

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**FORMULACIÓN Y DISEÑO DEL PROYECTO DE
SANEAMIENTO UNIPAMPA ZONA 3
“PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA LINEA DE CONDUCCION
DE AGUA POTABLE”**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ERIC HUARCAYA PANDURO

Lima- Perú

2007

**"Dedico este esfuerzo a mi familia,
sin cuyo apoyo no hubiera sido posible,
Y a mi querida UNI por la formación recibida en sus aulas".**

INDICE

	PAG.
RESUMEN	2
INTRODUCCION	4
CAPITULO I	
ANTECEDENTES	5
01.01 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO	5
01.02 INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO	16
01.03 Estructuras Proyectadas	22
CAPITULO II	
FORMULACION DE HIPOTESIS (Metodología de trabajo)	27
02.01 HIPÓTESIS	27
CAPITULO III	
DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE CADA PARTIDA	29
03.01 TRABAJOS PRELIMINARES	29
03.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS EN ZANJAS	33
03.03 TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE	44
CAPITULO IV	
PROGRAMACION DE OBRA	54
04.01 METRADOS	54
04.02 PROGRAMACIÓN DE OBRA POR EL MÉTODO PERT – CPM	57
04.03 PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA UTILIZANDO TOC	72
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFIA	84
ANEXOS	

LISTA DE CUADROS

	PAG.
CAPITULO I	
01.01 Coordenadas UTM de los vértices de UNIPAMPA	6
01.02 Cotas de los vértices de UNIPAMPA Zona 3	7
01.03 Accesibilidad a la zona	8
01.04 Contenido de Sales – Valores obtenidos	11
01.05 Datos de Censos en localidades estudiadas	12
01.06 Principales causas de morbilidad 2003-2004	13
01.07 Cuadro de datos tarifarios según tipo de servicio y tipo de usuarios	14
01.08 Nuevo Impeñal: Ingresos familiares	15
01.09 Nuevo Impeñal: Monto que estarían dispuestos a pagar los usuarios	15
01.10 Tarifa de Agua Potable y Alcantarillado, con la Capacidad de Pago Promedio de los Usuarios	16
01.11 Parámetros de Crecimiento de la Población estudiada	17
01.12 Calculo de la población actual	18
01.13 Población de diseño UNIPAMPA Zona 3	18
01.14 Dotación (l/s)	20
01.15 Caudales garantizados Estación Socsi (de los caudales medios mensuales)	21
01.16 Ubicación de las estructuras proyectadas	22
01.17 Parámetros de diseño de las estructuras proyectadas	23
CAPITULO IV	
04.01 Rellenos por sub – etapas del relleno con material propio 1ª Etapa	55
04.02 Eliminación de Material Excedente	56
04.03 Cantidad de Horas Requerida por Partida	77
04.04 Hoja de Recursos Diarios	80
04.05 Diagrama de Gantt del Procedimiento Constructivo de la Línea de Conducción	81

LISTA DE GRAFICOS

	PAG.
CAPITULO I	
01.01 Mapa de ubicación departamental	5
01.02 Mapa de la provincia de Cañete	6
01.03 Columna Crono Estratigráfica de la Formación Cañete	9
01.04 Plano de distribución de UNIPAMPA Zona 3	17
CAPITULO III	
03.01 Replanteo de un punto topográfico	30
03.02 Nivelación de un punto topográfico	31
03.03 Corte de zanja con equipo y manual	36
03.04 Relleno con material propio Primera Etapa	38
03.05 Relleno con material propio Primera Etapa Corte Transversal del Tubo	41
03.06 Zona de relleno en Segunda Etapa	41
03.07 Etapas del relleno de la zanja	43
03.07 Prueba hidráulica a zanja abierta	50

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

m^2	Metros cuadrados, unidad de área
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
Km	Kilómetros
Hrs	Horas
SW-NE	Sur Oeste – Nor Este
Θ	Cohesión, parámetro del suelo
ϕ	Angulo de fricción interna del suelo
γ_m	Peso específico del suelo
Q_{ad}	Capacidad portante admisible del suelo
EPS	Empresa Pública de Servicios
EMAPA	Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado
S/.	Nuevos soles
r_{prom}	Razón de crecimiento promedio de la población
R.N.E.	Reglamento Nacional de Edificaciones
l/s	litros / segundo
Q_m	Caudal promedio Anual
Dot.	Dotación
Q_{md}	Caudal Máximo Diario
K_1	Factor de Consumo de Agua Potable
Q_{mh}	Caudal Máximo Horario
UNT	Unidades Normales de Turbidez
PVC	Poli Vinilo Clorado
SEDAPAL	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
GPS	Sistema Global de Posicionamiento
P_i	Punto de Inflexión de una curva
ξ	Error
DICSCAMEC	Dirección General de Control de Armas y Explosivos de uso Civil
ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para las Pruebas y Materiales)
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación americana de los funcionarios de la carretera y del transporte del estado)
SAP	Sistema de Agua Potable
lb/pulg ²	Libras por pulgada cuadrada (unidad de presión)

PERT	Program Evaluation And Review Technique (Programa de Evaluación y Técnica de Revisión)
CPM	Critical Path Method (Método de la Trayectoria Crítica)
PDM	Precedente Diagram Method (Método del Diagrama de Precedencias)
TOC	Theory of Constraints (Teoría de Restricciones)

RESUMEN

En el primer capítulo de este trabajo se presentan los antecedentes del mismo. Se hace un breve resumen de todo el proyecto de saneamiento UNIPAMPA zona 3, desarrollado por el equipo de trabajo "Grupo Construcción", que forma parte del curso de actualización de conocimientos 2006 de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. En este capítulo se exponen los componentes más resaltantes del proyecto como son: ubicación, descripción general de la zona de estudio y las obras que deberán realizarse para dotar de servicios de agua y desagüe a los futuros pobladores de la zona.

En el capítulo II se formulan las hipótesis en las que se basa el informe de suficiencia, haciendo una interpretación de los problemas que conllevan a que la ejecución de una obra fracase, y optando por la utilización de la metodología de la Cadena Crítica, basado en la Teoría de Restricciones, como herramienta para lograr minimizar el efecto de la incertidumbre y la variabilidad para evitar el fracaso de la obra.

En el capítulo III se describe, de manera clara y precisa, el procedimiento de ejecución de cada una de las partidas que están comprendidas en la ejecución de las obras de la línea de conducción de agua potable del proyecto. Se hace una descripción detallada de la forma en la que deberán ejecutarse los trabajos en esta etapa del proyecto.

Finalmente, en el capítulo IV, se propone una metodología constructiva de la línea de conducción de agua potable, basada en la Teoría de Restricciones del profesor Eliyahu Goldratt, para conseguir el éxito de la misma. Éxito entendido como cumplimiento de los objetivos pre – establecidos en el proyecto como son: costo del proyecto, plazo y tiempos pre – establecidos.

Se presenta una forma en la que se puede organizar las partidas para su ejecución basada en una secuencia lógica de cadena productiva cuyo ritmo de avance está marcado por la actividad más restrictiva que para el caso resulta ser: relleno con equipo liviano, por ser la partida con el mayor requerimiento de horas hombre y horas máquina de trabajo.

En las conclusiones y recomendaciones se señala que el uso de nuevas metodologías que trabajen en función del objetivo del proyecto, es la mejor manera de asegurar el éxito del mismo. El logro de este objetivo se puede conseguir con una programación eficiente de los tiempos y de los recursos de la obra, si trabajamos todas las partidas en función del avance de nuestra actividad más restrictiva, si subordinamos a ella todos los demás trabajos y evitamos considerar a varias partidas como críticas, ya que, en metodologías anteriores, al tratar a varias de las partidas como restrictivas un retraso en cualquiera de ellas puede ocasionar el incumplimiento del objetivo de toda la obra. Los imponderables no previstos en esta programación, como: disponibilidad de recursos oportunamente recibidos, disponibilidad de terreno de la zona de trabajo, etc, pueden ser absorbidos por la metodología de la Cadena Crítica a través del uso de los amortiguadores de tiempo y recursos. Sin embargo, antes de programar la obra, usando cualquiera de las metodologías existentes, hemos tenido en cuenta que los análisis de costos contemplen rendimientos acordes con la realidad en la que se ejecutará el proyecto, de lo contrario incurriríamos en programaciones de obra ficticias.

INTRODUCCION

El presente Informe de Suficiencia titulado "Proceso constructivo de la línea de Conducción de agua potable" forma parte del proyecto de Saneamiento UNIPAMPA Zona 3, desarrollado por el equipo de trabajo "Grupo Construcción" como parte del curso de actualización de conocimientos 2006 de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Este trabajo trata sobre el procedimiento constructivo de cada una de las partidas comprendidas en la ejecución de las obras en la línea de conducción de agua potable del proyecto.

Se describe el procedimiento a seguir para ejecutar correctamente cada una de las partidas y, en ese sentido, sirve como manual de obra para los ingenieros residentes y supervisores de las obras de saneamiento.

Finalmente propone una metodología de ejecución de esta parte del proyecto, basada en la Teoría de Restricciones propuesta en los años 80 por el profesor Eliyahu Goldratt, cuyos resultados son descritos en sus libros: La Meta y La Cadena Crítica.

Este informe es el producto de la recopilación de información de diversas fuentes para el logro del objetivo deseado: proponer una metodología de ejecución de las labores de obra en la etapa mencionada.

Finalmente se muestra la forma en la que se encuentra la Cadena Crítica del proyecto, basado en la Teoría de restricciones para, finalmente, en un diagrama de Gantt graficar el tiempo y el orden de ejecución de las tareas divididas en lotes de trabajo con su respectivo Buffer del proyecto que permite la culminación de la obra en el tiempo establecido, y el manejo de la variabilidad inducida al proyecto por parte de las personas que laborarán en él.

CAPITULO I:

ANTECEDENTES

01.01 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

El crecimiento de la población peruana, en especial de la que vive en la costa, trae consigo la necesidad de habilitar nuevas áreas urbanas que sirvan para el desarrollo de las diversas actividades humanas. La falta de planificación provoca el crecimiento caótico y/o desordenado de las ciudades. El espíritu del Proyecto de Saneamiento UNIPAMPA Zona 3 es el de planificar el desarrollo de la zona como posible centro urbano futuro, dotando de los servicios básicos de agua y desagüe.

Ubicación Política y Geográfica

Ubicación Política:

El presente estudio se ha ejecutado en la zona denominada UNIPAMPA Zona 3, ubicado en la localidad de Pampa Clarita, en el distrito de San Vicente de Cañete, Provincia de Lima, Departamento de Lima, entre las ciudades de San Vicente de Cañete y Chincha, a 300 metros del litoral peruano; a la altura del Km. 159+050 de la carretera Panamericana Sur.

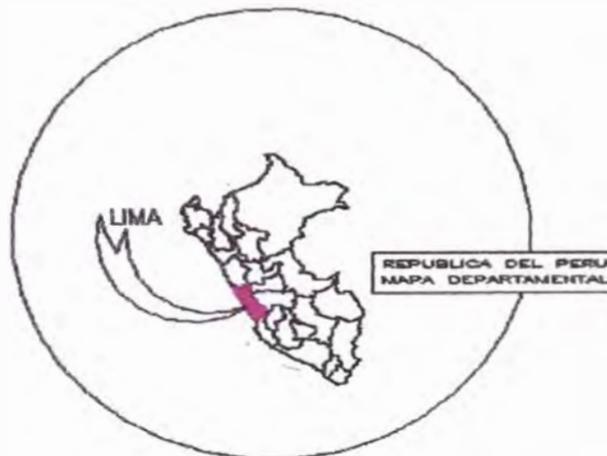


Gráfico 01.01
Mapa de ubicación departamental

Ubicación Geográfica:

Los vértices del centro poblado tienen las siguientes coordenadas:

VERTICE	NORTE	ESTE
1	8542305.16	354480.78
2	8542508.75	354763.01
3	8542245.98	354952.56
4	8542042.39	354670.33

Cuadro N° 01.01
Coordenadas UTM de los vértices de UNIPAMPA

El área que ocupa es de 112,752.00 m² con una distribución proyectada del tipo Español (damero) con 16 manzanas y 220 viviendas.

Límites:



Gráfico 01.02
Mapa de la provincia de Cañete

Norte : Distritos de San Luis, Imperial, Nuevo Imperial y Lunahuaná.
Sur : Provincia de Chincha y Océano Pacífico.
Este : Provincia de Chincha
Oeste : Océano Pacífico

Condiciones Climatológicas

El clima de la zona es cálido, con una temperatura que oscila entre los 16° y 32°, con una temperatura promedio anual de 22°C característica de la costa peruana. Los meses más cálidos son: diciembre, enero, febrero y marzo, y los más fríos son: julio y agosto.

Altitud del Área del Proyecto

El proyecto se inicia donde se ejecutarán las obras de captación de las aguas superficiales del río Cañete, en el sector denominado "La Toma", en la progresiva 0+000 del eje de la conducción de agua, y su altitud es de 290.00 m.s.n.m; ubicado en la coordenadas N 8558616.33 y E 368489.56.

Las altitudes de los vértices del UNIPAMPA Zona3, se muestran en el siguiente cuadro:

VERTICE	COTA
1	173.30
2	178.20
3	174.80
4	168.85

Cuadro N° 01.02
Cotas de los vértices de UNIPAMPA Zona 3

Vías de Acceso

La principal vía de acceso es por la carretera Panamericana Sur, a la altura del Kilómetro 159 + 050, pasando por los distritos de Lima Sur (Villa el Salvador, Villa María del triunfo), Mala, Asia, San Vicente de Cañete, hasta llegar a la zona del proyecto en un recorrido por una carretera asfaltada y de alto tránsito.

Para llegar a la zona del proyecto, se tiene que realizar el recorrido de 1 Km., desde la carretera Panamericana Sur a través de un pampa desértica (no tiene ningún tipo de vías de acceso) y la captación de ubica aproximadamente a 23 Km. de la zona de estudio.

DE	A	TIPO DE VIA	DISTAN CIA (Km.)	TIPO DE SERVICIO	TIEMPO (Hrs)
Lima	UNIPAMPA	Asfaltada	159	Bus Interprovincial	1:45
UNIPAMPA	UNIPAMPA Zona 3	No existe (pampa)	01	No existe	0:15
UNIPAMPA Zona 3	Captación	No existe (pampa)	23	No existe	5:45
Cañete	UNIPAMPA	Asfaltada	20	Bus Interprovincial y/o auto	0:25

**Cuadro N° 01.03
Accesibilidad a la zona**

Topografía de la Zona

La topografía del presente estudio, se clasifica como llana ya que presenta una pendiente en promedio de 0.5% a lo largo del desarrollo de la Línea de Conducción. La excepción son los primeros 500 metros los cuales presenta una topografía abrupta de pendiente 10%.

