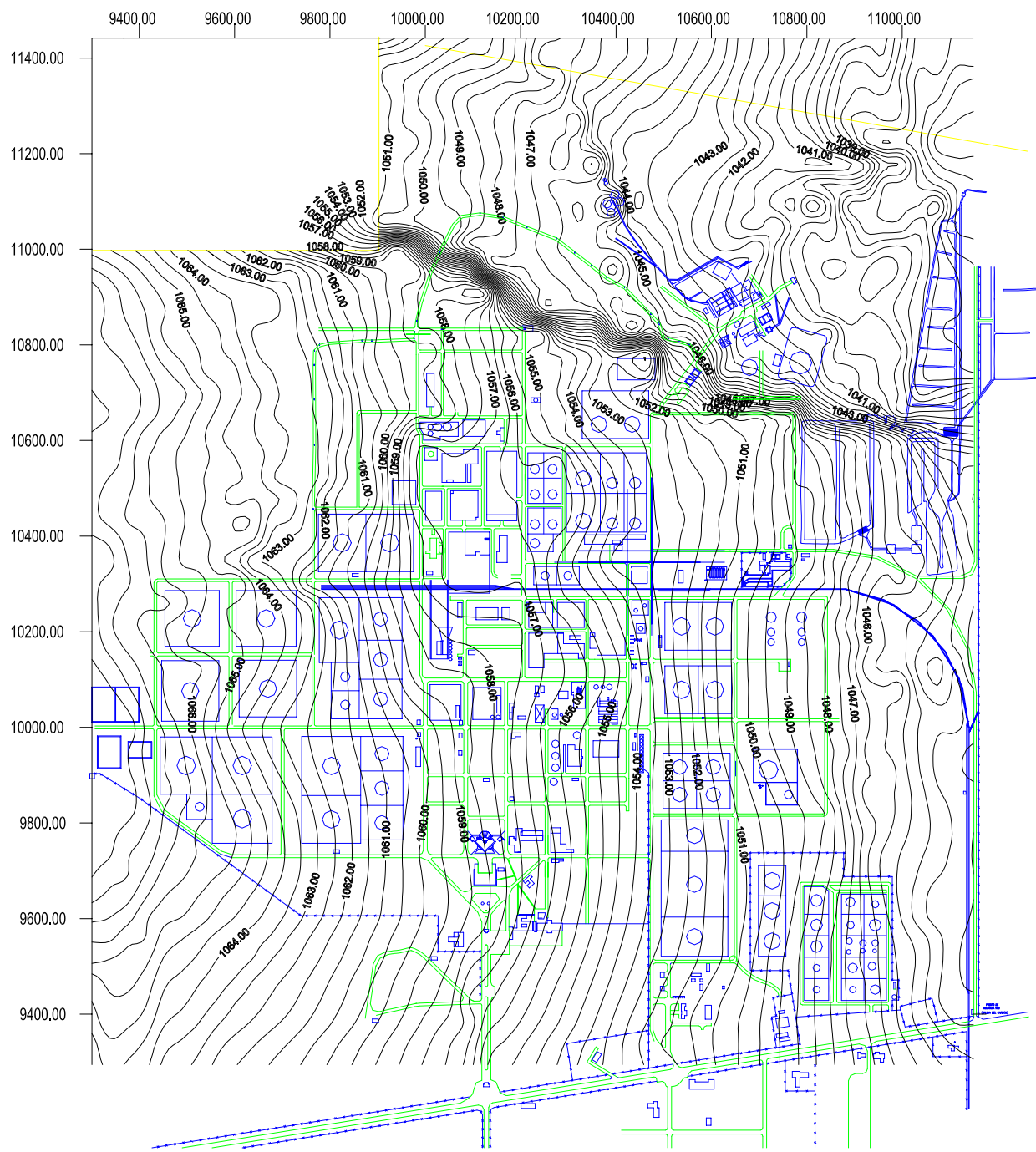


FIGURA N° 2: ZONAS CRÍTICAS.