La topografía del terreno donde se encuentra ubicado UNIPAMPA Zona 3 es llana, la pendiente promedio es de 2.00%¹ y se manifiesta en el sentido SW-NE. Esta situada a una altura promedio de 173.80 m.s.n.m. Esto se aprecia en un plano topográfico con curvas de nivel cada metro (T01).

Geología y Suelos

Como geología del área se ha tomado en consideración las características litológicas de los terrenos formados por acumulaciones aluviales antiguas, provenientes de conos de deyección, que forman parte de la Formación Cañete (Qp-c); estos han dado lugar a conglomerados polimícticos semiconsolidados, de gravas redondeadas a subredondeadas y con intercalaciones lenticulares de arena, de granulometría variada, que pueden

¹ Obtenido del Plano de Topográfico T01.

presentar estratificación cruzada. La litología cambia hacia el Sur, pues en los acantilados del área de Jahuay y la quebrada Topará, la secuencia está constituida en su base, por arena fina a gruesa con algunos lechos de gravas pequeñas, y hacia el tope se vuelve limo-arcillosa, con intercalaciones de arena fina a gruesa en capas continuas y lenticulares, presentando en algunos horizontes estratificación cruzada. Estos depósitos de conglomerados corresponden al Cuaternario pleistocénico, estimándose entre 100 y 200 metros su espesor en la región. Esta unidad estratigráfica, ocurre más o menos extensamente en las Pampas Cinco Cruces y Jahuay, presentando en ciertos sectores, una cobertura de arena eólica que enmascara su presencia.

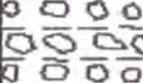
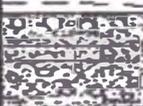
ERA	SISTEMA	SERIE	FORMACIÓN GEOLÓGICA	SECCION	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Depositos Eólicos		Acumulación de arenas eólicas de grano medio a fino
			Depositos Coluviales		Gravas, cantos y bloques sub-angulosos con matriz arena limosa
			Depositos Aluviales		Acumulación de gravas, arenas, limos y arcillas
		PLEISTOCENO	Formación Cañete		Conglomerados semiconsolidados con una matriz arena-limosa
	TERCIARIO	ENFERIOR	Formación Paracas		Areniscas, areniscas calcáreas, algunos horizontes de limolita y hacia la base un paquete de conglomerados
MESOZOICO	CRETÁCICO	ENFERIOR	Formación Morro Solar		Areniscas, lutitas ocasionales horizontes volcánicos

Gráfico 01.03
Columna Crono Estratigráfica de la Formación Cañete

Geomorfología

En el área evaluada las pampas costaneras están conformadas por terrazas aluviales antiguas cubiertas por depósitos eólicos. La morfología es bastante homogénea, de pendientes suaves y levemente disectadas por quebradas aluviales desérticas paralelas que están alineadas en dirección SW-NE.

Características Geotécnicas del Suelo

Del registro de excavación de la calicata C-1, el terreno de fundación de las estructuras es una matriz de arena de gradación uniforme de origen fluvio – aluvional (antiguo lecho del río Cañete), y por lo tanto son suelos transportados por el agua. Presenta una estratificación bien definida; no se ha podido definir el espesor de este estrato.

Por otro lado, dado que en el acantilado situado a 300m de la calicata se observa conglomerado desde la superficie, propio de la formación Cañete, es posible pensar en la existencia del mismo, el cual presentaría mejores características geotécnicas que las asumidas.

Capacidad Portante:

Para el cálculo de la capacidad Admisible se ha considerado los datos obtenidos del estudio de suelos:

Cohesión c	= 0.00 Kg./cm ²
Angulo de Fricción Interna (ϕ)	= 32.30°
Peso Volumétrico γ_m	= 1.65 grs. /cm ³

Luego, considerando la teoría de Karl Terzaghi, la Capacidad Portante Admisible se puede calcular mediante la siguiente relación:

$$q_{ad} = \frac{I}{FS} \left[\gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma \right]$$

Donde:

Peso Volumétrico del Suelo	γ	= 1.65 grs. /cm ³
Ancho del Cimiento	B	= 1.00 m
Profundidad de Cimentación	D _f	= 1.20 m.
Factor de Seguridad	FS	= 3.00
Factores Adimensionales, función de ϕ	N' _q , N' _γ ,	

Reemplazando valores, se obtiene:

$$q_{ad} = 2.64 \text{ Kg. /cm}^2$$

Contenido de Sales:

Se realizó el análisis físico-químico a un estrato en particular situado a una profundidad de 0.40 – 0.50m, el cual por su color y consistencia se presumía contendría gran cantidad de sales, obteniendo los siguientes valores:

Calicata N°	Profundidad (m)	Cloruros p.p.m	Sulfatos p.p.m	Ph
M-1	0.40 – 0.50	8,325	16,723	8.60

Cuadro N° 01.04
Contenido de Sales – Valores obtenidos

De los valores obtenidos se puede clasificar como una exposición muy severa a sulfatos². Pero dado que este estrato se encuentra superficial y es de poco espesor, se recomienda eliminar el material que contenga este estrato. Realizado esto se podrá trabajar con Cemento Pórtland Tipo I.

Población

En la zona donde se ejecutará el proyecto, no existe población a la actualidad, sin embargo se prevé que en el futuro será urbanizada y necesitará dotársele de los servicios básicos de agua y desagüe.

Para ello se han tomado datos de poblaciones existentes y colindantes a la zona del proyecto, a fin de que proporcione los datos para estimar la población futura de la localidad.

² Norma Técnica de Edificaciones E.060

Localidad	Censo 1961	Censo 1972	Censo 1981	Censo 1993	Censo 2005
San Vicente de Cañete	14 712	16 737	22 957	32 548	54 874
Cerro Azul	2 035	2 628	3 478	5 124	8 930
San Luis	6 096	6 354	7 977	10 159	15 300

**Cuadro N° 01.05
Datos de Censos en localidades estudiadas³**

Servicios Básicos

Se está proyectando los siguientes servicios básicos que tendrá UNIPAMPA Zona 3, tal es el caso de:

Educación: 01 colegio dividido en 01 CEI, 01 nivel primario y 01 nivel secundario.

Salud: 01 Centro de Salud.

Agua y Desagüe: 01 empresa prestadora del servicio básico.

Electricidad: 01 empresa prestadora del servicio básico.

Comercio: 01 Mercado.

Instituciones: Municipalidad, Comisaría, Iglesia, Centro de Recreación, Terminal Terrestre.

Enfermedades Predominantes

Según la información brindada por el Centro de Salud del Distrito de Nuevo Imperial las enfermedades predominantes en la zona, son en primer lugar las Infecciones Respiratorias Aguda (IRA) seguida de las infecciones gastrointestinales (EDA); así tenemos:

³ Fuente: I.N.E.I.

Causa de Enfermedad	2003	2004
	%	%
1) Infecciones de las vías Respiratorias	22	20
2) Infecciones Intestinales	10	7
3) Enfermedades de Cavidad Bucal y G.L. Saliva.	6	7
4) Síntomas y Signos que Involucran el Sistema.	3	2
5) Dermatitis y Eczemas	2	2
6) Micosis	2	1
7) Helmintiasis	2	1
8) Otras Enfermedades del Sistema Urinario.	1	1
9) Desnutrición	1	1
10) Infecciones de la Piel y Tejido Subcutáneo	1	1
11) Síntomas y Signos Generales	1	1
12) Infecciones C/Modo Predo. Sexual	1	1
13) Otros Trastornos relacionados con el Parto	1	0
14) Otros	48	53

Cuadro N° 01.06
Principales causas de morbilidad 2003-2004
Fuente: Centro de Salud de Nuevo Imperial

Alcances Financieros del Servicio⁴

Ya que la población de UNIPAMPA no existe, se considerará para dar estos alcances, los datos obtenidos de la EPS EMAPA CAÑETE y la Reformulación del Estudio de Prefactibilidad del Proyecto "Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado en el distrito de Nuevo Imperial".

Tarifa

La tarifa mensual que se paga actualmente por el servicio de agua, desagüe y baja policía es como sigue:

⁴ Municipalidad Distrital de Nuevo Imperial, Reformulación del Estudio de Prefactibilidad del Proyecto "Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado en el distrito de Nuevo Imperial". 2006

Tipo de Servicio	Tarifa por consumo de Agua (S/.)	Tarifa por Desagüe y Limpieza Pública (S/.)	Total S/.
Servicio Doméstico	6.50	3	9.50
Servicio Comercial	7.50	3	10.50
Casa Huerta	8.50	3	11.50

Cuadro N° 01.07
Cuadro de datos tarifarios según tipo de servicio y tipo de usuarios

Esquema Tarifario Recomendado

Aspectos Básicos de Precios

Para proyectar la tarifa en la localidad de UNIPAMPA se ha tomado en cuenta:

- La estratificación de la población por niveles de ingresos.
- La capacidad de pago resultante de las encuestas realizadas en la localidad.
- La tarifa cubrirá los costos de operación y mantenimiento, depreciación de bienes, servicio de deuda, utilidad del operador y aportes a las inversiones.
- Se planteará una tarifa constante a mediano plazo a ser sustituida gradualmente por cobro según el volumen de consumo.

De la evaluación socio económica de la localidad realizada en una muestra de viviendas (256 encuestas) distribuida según zonas predeterminadas, ha sido posible clasificar a la población por niveles de ingreso.

Según los resultados de la encuesta, el 30,7% de las familias de Nuevo Imperial tienen ingresos familiares entre 251 a 500 soles y el 20,2% tiene ingresos superiores a los 1000 soles. En el otro extremo, el 22,4% de las familias tienen ingresos inferiores o iguales a 250 soles. El ingreso promedio familiar alcanza a 714.5 soles.

Ingresos	Total
Familiares	(%)
Total	100,0
Hasta 250 soles	22,4
De 251 a 500 soles	30,7
De 501 a 750 soles	10,5
De 751 a 1000 soles	16,2
Más de 1000 soles	20,2

Cuadro N° 01.08
Nuevo Imperial: Ingresos familiares

El 53,8% de los usuarios del servicio de agua potable estarían dispuestos a pagar entre 6 a 10 soles, en tanto que, el 39,2% pagaría hasta 5 soles.

Monto que pagarían	Total
los usuarios	(%)
Hasta 5 soles	39.2
De 6 a 10 soles	53.8
Más de 10 soles	7.0

Cuadro N° 01.09
Nuevo Imperial: Monto que estarían dispuestos a pagar los usuarios

A través de las encuestas se estimó que el ingreso de las familias en esta localidad es en promedio S/. 714.5 /mes y considerando el 5% como la proporción máxima del ingreso que se debería destinar al pago de los servicios de agua potable y alcantarillado, se determinó que el promedio de la capacidad de pago, es de S/. 35.73 mensual por familia.

Teniendo en cuenta que la capacidad de pago está definida como el máximo ingreso destinado a cubrir gastos en agua y alcantarillado, es conveniente realizar una comparación con la tarifa actual para ver si los beneficiarios se encuentran en la posibilidad de pagar dicha tarifa, bajo el supuesto de sostenibilidad financiera del Proyecto (las inversiones son cubiertas por recursos nacionales y los beneficiarios mayormente de estrato económico bajo, cubren los costos de operación y mantenimiento).

Con este propósito, se determina la capacidad de pago por m³ de agua, tomando en cuenta el consumo promedio estimado con proyecto para la localidad.

CONSUMO PROMEDIO DE AGUA MEDIDO	TARIFA DE AGUA Y DESAGÜE x m³	CAPACIDAD DE PAGO PROMEDIO
(m ³ / mes)	(S/.)	(S/. x mes)
17.40	2.05	35.73

Cuadro N° 01.10
Tarifa de Agua Potable y Alcantarillado, con la Capacidad de Pago Promedio de los Usuarios

01.02 INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO

El Proyecto de Saneamiento UNIPAMPA Zona 3 tiene como finalidad dotar de los servicios básicos de Agua Potable y Desagüe a la futura población de la urbanización UNIPAMPA Zona 3.

Población de Diseño

La población de diseño ha sido calculada para un periodo de 40 años. Dado que no se conoce el comportamiento de crecimiento de la población de UNIPAMPA Zona 3, se ha tomado como referencia los parámetros de crecimiento de las poblaciones aledañas para estimar el crecimiento de la población motivo del estudio. Los distritos estudiados son: San Vicente de Cañete, Cerro Azul y San Luis.

Los métodos utilizados para la estimación de la población futura de diseño son los analíticos, basados en estimaciones matemáticas y estadísticas.

De todos los métodos estudiados los que nos permitían una mejor correlación de los datos trabajados son: Método de Interés Simple y Método Geométrico. Los resultados obtenidos para los parámetros de crecimiento son los siguientes:

DISTRITO	METODO	INTERES SIMPLE r_{prom}	GEOMETRICO r_{prom}
San Vicente de Cañete		0.092171717	1.030383479
Cerro Azul		0.092171717	1.033835563
San Luis		0.092171717	1.021100980
PROMEDIO		0.092171717	1.028443047

Cuadro N° 01.11
Parámetros de Crecimiento de la Población estudiada

Población Actual:

Para la estimación de la población actual se ha usado la densidad poblacional recomendada en la Norma OS.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones⁵. De acuerdo al número de viviendas y la densidad poblacional se obtiene la población actual que se muestra en el cuadro siguiente:

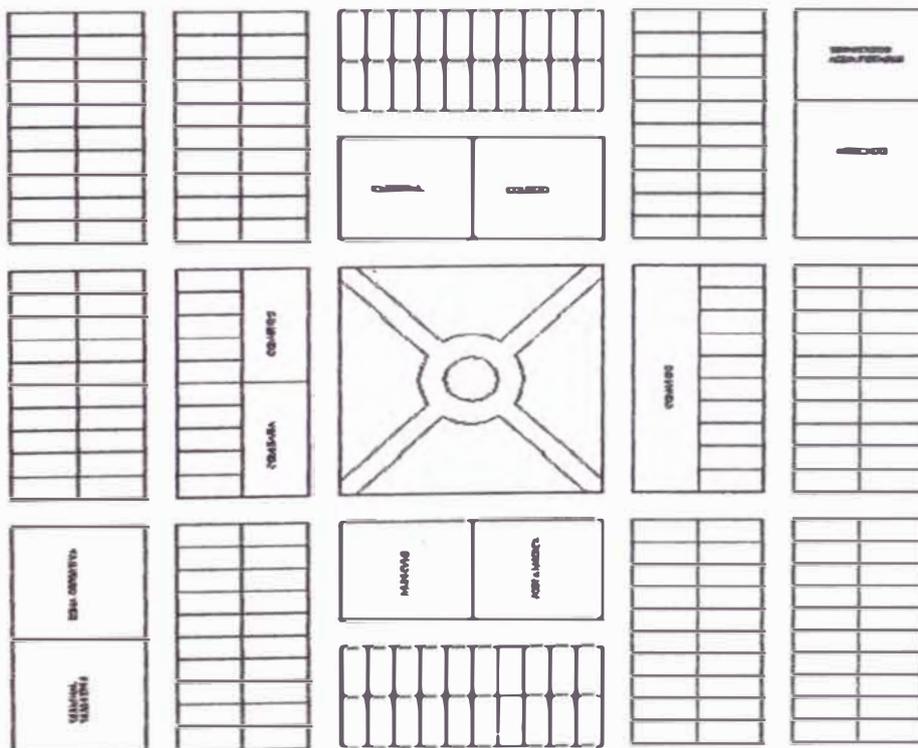


Gráfico 01.04
Plano de distribución de UNIPAMPA Zona 3

⁵ CAPITULO II.- EN AGUA POTABLE: Artículo 8.- Población del R.N.E.

Número de Viviendas (del plano mostrado) viviendas	Densidad Poblacional (del R.N.E.) habitantes / vivienda	Población Actual habitantes
220 viv.	6 hab./viv.	1320 hab.

**Cuadro N° 01.12
Calculo de la población actual**

Periodo de Diseño:

Según los reglamentos existentes (SEDAPAL, R.N.E.) los periodos de diseño recomendables son:

Para poblaciones de 2,000 hasta 20,000 habitantes se considera 15 años.

Para poblaciones de 2,0000 a más habitantes se considera 10 años.

Sin embargo, por motivos de diseño y cálculos se nos ha pedido trabajar con el siguiente período de diseño:

Período de diseño = 40 años

Población Futura:

Para el cálculo de la población futura se ha utilizado los dos métodos y como resultado para el diseño se ha optado por usar el promedio obtenido con ambos, el cual se detalla a continuación:

METODO	INTERES SIMPLE	GEOMETRICO
POBLACION (Año 40)	6186	4053
POBLACION DE DISEÑO (Promedio de ambas)		5119 hab.

**Cuadro N° 01.13
Población de diseño UNIPAMPA Zona 3**

Condición Económica de la Población

Se ha proyectado que el crecimiento poblacional del distrito de San Vicente de Cañete será la que demande de nuevos centros urbanos donde establecerse. UNIPAMPA Zona 3 estará poblado básicamente por las generaciones futuras de los pobladores que actualmente habitan el centro

urbano de San Vicente, y cuyas actividades económicas no diferirán grandemente de las que en la actualidad realizan los pobladores de este distrito.

Esta característica de crecimiento hacia las zonas aledañas al centro urbano es posible apreciarla si se visita los asentamientos humanos que se encuentran en la periferia. Los pobladores de asentamientos humanos como "Las Lomas" son, en su mayoría, hijos de pobladores del centro urbano de Imperial, San Vicente de Cañete y Lunahuaná y se dedican a actividades económicas similares a las de sus padres, es decir a la agricultura, agroindustria, comercio y labores del estado básicamente⁶.

Por estos antecedentes podemos considerar que los pobladores de la zona tendrán un nivel económico medio a bajo, y la capacidad de pago por los servicios de agua potable y desagüe no será suficiente para justificar un proyecto de saneamiento con inversión privada, sin embargo la justificación social del proyecto es una realidad, por lo que debe ser el estado quien provea de los servicios básicos a la población de UNIPAMPA Zona 3.

Por este motivo se ha decidido que las obras a proyectarse deben tener un costo de ejecución alto y un costo de operación y mantenimiento bajos.

Características del Consumo de Agua Potable

Dotación

La dotación del agua es el consumo del líquido vital que se le da a un habitante por día. La dotación esta en función de la población, el clima de la zona y las características del lugar.

La dotación se ha tomado del Reglamento Nacional de Edificaciones según el cuadro siguiente:

⁶ Según encuesta realizada en el Asentamiento Humano "Las Lomas"

DESCRIPCION	DOTACION
Habilitaciones Urbanas	250 lt/hab/día ⁷

Cuadro N° 01.14
Dotación (l/s)

Caudal Promedio Anual

Es el consumo promedio durante un año de registro, expresado en litros por segundo. El caudal promedio es el resultado de la estimación de consumo per-capita para la población futura del periodo de diseño.

El caudal promedio anual, se calcula de la siguiente manera:

$$Q_m = \frac{\text{Dot} \times \text{población}}{86400}$$

De donde tenemos: $Q_m = 14.81$ lts/seg.

Caudal Máximo Diario

Es el consumo máximo diario de una serie de registros observados durante todo el año. El caudal máximo diario se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{md} = K_1 \times Q_m$$

Donde $K_1 = 1.3$ (Factor de Consumo de agua potable)⁸.

De donde tenemos: $Q_{md} = 19.25$ lts/seg

Por cuestiones de diseño se esta considerado el uso del siguiente caudal máximo diario:

$$Q_{md} = 20.00 \text{ lts/seg}$$

⁷ del R.N.E. para zonas cálidas
⁸ del R.N.E.

Caudal Máximo Horario

El caudal máximo horario se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo. El caudal máximo horario se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_m$$

Donde $K_2 = 2.5$ (Factor de Consumo de agua potable)⁹

De donde tenemos:

$$Q_{mh} = 37.10 \text{ lts/seg}$$

Estudio del Agua

Estudio de la Fuente

Se ha decidido tomar como fuente de abastecimiento, las aguas del Río Cañete. Este río presenta un régimen permanente (en época de estiaje no se seca) y garantiza la dotación de agua que necesitamos para el proyecto.

Los caudales garantizados se muestran en la siguiente tabla, obtenidos del registro de la Estación Socsi.

PERSIS TENCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
$Q_{50\%}$	73.7	128.8	124.6	59.0	25.9	16.3	12.7	11.3	10.4	11.2	17.5	32.7
$Q_{75\%}$	54.2	92.5	90.2	43.7	19.5	13.6	11.1	9.4	8.5	8.8	12.0	17.2
$Q_{95\%}$	31.6	26.3	58.1	24.6	15.8	9.7	8.2	7.3	7.5	7.6	9.3	11.2

Cuadro N° 01.15
Caudales garantizados Estación Socsi (de los caudales medios mensuales)¹⁰

Del cuadro N° 01.15 podemos observar que aún con una Persistencia del 95% el caudal mínimo garantizado es de 7.3 m³/seg para el mes de Agosto. Este caudal es suficientemente mayor al que necesitamos captar.

⁹ del R.N.E.

¹⁰ Portal Agrario, Ministerio de Agricultura, Exposición de la Ing. Marisa Silva

Características Físicas y Químicas del Agua de la Fuente

Una inspección visual simple nos permite observar que el río Cañete, sobretodo en épocas de avenida, arrastra sedimentos y arenas que será necesario eliminar como parte del proceso de potabilización del agua.

En campo se determinó con el Turbidímetro¹¹ que la turbidez del agua de la fuente fue de 183 UNT. Del mismo modo se determinó el pH = 8.3 (en el rango básico), recomendable para uso de consumo humano. La temperatura fue de 18°C.

01.03 Estructuras Proyectadas

Las estructuras que deberán proyectarse y su correspondiente ubicación dependen del estudio económico, la calidad del agua de la captación, las características topográficas de la zona, la demanda de agua potable, la demanda de desagüe, y las características geotécnicas y geomorfológicas de la zona.

En este sentido se ha decidido proyectar las siguientes estructuras:

ESTRUCTURA	UBICACIÓN	COTA (m.s.n.m.)
Captación	Km 0+000 Río Cañete	290.00
Canal de Derivación	Km 0+000 – 0+300	290.00 -261.20
Planta de Tratamiento	Km 0+300	261.20
Línea de Conducción	Km 0+300 – 23+189.40	261.20 – 177.45
Reservorio	Km 23+189.40	177.45
Red de Distribución de Agua Potable	UNIPAMPA Zona 3	178.20 – 168.85
Red de Desagüe	UNIPAMPA Zona 3	178.20 – 168.85
Planta de Tratamiento de Desagüe	Pampa Clarita	122.30
Emisor	Mar peruano	0.00

Cuadro N° 01.16
Ubicación de las estructuras proyectadas

¹¹ Equipo para medir la turbidez

Los parámetros de diseño para las diferentes estructuras se muestran en el siguiente cuadro:

Criterios y Parámetros Importantes	Localidad Zona 03 - UNIPAMPA	Estructura proyectada
Población Futura (habitantes)	5119 hab	—
Dotación (l/hab/día)	250 l/hab/día	—
Qmedio (Q _m) (l/s)	14.81 l/s	—
Qmax diario (Q _{md}) (l/s)	20.00 l/s	Línea de Conducción.
Qmax horario (Q _{mh}) (l/s)	37.10 l/s	Redes de Distribución de Agua y Estructuras de Desagüe
Volumen de regulación (m ³)	450 m ³	Reservorio elevado

Cuadro N° 01.17
Parámetros de diseño de las estructuras proyectadas

Estructura de Captación (Bocatoma)

La estructura de captación es una bocatoma de tipo convencional que se construirá en el sector conocido como "La Toma", progresiva Km. 0+000 en el brazo izquierdo del río Cañete, dicha estructura ha sido proyectada para captar un caudal de 1m³/s con fines de riego y abastecimiento de agua potable. La bocatoma se ha diseñado para un caudal máximo de avenida estimado para un periodo de retorno de 50 años, el caudal de diseño es de 280.0m³/s, la estructura consta de un barraje mixto, canal de limpia (3 compuertas radiales), estructura de captación (ubicada sobre la margen derecha del brazo del río), desarenador, muros y diques de encauzamiento. La longitud del barraje es de 55.0m y el ancho del canal de limpia de 5.40m, la altura de la toma se ubica a 1.12m del lecho del río, la altura del barraje es de 1.75m y la longitud del colchón dissipador resultó de 10.26m. El desarenador tiene una longitud de 9.62m y un ancho promedio de 1.60m, la altura de los muros de encauzamiento es de 3.71m.

Canal de Derivación

Se conducirá las aguas captadas de la bocatoma a través de un canal abierto de concreto de aproximadamente 300 metros de longitud hasta la Planta de Tratamiento ubicada en la cota 261.20msnm, del cual se captará el caudal máximo diario para la realizar el diseño de la Planta de Tratamiento, Línea de Conducción y el Reservorio de almacenamiento, para el posterior abastecimiento a la Zona 03 – UNIPAMPA.

Planta de Tratamiento

Con respecto a la Planta de Tratamiento, se ha considerado construir un Desarenador, Pre Filtro de Grava y un Filtro Lento, debido a los resultados obtenidos del análisis del agua y siguiendo las recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones. Estas estructuras serán de concreto armado.

El Desarenador, estará ubicado al ingreso de la Planta de Tratamiento y con la cual se eliminará el 75% de las partículas de 0.1mm de diámetro y mayores.

El Pre Filtro de Grava, se ha diseñado con 04 unidades paralelas, de dimensiones: 2.5m de altura y 6.20m de longitud; cuya turbiedad de ingreso es de 183 UNT y obteniendo una turbiedad de salida de 20 UNT, lo cual cumple con los requerimientos del R.N.E.

El Filtro Lento, se ha diseñado con 02 unidades paralelas, de dimensiones: 12.65m de ancho y 9.50m de longitud, considerando una altura de arena de 0.80m de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones.

Línea de Conducción

La Línea de Conducción se diseñará con el caudal máximo diario, con los parámetros del Reglamento Nacional de Edificaciones. Se está considerando la utilización de tuberías de PVC por ser de mayor utilización, económicas y de fácil transporte e instalación en las zonas de trabajo. Se conducirá las aguas a través de tuberías de PVC de 8" de diámetro, utilizando las diferentes clases de tuberías 5, 7.5, 10 y 15 que se comercializan en el mercado de acuerdo a las

condiciones de presión de trabajo. Así mismo se están considerando las válvulas de aire y de purga de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento Nacional de Edificaciones, teniendo en cuenta las velocidades mínimas y máximas que se transportan en las tuberías.

No se considero cámaras rompe presiones en el proyecto, debido a que la topografía existente presenta un relieve de pendiente muy suave, al cual no genera altas presiones en el desarrollo de la línea de conducción, el cual no amerita la instalación de estas obras de arte.

La línea de conducción se desarrollará desde la última junta bridada en la planta de tratamiento en la progresiva 0+300 hasta la progresiva 23+189.40, donde se encuentra ubicado el reservorio de almacenamiento.

Reservorio

La elección del tipo de reservorio a construir depende de la topografía del terreno y del volumen de almacenamiento requerido. El volumen de almacenamiento se compone por el volumen de regulación, el cual se diseña con el caudal medio (25%), y el volumen de reserva, el cual se diseña con el caudal máximo diario (7%). Para el presente proyecto no se ha considerado el volumen contra incendio dado que la población futura es menor de 10,000 hab.¹²

El volumen de almacenamiento calculado es: $V_{alm.} 441m^3$, sin embargo, para los cálculos estructurales se ha considerado que el volumen de almacenamiento será: $V_{alm.} 450 m^3$.

Así mismo del estudio de las presiones mínimas requeridas por cada lote se concluye que la carga estática es de 20.0 m de altura. El reservorio se encuentra ubicado estratégicamente en la cota 174.50 m.s.n.m. del alineamiento de la línea de conducción, en la progresiva 23+189.40.

El reservorio elevado será del tipo INTZE, dado que ofrece mejor comportamiento estructural para reservorios de grandes volúmenes¹³.