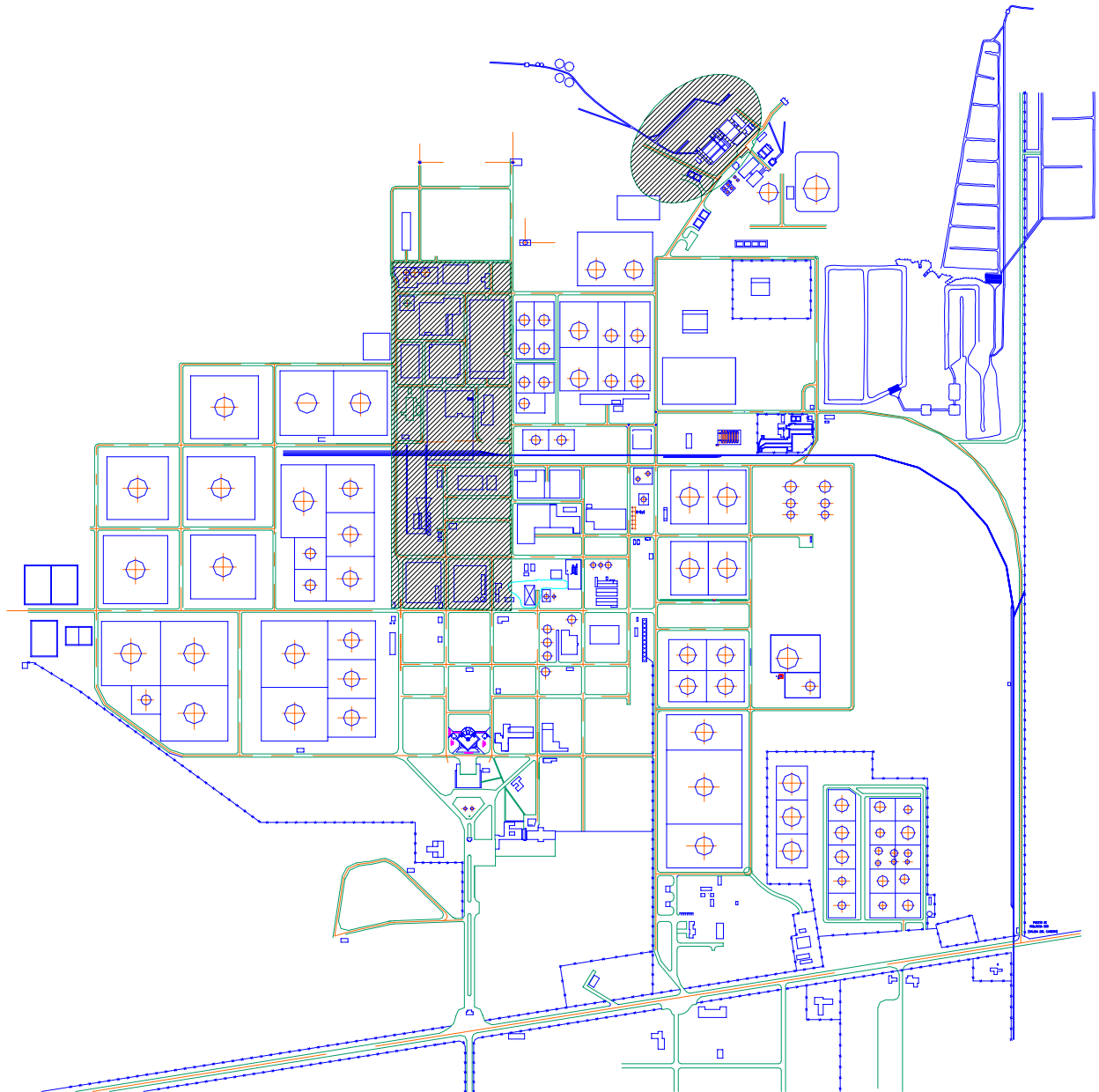


FIGURA N° 3: DIVISIÓN DE ZONAS.