¹² Del R.N.E

¹³ Moral, F., "Hormigón armado", Editorial Continental S.A. México, 1955

Red de Distribución de Agua

La Red de Distribución, se diseñará con el caudal máximo horario y estará de acuerdo al plano urbanístico (lotización) de la localidad UNIPAMPA Zona 3 el cual se ha proyectado. Se adaptará una distribución de caudales en un sistema de circuito cerrado (tipo malla), para realizar una primera estimación de los caudales en función a las longitudes de desarrollo de las tuberías de la red.

Posteriormente, por cálculos hidráulicos, se procederá a determinar los diámetros, presiones, y velocidades las cuales deben satisfacer las condiciones máximas y mínimas para las diferentes situaciones de análisis que puedan ocurrir.

En tal sentido la red de distribución deberá mantener las presiones de servicio mínimas, que sean capaces de llevar el agua al interior de las viviendas (zonas altas) y deberán existir limitaciones de presiones máximas tales que no provoquen daños en las conexiones y que permitan el servicio sin mayores inconvenientes de uso (zonas bajas).

Se empleará tuberías de PVC, de diámetros comerciales que se encuentran en el mercado, lo que permite reducción de costos además de facilidad de transporte e instalación.

Red de Desagüe

Las redes de desagüe que se proyectarán serán de tubería PVC, de diámetro mínimo 8", con buzones de inspección cada 80 ml como máximo y en las intersecciones de las calles de UNIPAMPA Zona 3. Se tendrá muy en cuenta la topografía de la zona para la colección de las aguas residuales. Así mismo se busca con ello minimizar en lo posible movimientos de tierra innecesarios y abaratar de este modo los costos.

Se diseñará la red cumpliendo con los requisitos exigidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones, especificaciones técnicas para la ejecución de obras de SEDAPAL.

CAPITULO II:

FORMULACION DE HIPOTESIS (Metodología de trabajo)

02.01 HIPÓTESIS

Los problemas en la ejecución de los trabajos de construcción, como son las líneas de conducción de agua potable, se deben primeramente al desconocimiento de los procedimientos constructivos de cada una de las actividades comprendidas por parte de las personas involucradas en la obra, y segundo, al manejo inadecuado de la incertidumbre y la variabilidad que son inevitables en cada proyecto.

Detallar con claridad los procedimientos constructivos de las partidas involucradas, describiéndolas en su totalidad y de principio a fin, es la primera solución que se debe adoptar para el problema.

Sin embargo, no es suficiente conocer la forma en la que se deben trabajar las partidas de manera independiente, si no que es indispensable relacionar su ejecución entre sí con la finalidad de organizar un cronograma de ejecución de obra que nos conduzca al éxito del proyecto, entendiendo como éxito al cumplimiento de los parámetros pre – establecidos como son: costo del proyecto, plazo y tiempos pre – establecidos.

La nueva metodología de la "Cadena Crítica", basado el Teoría de Restricciones, propone una serie de herramientas para absorber la variabilidad inevitable, que es inducida al proyecto por parte de los propios involucrados y/o por eventos impredecibles, por medio de amortiguadores de tiempo y de recursos, que nos protejan de los problemas que se puedan presentar.

Con la Cadena Crítica no sólo reduciremos el tiempo de culminación del proyecto, si no que aseguraremos el cumplimiento de los costos y calidad establecidos inicialmente. Según esta metodología se postula que el mecanismo de medición y control debe centrarse en ajustar el porcentaje de avance en cada partida en función de la "Cadena Crítica" del proyecto. Los inicios tempranos y los inicios tardíos, dentro de las rutas no críticas, son otra de las grandes

interrogantes que existen para planificar correctamente nuestras obras. La Teoría de Restricciones optimiza su uso en beneficio de nuestra obra.

La descripción de los procedimientos constructivos de cada una de las partidas comprendidas en el proceso constructivo de la línea de conducción de agua potable, pasa por una revisión exhaustiva de la bibliografía con la que se cuenta a la fecha, respecto del tema. Ordenar esta bibliografía orientándola de tal manera que sirva como una manual de obra, es la finalidad de esta parte del informe de suficiencia presentado.

Sin embargo, la parte central de nuestro tema se centra en investigar la "Teoría de Restricciones"¹, para proponer un procedimiento de ejecución de las labores propias de la obra que permitan optimizar los recursos destinados a ella y terminarla en el plazo establecido.

¹ De Eliyahu M. Goldratt en sus libros "Cadena Crítica" y "La Meta"

CAPITULO III:

DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE CADA PARTIDA

03.01 TRABAJOS PRELIMINARES

Trazos, Niveles y Replanteo

La finalidad del trazo y replanteo es la de inscribir el eje de la línea de conducción en el terreno de acuerdo a los planos del proyecto que se encuentran en el Estudio Definitivo en base al cual se licitó la obra.

Trazo y Replanteo del Eje de la Línea de Conducción

Para comenzar el trazado de la línea de conducción deberemos ubicar el Bench Mark (BM) en el inicio del eje, el mismo que se encuentra en la bocatoma de captación en el río Cañete, y que debe contener datos de altura y posición.

Para la ubicación de este punto podemos recurrir a un navegador GPS que nos permita encontrar el hito de concreto definido como BM1.

A partir de este punto, y según lo indicado en los planos, ubicaremos los demás puntos que definan la poligonal en la que nos apoyaremos para realizar las correcciones que fueran pertinentes. Esta poligonal debe constar de por lo menos 3 puntos o BM, uno principal y 2 auxiliares, todos ellos deberán ser ubicados en campo.

Una vez ubicados los puntos de la poligonal se deberá buscar el punto denominado Km 0+000 (inicio de la Línea de Conducción) haciendo uso de las distancias y azimuts desde cada uno de los puntos de la poligonal y según lo indicado en los planos. En caso de que el punto Km 0+000 no se encuentre debidamente estacado, se deberá realizar este trabajo, para lo cual es recomendable colocar un hito de concreto indicando las características del punto que servirá como elemento de control topográfico.

Una vez ubicado el punto Km 0+000 procederemos a ubicar cada uno de los PI (punto de inflexión de eje), según lo indicado en los planos utilizando los métodos de "ángulos y distancias" o "Método por coordenadas". Para medir los ángulos debemos contar con equipo topográfico ya sea teodolito mecánico o Estación Total. Se deberá controlar que la medición de las distancias sea lo más óptimo posible. La medición se debe hacer con distanciómetro realizando como mínimo cuatro (4) mediciones, 2 desde el PI_i hacia el PI_{i+1} y 2 mediciones desde el PI_{i+1} hacia el PI_i .

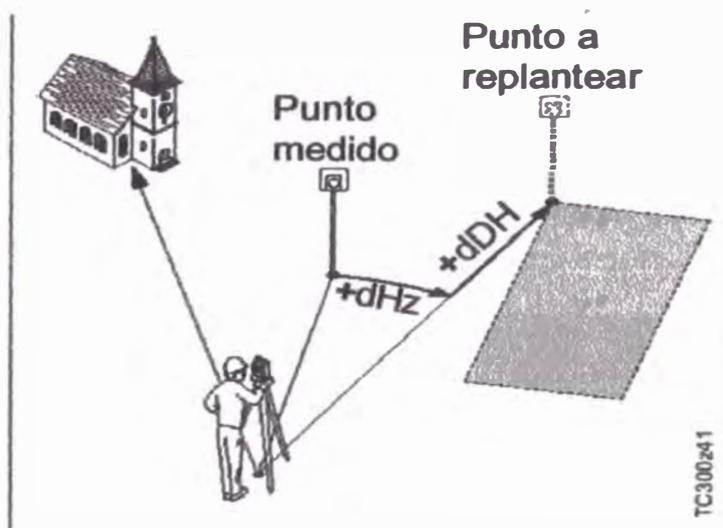


GRAFICO N° 03.01: Replanteo de un punto topográfico¹

Al mismo tiempo que se ubica el alineamiento correcto de la línea de conducción se deberá estacar el mismo cada 50 m. Es recomendable usar estacas de madera o similares en las que sea posible inscribir el kilometraje correspondiente. Cada 500 m se deben colocar puntos de control o BM's (en caso no se ubiquen los puntos dejados por el proyectista). En caso de que los puntos de control dejados por el proyectista se encuentren en la zona se deberán hacer las correcciones de kilometraje que sean necesarios solicitando la inspección del supervisor de obra. Estos BM's servirán para las etapas de control topográfico del proyecto.

En los lugares donde los planos indiquen la ubicación de obras que formen parte del proyecto como: planta de tratamiento, cámaras de aire y

¹ Del Manual de Estación Total, Leica

purga, etc. se deberá colocar hitos de referencia con el nombre y número de la obra a proyectar para permitir el control topográfico respectivo.

Nivelación del Eje

El trabajo de nivelación del eje de la línea de conducción se debe realizar con nivel mecánico o electrónico, por ningún motivo se debe realizar con teodolito o estación total.

La nivelación debe empezar haciendo "Vista Atrás" en el BM ubicado en la bocatoma o captación con el nivel topográfico, cuya cota la ubicaremos en los planos respectivos. De allí en adelante encontraremos las cotas de cada una de las estacas colocadas según el ítem anterior. Las discrepancias de niveles entre los planos y lo encontrado en campo deberán ser inmediatamente puestas en conocimiento de la supervisión.

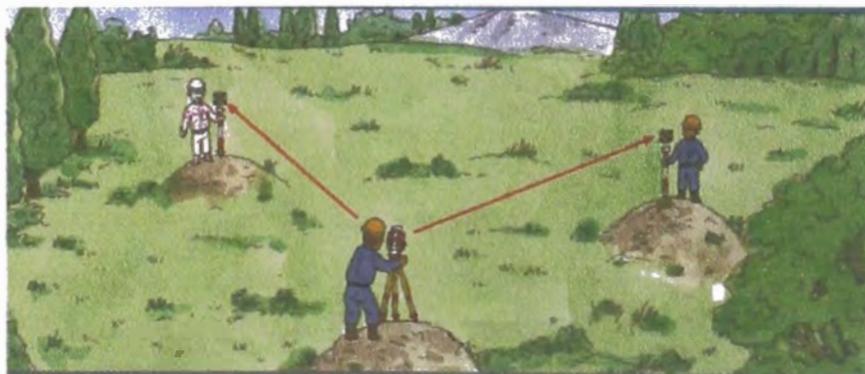


GRAFICO N° 03.02: Nivelación de un punto topográfico²

La nivelación se deberá realizar entre tramos de 500 m de longitud de ida y vuelta, la misma que debe dar como margen de error de cierre de nivelación lo siguiente:

$$\xi = 0,02\sqrt{k}$$

Donde:

K= distancia en kilómetros (0.5 km o 500 m, recomendado).

² Del manual de Estación Total, Leica

Por lo tanto el error de cierre de nivelación máximo será de 1.4 cm para cada tramo de 500 m, luego de lo cual se harán las correcciones de cotas respectivas en cada una de las estacas (trabajo de gabinete).

Al corregir en gabinete las cotas de cada estaca se deberá trazar también la línea de gradiente definitiva (cota de fondo de zanja final).

En cada una de las estacas (cada 50 m) se deberá inscribir la cota respectiva, así como la altura de corte o relleno con respecto al fondo de zanja terminada, según lo replanteado.

Secciones de Corte y Relleno

En cada una de las estacas (cada 50 m) se deberá tomar la forma de la sección del terreno en forma transversal al eje, esto con la finalidad de determinar los volúmenes de corte y relleno a realizar.

A partir de la estaca del eje se debe nivelar como mínimo 5 puntos cada 1 m a la derecha e izquierda del mismo, con la finalidad de obtener secciones transversales del terreno.

Estas secciones deberán ser procesadas en gabinete para compararlas con las de la etapa del proyecto. Los nuevos volúmenes serán calculados por el método de "Abundar los cortes" u otro procedimiento topográfico o software aprobado por el Supervisor.

Control Topográfico

Se entiende por "Control Topográfico" al trabajo que se debe realizar durante la ejecución de la obra.

Cuando se esté llevando a cabo el Movimiento de tierras se deberá controlar los niveles de corte y relleno a partir de las estacas ubicadas en campo y a partir de los BM's ubicados cada 500 m; así mismo se deberá controlar que el alineamiento de la línea de conducción sea el correcto, para lo cual se deberá contar permanentemente con la presencia del topógrafo.

Se deben controlar los niveles de corte ya que las sobre excavaciones no serán motivo de ampliación de presupuesto por ser responsabilidad del ejecutor. También se debe controlar que la tubería sea tendida exactamente en el alineamiento planteado en los planos de replanteo. En caso de pérdida de estacas o problemas similares se deberán reubicar los mismos a partir de dos (2) puntos con ubicaciones conocidas utilizando el método de coordenadas y azimut.

03.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS EN ZANJAS

Excavación en Zanjas Terreno Natural con Equipo

Remoción, Despejado y Desmalezado

Como condición preliminar, todo el sitio de la excavación en corte abierto, será primero despejado de todas las obstrucciones existentes.

- A. **Despejado y Desmalezado.** El despejado y desmalezado consiste en la eliminación total de materiales inconvenientes y obstrucciones que se encuentren arriba y debajo de la superficie del suelo. Para el despejado de materiales de poco tamaño (pequeños arbustos, residuos de basura, etc.) se deberá utilizar mano de obra no calificada, para las obstrucciones de mayor peso se deberá utilizar maquinaria pesada.
- B. **Remoción.** Todos los desechos y residuos del material resultante de despejado y desmalezado deberán ser removidos de la zona y eliminado por el Contratista.

Clasificación del Terreno³

Antes de proceder a ejecutar las labores de movimiento de tierras se debe definir el tipo de material que se encuentra en la zona de excavación. Esta clasificación debe hacerse en la etapa de "trazo y replanteo" por personal calificado (geólogo o ingeniero especialista en geotecnia), con presencia de la Supervisión y cuyos resultados deben estar plasmados en los planos de replanteo del proyecto. Los volúmenes

³ De las Especificaciones técnicas para la ejecución de obras de SEDAPAL. Cap. III, Pág. 2-3

de corte de cada tipo de material serán definidos en porcentajes de los volúmenes extraídos según lo encontrado en el campo. Para esta clasificación se consideran los siguientes tipos de terreno básicos:

a) Terreno Normal: Son los que pueden ser excavados sin dificultad por el equipo mecánico, y pueden ser:

a.1.- Terreno Normal Deleznable Suelto, conformado por materiales sueltos tales como: Arena limosa, gravillas, etc., que no pueden mantener un talud estable superior de 5:1.

a.2.- Terreno Normal Consolidado o Compactado, conformado por terrenos consolidados tales como: hormigón compacto, afirmado o mezcla de ellos, etc., los cuales pueden ser excavados sin dificultad con el equipo mecánico.

b) Terreno Semirocoso: El constituido por terreno normal, mezclado con bolonería de diámetros de 200 mm hasta 750 mm y/o con roca fragmentada de volúmenes de 4 dm³ hasta 230 dm³ y, que para su extracción no se requiera equipos de rotura y/o explosivos.

c) Terreno de Roca Descompuesta: Conformado por roca fracturada, empleándose para su extracción equipo mecánico y en que nos es necesario el uso de explosivos.

d) Terreno de Roca Fija: Compuesto por roca ignea o sana, y/o bolonería mayores de 750 mm de diámetro, en que necesariamente se requiere para su extracción de explosivos o procedimientos especiales de excavación.