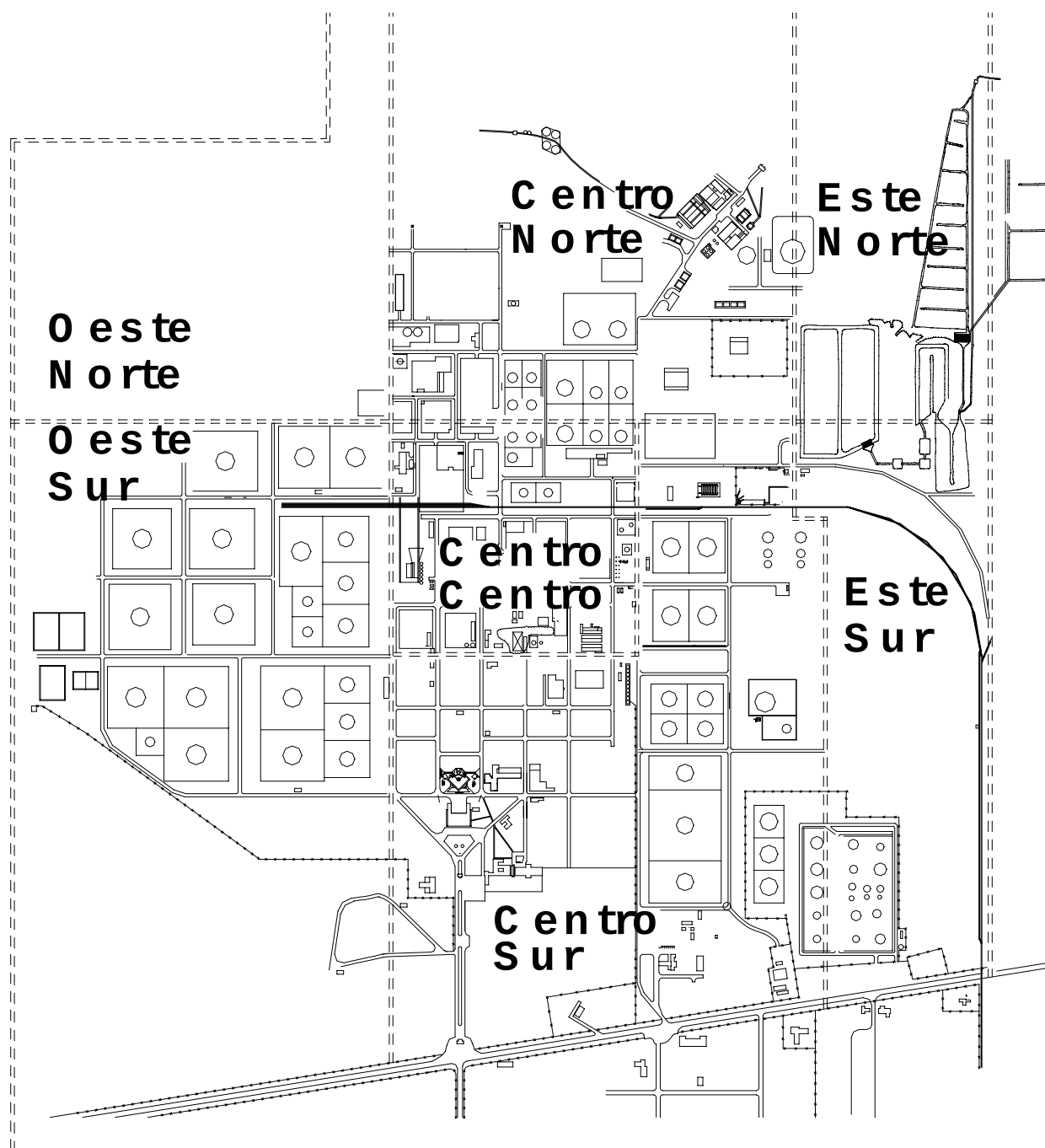


FIGURA N° 4: SOLUCIONES ESTRUCTURALES ZONAS OESTE-NORTE Y OESTE-SUR.