Excavación de Zanjas

1. Condiciones Generales

Las condiciones generales para la excavación de zanjas en cualquier tipo de terreno son las siguientes:

- a) **Trazado en Campo:** Para el trazado del ancho de la zanja en campo se deberá usar tiza y cordeles que unan dos estacas (cada 50 m) y medir con wincha 0.30 m a cada lado del eje de la línea de conducción. Se deberán unir estos puntos a cada lado del eje usando cordeles y marcando estos nuevos alineamientos con tiza de tal manera que sea visible para el operario del equipo a utilizar.
- b) **Cambios en la Alineación y Pendiente:** En el caso que obstrucciones no mostradas en los planos sean encontradas durante el desarrollo de la obra y se requiera la alteración de los alineamientos, se deberá solicitar permiso al Supervisor para modificar los planos y ordenar la desviación necesaria de la alineación y la pendiente. Se deberá incluir en la propuesta los costos para cubrir cualquier desviación del alineamiento del eje inferior mostrado en los planos para alcanzar la profundidad extra requerida y eliminar los posibles conflictos con otros servicios y las tuberías al ser instaladas bajo este Contrato.
- c) **Ancho de Excavación:** El ancho de excavación con equipo será el indicado en los planos del proyecto, en nuestro caso por tratarse de tubería de PVC Ø 8" el ancho de toda la zanja es de 0.60 m siendo el ancho de corte con equipo de $0.60 - 0.10 = 0.50$ m.
- El Gráfico 03.03 muestra las dimensiones de la zanja y el ancho a excavar por medios manuales y con equipo.
- d) **Altura de Excavación:** La altura de excavación con equipo será la que se muestra en el Gráfico N° 03.03 (120 cm), procurando tener en todo momento superficies lo más lisas posible.
- e) **Longitud Máxima de Zanja Abierta:** La longitud máxima de zanja abierta nunca deberá exceder de 200 metros donde la zanja esté dentro o adyacente a calles pavimentadas. Para áreas no pavimentadas, esto puede incrementarse a 600 metros. Esta longitud incluye excavación abierta, instalación de tubos y colocación de accesorios, relleno y compactación para zanjas que no han sido temporalmente revestidas.

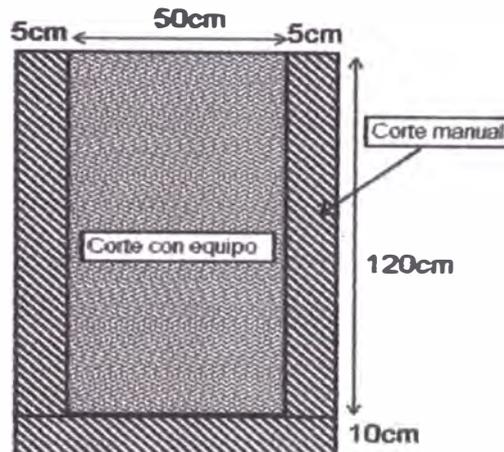


GRAFICO N° 03.03: Corte de zanja con equipo y manual

- f) **Remoción de Agua:** En todo momento, durante el periodo de excavación hasta su terminación e inspección final y aceptación, se proveerá de medios y equipos adecuados mediante los cuales se pueda extraer prontamente, toda el agua que entre en cualquier parte de la excavación. El agua bombeada o drenada de la obra, será eliminada de una manera adecuada, sin daño a las propiedades adyacentes, pavimentos, veredas u otra obra en construcción. Todos los daños causados por la extracción de agua de las zanjas, serán prontamente reparadas por el constructor.

2. Condiciones Específicas

- a) **Excavación de Zanjas en Terreno Normal (Tipo A) Y Semirocoso (Tipo B):** La excavación con maquinaria en este tipo de terreno se debe hacer siguiendo los alineamientos previamente definidos en la etapa de replanteo. Se debe cuidar de no exceder el ancho ni la altura de zanja establecidos en el acápite anterior. Para este tipo de excavación es recomendable el uso de retroexcavadora cuya cuchara deberá tener el ancho de 0.50 m para lograr las dimensiones adecuadas.
- b) **Excavación en Terreno de Roca Descompuesta (Tipo C):** En este tipo de terreno será necesario el uso de martillo neumático y la respectiva compresora de aire. El terreno será martillado por

personal calificado y la roca suelta retirada manualmente o con el uso de herramientas manuales. Se deben respetar los alineamientos previamente establecidos.

- c) **Excavación de Terreno de Roca Fija (Tipo D):** En este tipo de terreno será necesario el uso de explosivos para fragmentar la roca y luego de ello se desquinchará el material fragmentado con los mismos procedimientos de la roca del tipo "c" (roca descompuesta).

El procedimiento a seguir será el siguiente:

- Colocar señales de prevención.
- Limpiar el talud para ubicar los puntos de perforación.
- Hacer las perforaciones en la roca (empleando compresora y martillos neumáticos), para colocar los explosivos en estas; se debe tomar en cuenta las secciones transversales que han sido replanteadas, las mismas que deberán estar en función del buzamiento del estrato rocoso.
- Tener en cuenta que la manipulación y cargado del explosivo sólo puede ser efectuado por personal especializado, que cuente con la autorización de la DICSCAMEC.
- Retirar el material dinamitado con maquinaria pesada, cargador frontal o tractor sobre orugas.

Excavación en Zanjas Terreno Natural Manual

Luego de realizarse la excavación con equipo será necesario darle uniformidad a los taludes y el fondo de la zanja, pero este trabajo no puede ser realizado con maquinaria pesada, sino que será necesario el uso de la mano de obra y herramientas manuales simples (pico y pala), teniendo especial cuidado que no queden protuberancias que hagan contacto con la estructura a ejecutar e instalar.

Todos los fragmentos rocosos de las paredes de la zanja deberán ser removidos totalmente, así mismo en el fondo de zanja si es necesario con el uso

de combas y cinceles para lograr una superficie absolutamente lisa que permita la correcta colocación de la cama de apoyo y la tubería.

Se debe tener cuidado de no dejar fragmentos que pudieran poner en riesgo la integridad física de los trabajadores así como la tubería a colocar.

Relleno con Material Propio Primera Etapa

El relleno con material propio en su primera etapa consta de la colocación de material adecuado que sirva de apoyo a la tubería (cama de apoyo) y de un material de relleno hasta 30 cm por encima de la clave del tubo, pero dejando libre las zonas de las uniones de las tuberías para permitir la realización de la prueba hidráulica a zanja abierta.

La primera parte es una cama de arena cuya colocación se describe más adelante, luego de lo cual se coloca un material de relleno conformado por el material que fuera extraído de la zanja previamente zarandeado.

El Gráfico 03.04 ilustra la forma de ejecución del relleno.

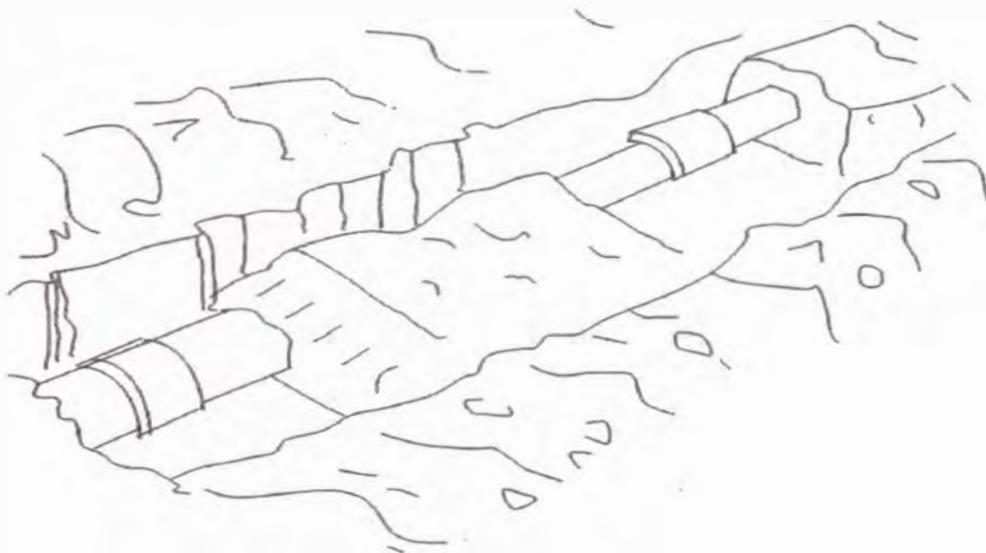


GRAFICO N° 03.04: Relleno con material propio Primera Etapa

Cama de Apoyo del Tubo

Al llegar al nivel de la rasante indicada para la excavación de zanjas y realizada también la excavación manual que proporcione una superficie completamente llana, tanto en el fondo como en las paredes de la zanja, se deberá colocar un material de arena para apoyar la tubería y protegerla de las rugosidades del terreno de corte.

En zonas donde el terreno excavado es un terreno normal (tipo a) será específicamente de arena gruesa y/o gravilla y/o hormigón zarandeado. Tendrá un espesor no menor de 10 cm. La arena que conforma la cama de apoyo debe ser colocada en la zanja por medios manuales, esparciendo el material con lampas y agregándosele la cantidad de agua suficiente y necesaria para poder conformar con facilidad la cama de apoyo, teniendo cuidado en todo momento de no saturar el material. La compactación se realizará con pisones manuales hasta lograr el acomodo de toda la cama de arena.

En terreno rocoso la Cama de Apoyo será del mismo material y se ejecutará según el mismo procedimiento descrito, pero con un espesor de 20 cm.

Si, el suelo de fundación de la rasante de una tubería es encontrado suave, húmedo, esponjoso, inestable o inapropiado en cualquier otro aspecto, se deberá sobre-excavar con la anuencia del Inspector Supervisor y suministrar una base estable y cama de apoyo especial para el tubo.

Primer Relleno

Una vez colocada la Cama de Apoyo y la tubería se procederá a rellenar los costados de la tubería. El material de este relleno será el material propio de la excavación el cual deberá ser enviado al laboratorio para conocer su máxima densidad seca del PROCTOR MODIFICADO según ASTM D 698 o AASHTO T – 180.

En todo momento se debe contar con un Densímetro de campo (equipo para medir la densidad del material) para realizar las pruebas que el Supervisor crea conveniente, las que serán como mínimo 1 por cada 50 m de zanja.

Se debe rellenar el cuerpo de la tubería dejando libres las uniones (ver Gráfico N° 03.05), inclusive por debajo de ellas (toda la zona de las uniones debe estar libre), para que se puedan comprobar los resultados de la prueba hidráulica a zanja abierta.

El material para relleno se debe colocar en las proximidades de la zanja y será vaciado en ella con el uso de lampas manuales. Adicionalmente se dispondrá de peones que ingresarán a la zanja y se encargarán de esparcir y compactar el material.

El primer relleno se efectúa en capas de 15 cm hasta llegar a los 30 cm por encima de la clave del tubo. Cada capa debe ser totalmente compactada mediante apisonamiento. En todos los casos, el relleno en la zona del tubo tiene que ser hecho a mano. Particular atención debe darse a la parte inferior del tubo y accesorios para suministrar un sólido soporte a lo largo de la longitud total del tubo. El grado de compactación a obtenerse no será menor al 95% del Proctor Modificado. Se debe tener cuidado para no dañar el tubo o sus capas de recubrimiento especiales.

En caso se encuentre que el material producto de la excavación no es el apropiado por contener fragmentos rocosos demasiado grandes y que pudieran dañar la tubería, se deberá traer material de préstamo que cumpla con las características que indica el expediente técnico.

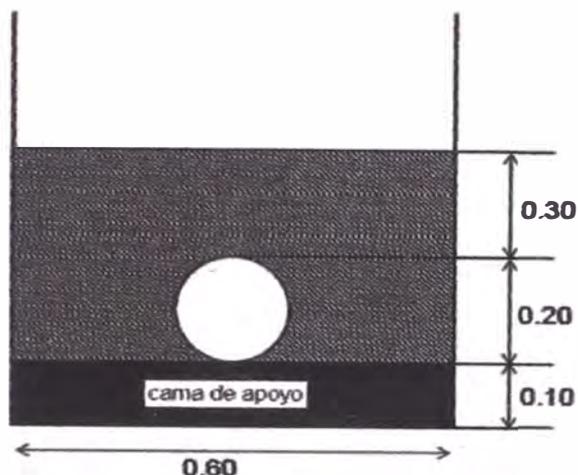


GRAFICO N° 03.05: Relleno con material propio Primera Etapa

Corte transversal en la zona del tubo

Relleno con Material Propio Segunda Etapa

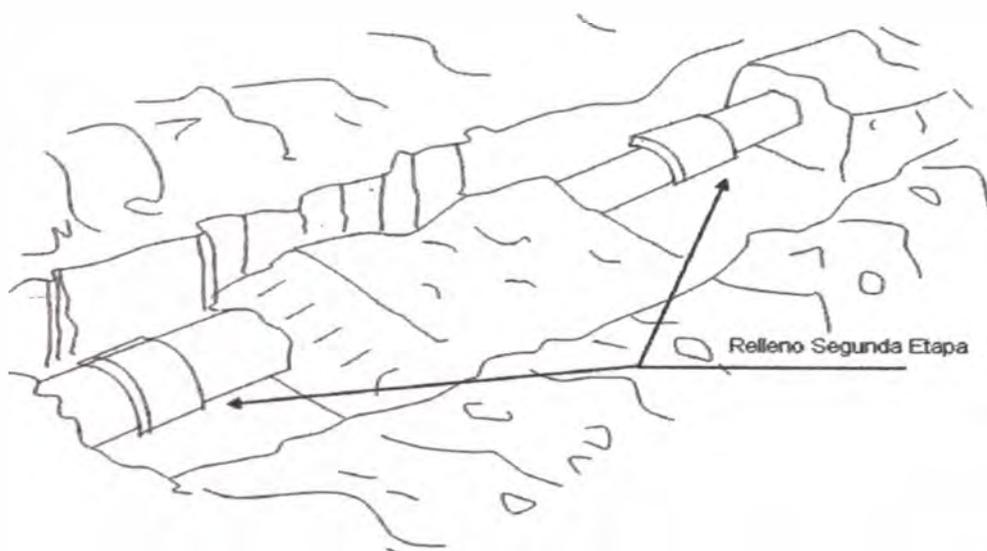


GRAFICO N° 03.06: Zona de relleno en Segunda Etapa

Luego del relleno en primera etapa (dejando las uniones libres), y de haber realizado la prueba hidráulica a zanja abierta se procederá a llenar la zona de las uniones de las tuberías hasta 30 cm por encima de la clave del tubo.

El material para relleno se debe colocar en las proximidades de la zanja y será vaciado en ella con el uso de lampas manuales. Adicionalmente se dispondrá de peones que ingresarán a la zanja y se encargarán de esparcir y compactar el material.

Las condiciones de relleno en esta etapa son similares a la de la Primera Etapa, es decir, se debe realizar con material propio zarandeado o material de préstamo si no existiera material apropiado. El material transportado deberá estar libre de terrones o piedras de más de 75 mm de diámetro y no deberá contener más del 10 por ciento, en volumen, de arcilla o adobe.

El relleno debe realizarse con herramientas manuales, cuidando de no dañar el tubo, en capas de 15 cm de espesor, agregando la cantidad suficiente de agua para lograr una compactación mínima del 95% del Proctor Modificado, esta compactación será controlada con pruebas de densidad de campo cada 50 m o donde lo requiera el Supervisor.

Se debe cuidar no dejar vacíos en la conformación del relleno, así como no permitir el relleno con materiales angulosos que pudieran ser perjudiciales para la tubería.

Relleno con Equipo Liviano

La última etapa del relleno de la zanja se realizará con equipo liviano (compactadora) del tamaño adecuado para su ingreso en la zanja, a partir de la altura que se tiene luego del Relleno Manual en primera y segunda etapa (30 cm por encima de la clave del tubo).

El material para relleno se debe colocar en las proximidades de la zanja y será vaciado en ella con el uso de lampas manuales. Adicionalmente se dispondrá de peones que ingresarán a la zanja y se encargarán de esparcir el material para posteriormente ser compactado con el equipo requerido.

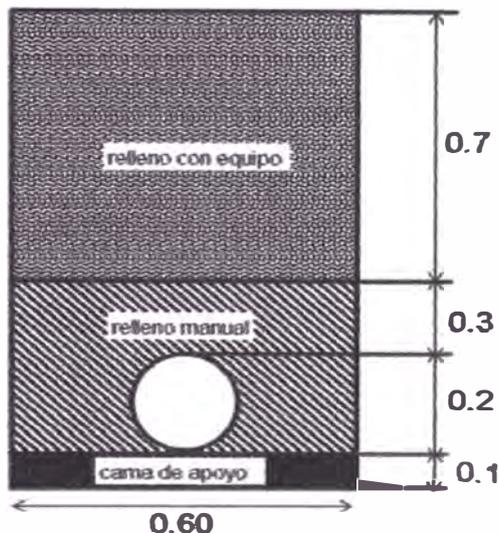


GRAFICO N° 03.07: Etapas del relleno de la zanja

El relleno se deberá realizar en capas de 15 cm de espesor hasta llegar a la altura de relleno indicada (1.00 m por encima de la clave del tubo).

Del mismo modo se debe cuidar de no dejar vacíos en la conformación del relleno.

El material de relleno debe ser el mismo material que se obtuvo en la excavación de la zanja y en caso de necesitar material de préstamo se deberá traer de canteras previamente autorizadas por el Supervisor de la obra. El material transportado deberá estar libre de terrones o piedras de más de 75 mm de diámetro y no deberá contener más del 10 por ciento, en volumen, de arcilla.

Se debe agregar agua al material de tal manera que sea posible compactarlo con facilidad, pero sin llegar a la saturación. Para eso se debe conocer previamente la máxima densidad seca del Proctor Modificado del material con el que se rellenará la zanja. La densidad que se debe lograr en el material compactado será de 95% (como mínimo) del Proctor Modificado, y será medido con ensayos de densidad de campo cada 50 m como mínimo o donde lo requiera el Supervisor.

Eliminación del Excedente o Materiales no Apropriados

Se debe eliminar los materiales excavados que han sido determinados por el Inspector Supervisor como material inapropiado para ser usados para rellenos. Se deberá eliminar el material excavado que resulte en exceso a lo requerido para el uso de rellenos. Se debe conseguir las autorizaciones respectivas para el uso de zonas como botaderos de material excedente. Este material deberá ser transportado desde la zona hacia los botaderos en camiones volquetes. El material deberá ser subido al Volquete usando cargador frontal o retroexcavadora, previa confirmación de que dicho material no será necesario para rellenos.

Adicionalmente se debe contar con personal que apoye en las labores de cargado del material que no pueda ser elevado al Volquete por el equipo mencionado.

03.03 TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE

Suministro de Tuberías Pvc – Sap Clase 5, 7.5, 10 Y 15 Ø 8”

El material elegido para la tubería de conducción de agua potable es el Poli Vinilo Clorado (PVC), en sus clases: 5, 7.5, 10 y 15 en las longitudes mostrados en los planos.

Se buscará un proveedor que abastezca de la totalidad de la tubería requerida. El material deberá estar en obra en los plazos establecidos en la programación de obra.

A la compra del material se deberá visitar la planta del proveedor para inspeccionar las pruebas de calidad del material, cuyos resultados deberán ser entregados por la empresa al residente de obra. Cuando la muestra de tubos de un lote no cumpla con la presión mínima requerida de prueba, se deberá rechazar todo el lote.

Se deberá exigir al proveedor la entrega de literatura relacionada al almacenaje correcto del producto, así como las recomendaciones de manipulación e instalación del producto.

A la llegada del material a obra se deberá inspeccionar minuciosamente la tubería. No se aceptarán tuberías que se encuentren con rajaduras o defectos de transporte o fabricación.

Del almacén general de la obra se llevará el material necesario hacia los almacenes secundarios más cercanos al frente de trabajo. Se debe hacer una programación minuciosa de entrega de la tubería en el lugar y tiempo correcto, en función de la programación de obra y el control que se tenga de la misma. Se recomienda ubicar los almacenes secundarios en el punto medio del tramo donde se vaya a colocar determinada clase de tubería.

En todo momento se deberá tener un control exacto de la tubería que sale del almacén con la finalidad de controlar los desperdicios de tubería.

La tubería deberá ser limpiada por fuera y por dentro en los almacenes secundarios, antes de su entrega para colocación, para lo cual se deberá seguir las recomendaciones de limpieza dados por el fabricante.

Finalmente la tubería deberá ser ubicada en la zona inmediata para ser colocada, en el lado opuesto del desmonte excavado, con la finalidad de hacer más fácil su bajada a zanja, en todo momento se deberá cuidar que la tubería no sufra daños y controlar la limpieza adecuada de la misma.

Colocación de Tuberías y Accesorios

Antes de que los tubos, válvulas y accesorios sean bajados a la zanja para su colocación, cada unidad deberá ser nuevamente inspeccionada y limpiada, eliminándose cualquier elemento defectuoso que presente rajaduras o protuberancias. También se debe tener un Control Topográfico adecuado del alineamiento y niveles establecidos en los planos de construcción.

La sección de la tubería deberá ser ajustada correctamente y colocada en el exacto alineamiento y pendiente. La longitud total de la tubería deberá tener un soporte uniforme sobre la cama de apoyo previamente colocada, pero si la tubería tiene un acoplamiento, la excavación adecuada deberá estar hecha para recibir la campana, la cual no deberá apoyarse en la subrasante de la tubería.

La tubería deberá ser manualmente colocada con dirección aguas arriba. Cualquier tubería que no este en el alineamiento verdadero, tanto vertical y horizontal, o muestre cualquier asentamiento indebido después de la colocación deberán ser reemplazadas cuando sea ordenado por el Supervisor.

En todo momento, cuando el trabajo de instalación de tubería no esté en proceso, todas las aberturas de los extremos de las tuberías deberán permanecer herméticamente cerradas con madera contraplacada o con pedazos de planchas de metal para prevenir la entrada de personas, animales y materiales ajenos así como prevenir el acceso de agua a la tubería.

Mantener la zanja de la tubería libre de agua en todo momento y tomar todas las precauciones necesarias para evitar que la tubería flote debido al ingreso de agua a la zanja desde cualquier fuente.

- Uniones:

1. Se deberá limpiar completamente las campanas, ranuras de empaquetaduras y espigas, verificando que estén libres de aceite, grasa y burbujas.
2. Insertar la empaquetadura dentro de las ranuras de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
3. Aplicar un lubricante de empaquetadura que esté aprobado por el fabricante de la tubería.
4. Biselar todos los bordes o cortar la tubería antes que las espigas se inserten en las campanas.
5. El extremo de la espiga de la tubería deberá ser llevada al trazo y pendientes reales y ser insertada a profundidad completa del enchufe antes que se hagan las uniones.
6. La superficie interior de la tubería deberá tener diámetro y profundidad uniformes.

7. Se deberá cuidar que la unión terminada tenga un contacto uniforme por la empaquetadura entre la superficie externa de la espiga y el asiento de la empaquetadura de la campana.

- **Deflexión:**

La máxima deflexión permitida en la junta espiga-campana deberá ser de acuerdo a las recomendaciones del fabricante de la tubería.

- **Restricción Del Empuje:**

En todas las tuberías que tengan uniones de espiga-campana, debe proveerse bloques de anclaje de concreto en todos los accesorios y en codos mayores a 22,5 grados, a menos que se provea uniones empotradas. El concreto debe ser conforme a los requerimientos para concreto de 210 kg/cm^2 (3000 psi) y debe ser colocado contra amortiguación, en suelos sin alteración, centrado en la línea resultante del empuje. El concreto deberá ser libre de juntas y cualquier contaminación del mortero debe ser removido.

Prueba Hidráulica a Zanja Abierta

Luego de realizado el "Relleno con Material propio Primera Etapa", se deberá llevar a cabo la prueba hidráulica a zanja abierta, cuya finalidad es verificar que todas las partes de la línea hayan quedado correctamente instaladas.

El tramo de prueba debe estar entre 300 a 400 m de línea de conducción.

Antes de empezar la prueba hidráulica a zanja abierta se deberán contar con los siguientes materiales:

- 2 manómetros de rangos de presión apropiados. La prueba a zanja abierta se realiza a 1.5 veces la presión nominal de la línea de conducción.
- Para la clase C – $15 \times 1.5 = 22.5 \text{ kg/cm}^2 = 320.02 \text{ lb/pulg}^2$.
- Para la clase C – $10 \times 1.5 = 15 \text{ kg/cm}^2 = 213 \text{ lb/pulg}^2$.
- Para la clase C – $7.5 \times 1.5 = 160 \text{ lib/pulg}^2$.
- Para la clase C – $5 \times 1.5 = 107 \text{ lb/pulg}^2$.

- Una bomba de prueba manual con sus mangueras respectivas para ingresar agua a la tubería.
- Un suministro de agua para llenar la línea de tubería con mayor rapidez que la que lograríamos con la bomba.
- 1 Válvula de purga de aire.

El procedimiento de ejecución de la prueba comprende los siguientes pasos:

1. Se elige el tramo de prueba, se llena de agua usando el suministro que se haya elegido (grifo de agua, camión cisterna, etc.) y se cierran los extremos de la misma colocando cuñas de madera sostenidas por un elemento pesado, que puede ser un bloque de concreto, de tal manera que se verifique que no hayan fugas de agua por los extremos.
2. Antes de proceder a llenar las líneas de agua a probar, todos los accesorios deberán estar anclados, lo mismo que efectuado el primer relleno compactado, debiendo quedar sólo al descubierto todas sus uniones.
3. Se colocan los manómetros de prueba, uno en la zona más baja de la tubería y el otro en la parte más alta, uniéndolos a la tubería con tapones con niples de PVC adecuados, no se permite el uso de abrazaderas.
4. Se coloca del mismo modo la válvula de purga de aire en la parte con cota más alta de la tubería.
5. Se une el extremo de la manguera que viene de la bomba de prueba a la tubería en el extremo más bajo (de menor cota).
6. La línea permanecerá llena de agua por un período de 24 horas como mínimo antes de proceder al inicio de la prueba.
7. Una vez que han pasado las 24 horas de llenado de la línea de conducción se deberá purgar todo el aire que se encuentre en la misma, utilizando la válvula de purga de aire instalada.
8. Luego se procederá a ingresar el agua restante con el uso de la bomba hidráulica hasta lograr la presión de prueba (1.5 veces la presión nominal).

9. Luego de 1 hora de prueba se medirá la nueva presión o presión final.
10. No se permitirá que durante el proceso de la prueba, el personal permanezca dentro de la zanja, con excepción del trabajador que bajará a inspeccionar las uniones.
11. Si la presión final es menor a la inicial significa que hay fugas de agua.
12. Según las Especificaciones Técnicas para la ejecución de Obras de SEDAPAL, en las tuberías de PVC no se permiten fugas⁴.
13. Si se produjera una caída en la presión se deberá revisar todas las uniones, pasando un paño de papel en todo el diámetro de las mismas para encontrar la posible falla.
14. Se deberá expulsar el agua de la tubería usando una bomba de agua; no se debe permitir que el agua de la prueba quede en la zanja luego de la misma.
15. De haber habido fugas producto de uniones mal ejecutadas se deberá volver a realizar las uniones que se encuentren defectuosas, siguiendo el mismo procedimiento de ensamble de uniones.
16. Si hubieran fugas pero no fueran en las uniones significa que alguna de las tuberías se encuentra dañada. Se deberá ubicar esta tubería y deberá ser inmediatamente reemplazada.