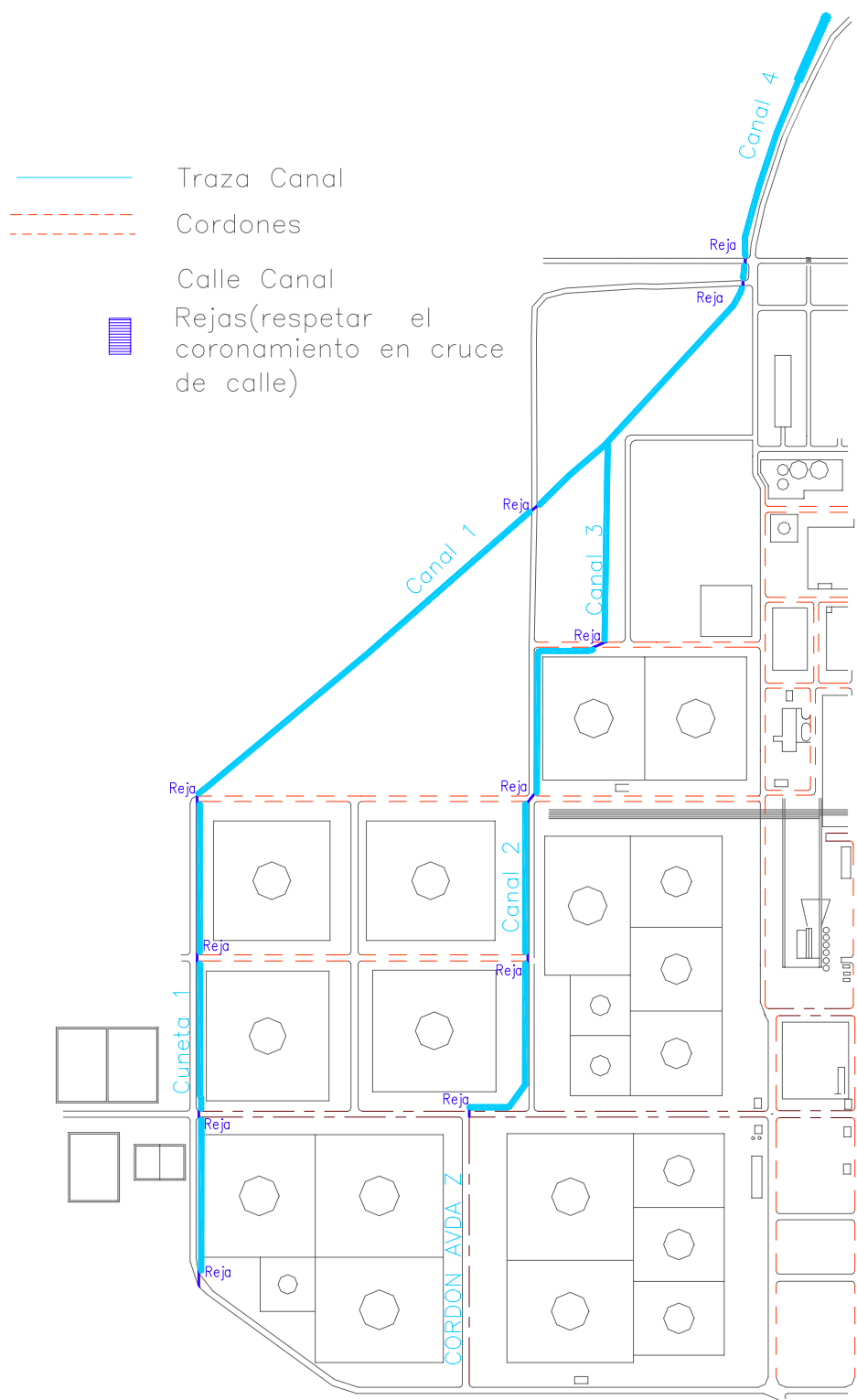


FIGURA N° 5: SOLUCIONES ESTRUCTURALES ZONAS CENTRO-NORTE, CENTRO-CENTRO Y CENTRO-SUR.