⁴ Capítulo VII, pág. 2

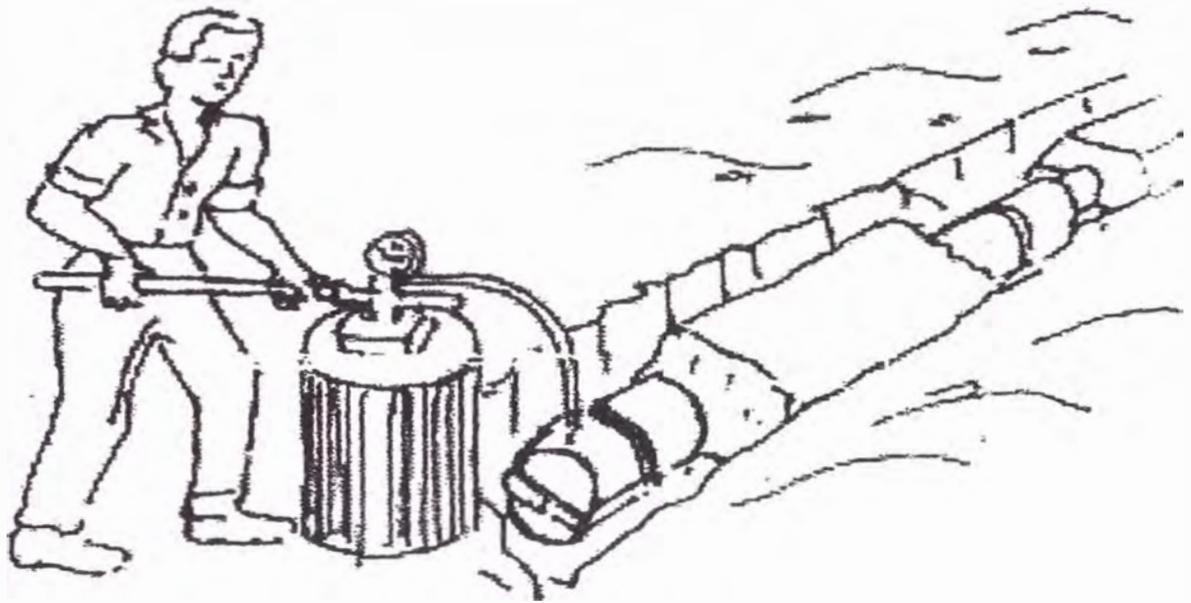


GRAFICO N° 03.07: Prueba hidráulica a zanja abierta

Prueba Hidráulica a Zanja Cerrada

Esta prueba se realiza cuando la zanja ha sido completamente rellena, es decir después de haber realizado el Relleno con Material propio Segunda Etapa y el Relleno con Equipo Liviano.

El tramo de prueba debe estar entre 300 a 400 m de longitud de línea de conducción.

Antes de empezar la prueba hidráulica a zanja cerrada se deberán contar con los siguientes materiales:

- ☑ 2 manómetros de rangos de presión apropiados. La prueba a zanja abierta se realiza a 1 vez la presión nominal de la línea de conducción.
- ☑ Para la clase C – $15 \times 1.0 = 15.0 \text{ kg/cm}^2 = 213 \text{ lb/pulg}^2$.
- ☑ Para la clase C – $10 \times 1.0 = 10 \text{ kg/cm}^2 = 142 \text{ lb/pulg}^2$.
- ☑ Para la clase C – $7.5 \times 1.0 = 107 \text{ lb/pulg}^2$.
- ☑ Para la clase C – $5 \times 1.0 = 71 \text{ lb/pulg}^2$.
- ☑ Una bomba de prueba manual con sus mangueras respectivas para ingresar agua a la tubería.

- Un suministro de agua para llenar la línea de tubería con mayor rapidez que la que lograríamos con la bomba.
- 1 Válvula de purga de aire.

El procedimiento de ejecución de la prueba comprende los siguientes pasos:

1. Se elige el tramo de prueba, se llena de agua usando el suministro que se haya elegido (grifo de agua, camión cisterna, etc.) y se cierran los extremos de la misma colocando cuñas de madera sostenidas por un elemento pesado que puede ser un bloque de concreto de tal manera que se verifique que no hayan fugas de agua por los extremos. No se debe realizar la prueba a zanja cerrada si previamente el tramo de tubería no ha cumplido satisfactoriamente la prueba a zanja abierta.
2. Se colocan los manómetros de prueba, uno en la zona más baja de la tubería y el otro en la parte más alta, uniéndolos a la tubería con tapones con niples de PVC adecuados, no se permite el uso de abrazaderas.
3. Se coloca del mismo modo la válvula de purga de aire en la parte con cota más alta de la tubería.
4. Se une el extremo de la manguera que viene de la bomba de prueba a la tubería en el extremo más bajo (de menor cota).
5. La línea permanecerá llena de agua por un período de 24 horas como mínimo antes de proceder al inicio de la prueba.
6. Una vez que han pasado las 24 horas de llenado de la línea de conducción se deberá purgar todo el aire que se encuentre en la misma utilizando la válvula de purga de aire previamente instalada.
7. Luego se procederá a ingresar el agua restante con el uso de la bomba hidráulica hasta lograr la presión de prueba (1 vez la presión nominal).
8. Luego de 1 hora de prueba se medirá la nueva presión o presión final.
9. Si la presión final es menor a la inicial significa que hay fugas de agua.

10. Según las Especificaciones Técnicas para la ejecución de Obras de SEDAPAL, en las tuberías de PVC no se permiten fugas⁵.
11. Si se produjera una caída en la presión se deberá retirar toda el relleno y la tubería y deberá ser reemplazada.
14. Se deberá expulsar el agua de la tubería usando una bomba de agua; no se debe permitir que el agua de la prueba quede en la zanja luego de la misma.
15. Se debe revisar minuciosamente las tuberías ya que es probable que alguna de ellas haya colapsado luego del proceso de relleno final y deberá ser reemplazada inmediatamente.
16. En caso de no haber fallas solicitar la aprobación del Supervisor mediante la firma de un documento de conformidad del tramo.

Desinfección de Tuberías

Todas las líneas de agua antes de ser puestas en servicio, serán completamente desinfectadas.

Desinfectar a través de un método de solución de alimentación continua.

1. Empezar a llenar la tubería matriz con agua potable en un caudal constante. Agregar inmediatamente el cloro en un punto no mayor de diez pies (3.00 m aprox.) desde el inicio de la sección de la tubería.
2. Agregar el cloro de manera que se pueda conseguir una concentración de cloro de 50 ppm, es decir 162 ml de cloro líquido por cada 100 metros de tubería de Ø 8", a tubo lleno.
3. Esta solución puede ser inyectada a través de un clorinador de solución o previamente preparado en un cilindro donde se encuentra el agua que ingresará al tubo para su desinfección.
4. Continuar la aplicación de cloro hasta que la tubería por entero esté llena.

⁵ Capítulo VII, pág. 2

5. Retener el agua clorada en la tubería matriz por un mínimo de 24 horas. El agua en cada punto de la tubería deberá tener 5 ppm de cloro residual como mínimo después de la retención.
6. Repetir la desinfección si la prueba de cloro residual indica menos de 5 ppm.
7. En el periodo de clorinación, todas las válvulas, grifos y otros accesorios, serán maniobrados repetidas veces para asegurar que todas sus partes estén en contacto con la solución de cloro.
8. Después de la prueba, el agua con cloro será totalmente eliminada de la tubería con el uso de una bomba de agua, e inyectándose con agua de consumo hasta alcanzar 0.2 ppm de cloro.

CAPITULO IV:

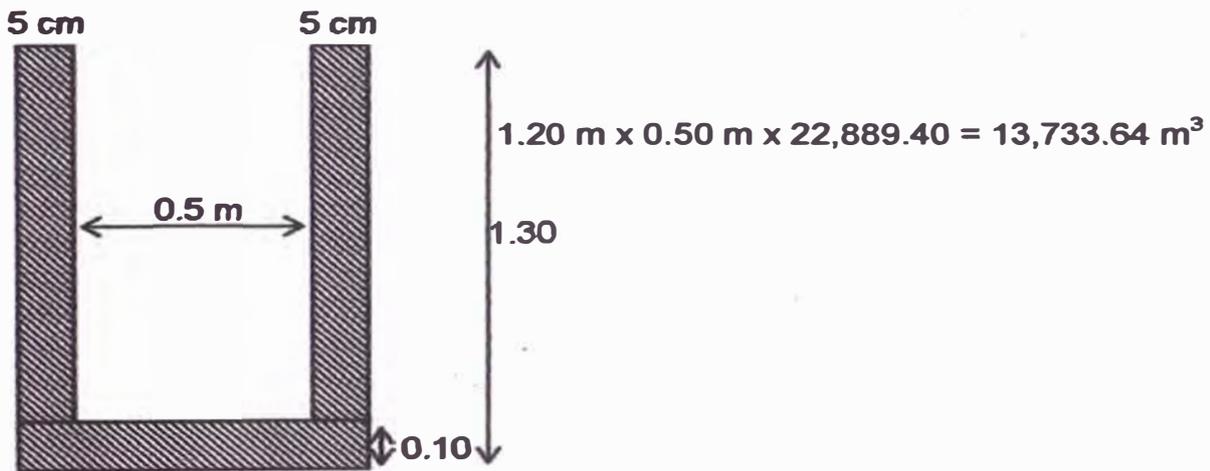
PROGRAMACION DE OBRA

04.01 METRADOS

Para proponer una programación de obra debemos primeramente conocer los metrados y rendimientos que asignaremos a las diferentes partidas que componen el proyecto a programar. A continuación medraremos algunas de las partidas más complejas, siendo las demás calculadas linealmente sin mayor problema y podrán ser apreciadas en el resumen final de medrado.

Detalle de Metrados

Excavación con Equipo Mecánico



Excavación Manual

Del gráfico anterior: $(1.20 \times 0.1 + 0.10 \times 0.6) \text{ m}^2 \times 22,889.40 = 4,120.09 \text{ m}^3$.

Refine y Conformación de Fondo de Zanja

22,889.40 ml

Cama de Apoyo

$0.1 \times 0.6 \times 22,889.40 = 1,373.37 \text{ m}^3$

Relleno con Material Propio 1ª Etapa

La primera etapa del relleno de la tubería se realiza manualmente dejando libres las uniones para la prueba de presión hidráulica y se rellena el cuerpo del tubo hasta una altura de 0.30 m por encima de la clave del tubo.

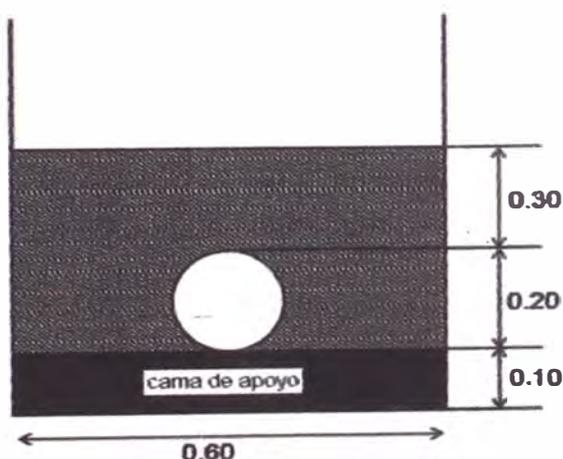
Relleno con Material Propio 2ª Etapa

En la segunda etapa se lleva a cabo el relleno de las uniones hasta 0.30 m por encima de la clave del tubo.

El siguiente cuadro resume el porcentaje de relleno en cada etapa.

Sub - etapa	1ª sub - etapa	2ª sub – etapa
Porcentaje	75 %	25%

CUADRO N° 04.01: Rellenos por sub – etapas del relleno con material propio 1ª Etapa¹



Luego determinamos el volumen de relleno manual:

$$0.60 \times 0.50 = 0.30 \text{ m}^3 \dots (1)$$

Descontamos el volumen ocupado por el tubo:

$$\pi \times (0.10)^2 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} = 0.03 \dots (2)$$

$$(1) - (2): 0.30 - 0.03 = 0.27 \text{ m}^3$$

Entonces el relleno manual de la 1ª etapa es:

$$0.27 \times 0.75 \times 22,889.40 = 4,635.10 \text{ m}^3$$

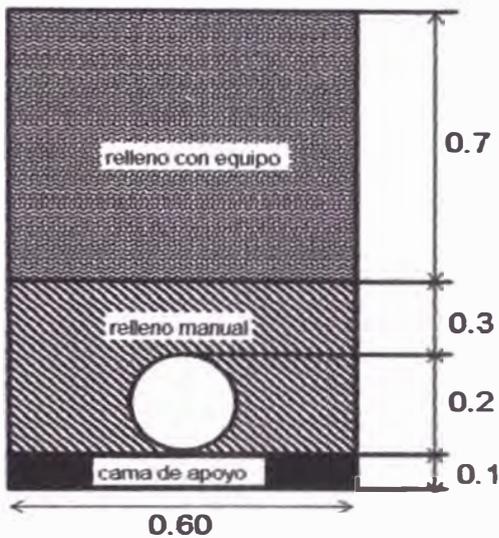
$$4,635.10 \times 1.03 = 4,774.15 \text{ m}^3$$

Y el volumen de relleno manual de la 2ª etapa:

$$0.27 \text{ ml} \times 0.25 \times 22,889.40 = 1,545.03 \text{ m}^3 \times 1.03 = 1,591.38 \text{ m}^3$$

¹ Del libro: Costo y tiempo aplicando el MSProject para Windows del Ing. Walter Rodríguez Castillo.

Relleno con Equipo Liviano



$$0.70 \text{ m} \times 0.60 \text{ m} \times 22,889.40 \text{ m} = 9613.55 \text{ m}^3 \times 1.03 = 9,901.95 \text{ m}^3$$

Eliminación de Material Excedente

Partida	1ª etapa	2ª etapa	total
Exc. mec.	13,733.64	—	17,853.73
Exc. Manual	4,120.09	—	
Relleno manual	4,774.15	1,591.38	16,267.48
Relleno/equipo	9,901.95	—	
Sub- Total (Excavación – Relleno)			1,586.25 m³

CUADRO N° 04.02: Eliminación de Material Excedente

Porcentaje de esponjamiento: 30%

Luego, el metrado de eliminación de material excedente es: $1.3 \times 1,586.25 = 2,062.13 \text{ m}^3$.