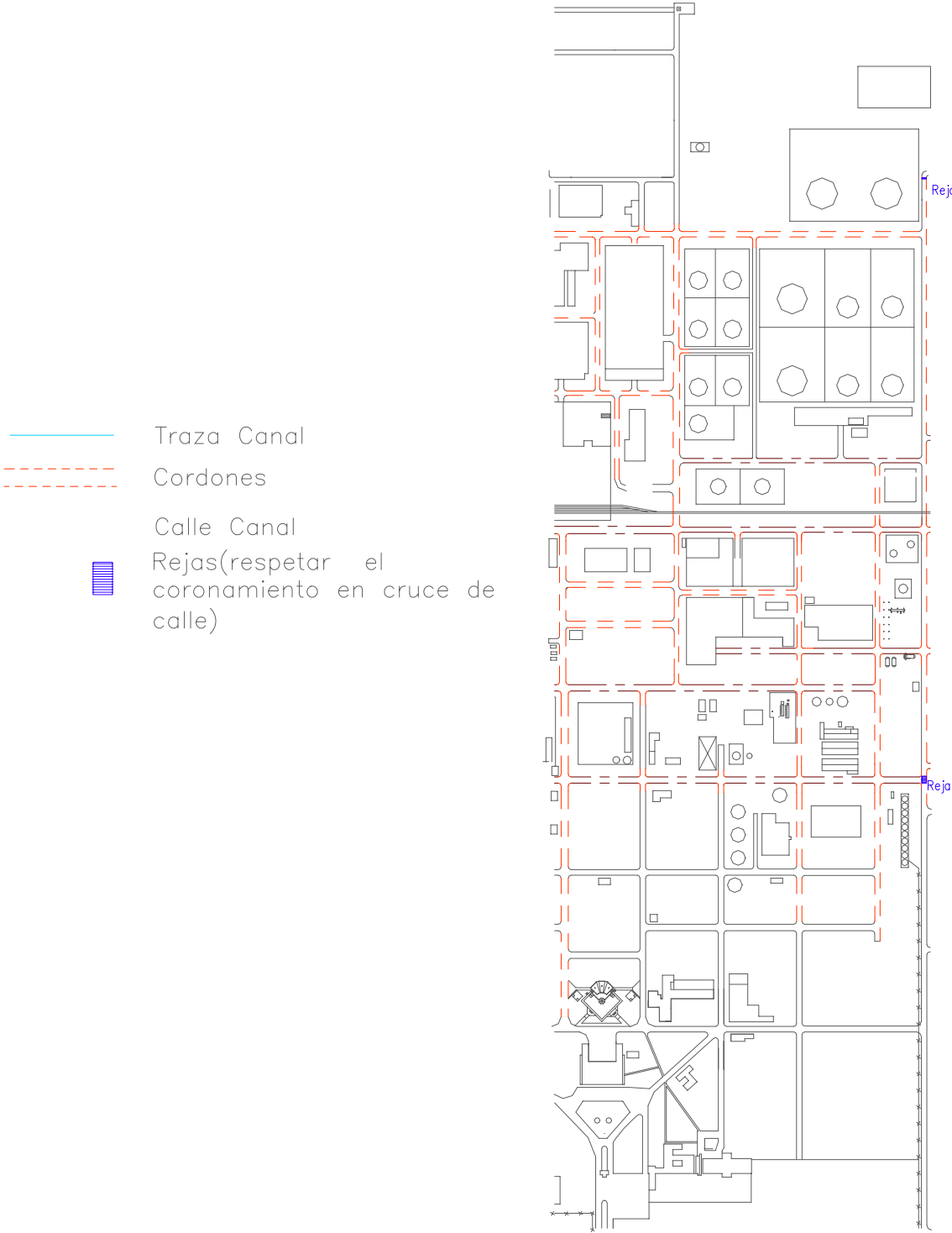


FIGURA N° 6: SOLUCIONES ESTRUCTURALES ZONAS ESTE-NORTE Y ESTE-SUR.