Suministro y Colocación de Tuberías PVC Ø 8"

- a) Suministro: $22,889.40 / 6 \text{ ml} = 3,815 \text{ und}$
 mermas o desperdicios (1%) = 38 und
Total = 3,853 und
- b) Colocación: 22,889.40 ml.

Resumen de Metrados

Obras provisionales	glb	1.00
Transporte de equipo	glb	1.00
Trazo, niveles y replanteo	ml	22,889.40
Control topográfico	glb	1.00
Excavación con equipo mecánico	m ³	13,733.64
Excavación manual	m ³	4,120.09
Cama de apoyo	m ³	1,373.37
Relleno manual 1ª etapa	m ³	4,774.15
Relleno manual 2ª etapa	m ³	1,591.38
Relleno c/equipo liviano	m ³	9,901.95
Eliminación de material excedente	m ³	2,062.13
Suministro tubos, uniones, anillos	glb	1
Colocación de tubos y accesorios	ml	22,889.40
Prueba hidráulica a zanja abierta	ml	22,889.40
Prueba hidráulica a zanja cerrada	ml	22,889.40

04.02 PROGRAMACIÓN DE OBRA POR EL MÉTODO PERT - CPM

Descripción de los Métodos de Programación Componentes

El PERT – Program Evaluation And Review Technique²

Sinopsis Histórica:

Esta técnica de gestión administrativa fue ideada y aplicada en un proyecto conjunto por los representantes de la Navy Special Projects Office, la Lockheed Aircraft Corporation y la firma consultora Booz-Allen & Hamilton de Chicago.

Fundamentos:

Esta técnica de planeamiento y control, tiene como fundamento el grafo o red.

² Del libro: Programación PERT-CPM y control de proyectos de CAPECO, Pág. 22

El grafo es una gráfica de cómo representar y relacionar las múltiples actividades para alcanzar el objetivo de un proyecto.

Objetivos:

El PERT está orientado hacia los sucesos de un proyecto, es decir, hacia el inicio y la terminación de las actividades.

El CPM – Critical Path Method³**Sinopsis Histórica:**

En la búsqueda para mejorar las técnicas de planeación y control de proyectos, en 1957 aparecieron los primeros trabajos del Camino Crítico.

Autores:

Morgan R. Walter, de la división de estudios de ingeniería de la Du Pont de Nemours y Co. y James E. Nelly Jr. De la Reington Rand Univac.

Fundamentos:

Esta técnica de planeamiento tiene como fundamento el grafo o red.

Objetivos:

El CPM se desarrolló como una técnica orientadora hacia la ejecución óptima de las actividades de un proyecto.

El PERT - CPM⁴

Como cada una de las técnicas de dirección descritas presentan ventajas y limitaciones, en la planificación de proyectos, en la actualidad, tanto el PERT y el CPM, se les trata como una sola técnica combinada, por tener ambas los mismos fundamentos: empleo de una lógica secuencial y el uso de grafos para representar el desarrollo de un proyecto.

³ Del libro: Programación PERT-CPM y control de proyectos de CAPECO, Pág. 27

⁴ Del libro: Programación PERT-CPM y control de proyectos de CAPECO, Pág. 28

Bases del nuevo método de planeación, programación y control

El método PERT – CPM está sustentado en las siguientes bases:

1. Dentro de la planificación, considera separada la planeación y la programación.
2. Descompone la etapa de planeación en dos fases:
 - Determinar las actividades componentes para desarrollar el proyecto.
 - Presenta la secuencia lógica de ejecución de las actividades componentes del proyecto.
3. Representación de un plan de trabajo mediante una gráfica de nudos y flechas.
4. El método PERT considera la duración de una actividad como una variable aleatoria y estimación de tres duraciones para cada actividad: optimista, más probable, pesimista; mediante las cuales se ajusta a una distribución conveniente de densidad de probabilidad para la duración de la actividad considerada⁵.
5. Analiza la forma de cómo aumenta el costo de una actividad al reducir su duración.
6. El método PERT se apoya en la estadística y el método CPM en la experiencia.

Método de Precedencias (PDM= Precedente Diagram Method)⁶

En 1914, Henry Gantt ideó un sistema sencillo para el control de pertrechos de guerra, ya que era jefe de logística del ejército norteamericano durante la primera guerra mundial. En forma vertical puso la relación de cada pieza de artillería y otros y cada elemento correspondía a una escala de tiempo en días, de tal manera que sabía perfectamente las necesidades y oportunidad de abastecimiento.

En el año 1956 se crearon casi simultáneamente el CPM y el PERT (anteriormente descritos).

⁵ No será tomada en cuenta dado que carecemos de datos estadísticos de los tiempos más optimistas y pesimistas.

⁶ Del libro: Costo y tiempo aplicando el MS-Project para Windows, del Ing. Walter Rodríguez-Castillejo. Pág. 97

Ambos sistemas utilizaron la teoría de redes de flujo máximo y se tradujo en el ADM (Arrow Diagram Method o Método del Diagrama de Flechas).

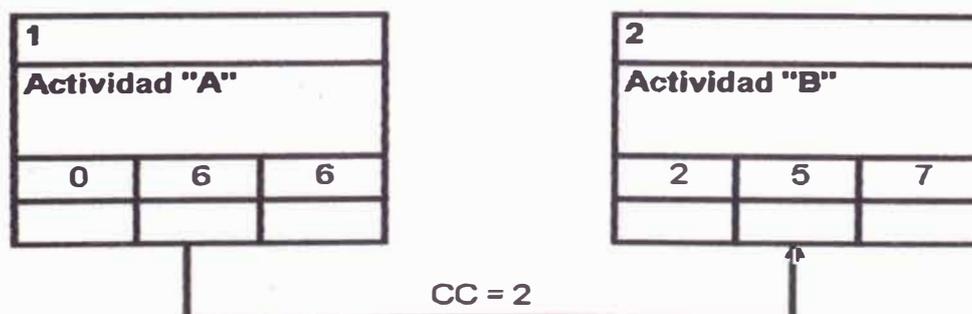
A finales de los 60, la IBM utilizó por primera vez el PDM (Precedence Diagram Method) comprando los derechos del método de los potenciales desarrollado por el francés Le Roi. A dicho sistema le llamó PCS (Project Control System).

En la actualidad todos estos métodos de programación se utilizan de manera conjunta con la finalidad de programar y planificar proyectos.

Marcha Hacia Adelante

Con la marcha hacia adelante se calcula el fin más temprano de la obra. En caso de que a una actividad se llegue desde dos o más actividades se deberá tomar la que provoque en esta última el fin más tardío posible. La primera actividad siempre empieza en el tiempo "0".

- a) **Relación INICIO – INICIO llamado también COMIENZO – COMIENZO (CC) o START to START (SS)**



Cálculo:

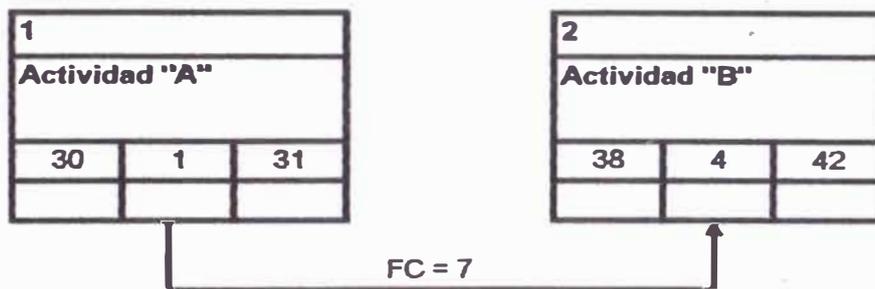
$$\begin{aligned}
 1) \text{ ES (act. A) + } & \quad d \text{ (act. A)} & = & \quad \text{EF (act. A)} \\
 0 & + 6 & = & 6 \\
 2) \text{ ES (act. A) + } & \quad \text{CC (desfase)} & = & \quad \text{ES (act. B)} \\
 0 & + 2 & = & 2 \\
 3) \text{ ES (act. B) + } & \quad d \text{ (act. B)} & = & \quad \text{EF (act. B)}
 \end{aligned}$$

Representación como Barras Gantt.

Tiempo (días)	1	2	3	4	5	6	7
Actividad "A"							
Actividad "B"	CC = 2 →						

Quando CC = 0 las actividades son paralelas.

b) Relación FIN – INICIO (o FIN – COMIENZO: FC) o FINISH to START (FS: versión en inglés).



Cálculo:

$$\begin{aligned}
 1) \text{ ES (act. A) + } & \quad d \text{ (Act. A)} & = & \quad \text{EF (Act. A)} \\
 30 & + 1 & = & 31 \\
 2) \text{ EF (act. A) + } & \quad \text{FC (desfase)} & = & \quad \text{ES (Act. B)} \\
 31 & + 7 & = & 38 \\
 3) \text{ ES (Act. B) + } & \quad d \text{ (Act. B)} & = & \quad \text{EF (Act. B)} \\
 38 & + 4 & = & 42
 \end{aligned}$$

Representación como barras Gantt:

Tiempo (días)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Actividad "A"													
Actividad "B"													

Cálculo:

$$1) \text{ ES (act. A) + d (act. A) = EF (act. A)}$$

$$35 + 10 = 45$$

$$2) \text{ ES (act. A) + CF (desfase) = EF (act. B)}$$

$$35 + 8 = 43$$

$$3) \text{ EF (act. B) - d (act. B) = ES (act. B)}$$

$$43 - 3 = 40$$

Representación como barras Gantt:

Tiempo (días)	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Actividad "A"	[Barra hachurada de día 35 a 45]										
Actividad "B"	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between;"> CF = 8 → </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 100px; height: 15px; background-color: #ccc; border: 1px solid black;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #ccc; border: 1px solid black; margin: 0 5px;"></div> <div style="width: 100px; height: 15px; background-color: #ccc; border: 1px solid black;"></div> </div>										

Es muy poco usado.

Marcha Hacia Atrás

Con el método de marcha hacia atrás calcularemos los tiempos más pesimistas para terminar una actividad.

El tiempo más pesimista para terminar la última actividad de un proyecto es el mismo tiempo optimista hallado con el método de marcha hacia adelante.

Si de una actividad salen dos o más actividades, se debe tomar la que provoque en esta última el fin más temprano posible.

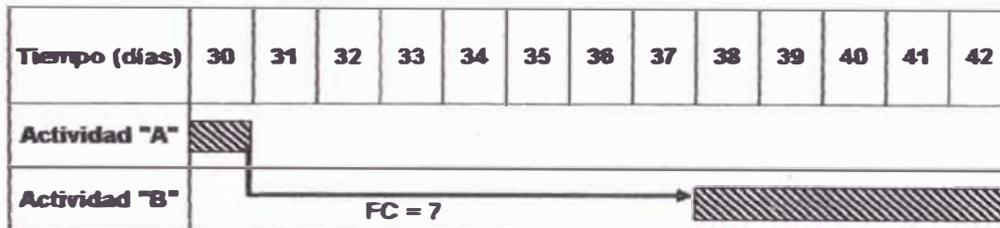
a) Relación COMIENZO – COMIENZO (CC) o START to START (SS)

Tiempo (días)	1	2	3	4	5	6	7
Actividad "A"	[Barra hachurada de día 1 a 6]						
Actividad "B"	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between;"> CC = 2 → </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 100px; height: 15px; background-color: #ccc; border: 1px solid black;"></div> </div>						

Cálculo:

- 1) $LF(\text{act. B}) - d(\text{act. B}) = LS(\text{act. B})$
- 2) $LS(\text{act. B}) - CC(\text{desfase}) = LS(\text{act. A})$
- 3) $LS(\text{act. A}) + d(\text{act. A}) = LF(\text{act. A})$

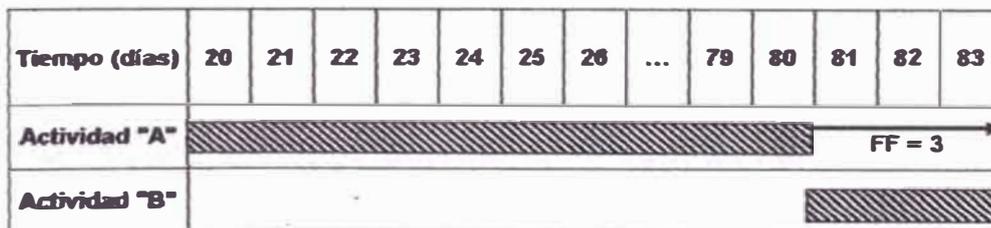
b) Relación FIN – INICIO (o FIN – COMIENZO: FC)



Cálculo:

- 1) $LF(\text{act. B}) - d(\text{act. B}) = LS(\text{act. B})$
- 2) $LS(\text{act. B}) - FC(\text{desfase}) = LF(\text{act. A})$
- 3) $LF(\text{act. A}) - d(\text{act. A}) = LS(\text{act. A})$

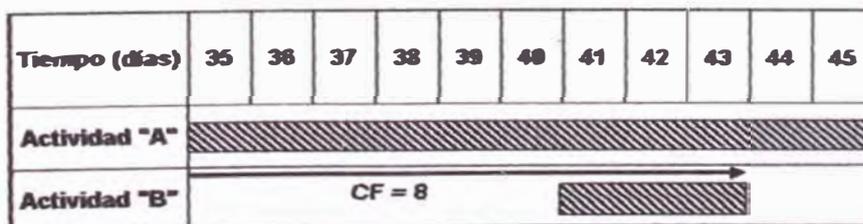
c) Relación FIN – FIN (FF) o FINISH to FINISH



Cálculo:

- 1) $LS(\text{act. B}) + d(\text{act. B}) = LF(\text{act. B})$
- 2) $LF(\text{act. B}) - FF(\text{desfase}) = LF(\text{act. A})$
- 3) $LF(\text{act. A}) - d(\text{act. A}) = LS(\text{act. A})$

d) Relación INICIO – FIN (COMIENZO – FIN o START to FINISH)



Cálculo

- 1) $LS(\text{act. B}) + d(\text{act. B}) = LF(\text{act. B})$
- 2) $LF(\text{act. B}) - CF(\text{desfase}) = LS(\text{act. A})$
- 3) $LS(\text{act. A}) + d(\text{act. A}) = LF(\text{act. A})$

Notación:

C		
A		
ES	T	EF
LS	H	LF

C = Código de la actividad
 A = Descripción de la actividad.
 ES = Inicio más temprano.
 T = Duración de la actividad.
 EF = Fin más temprano.
 LS = Inicio más tardío.
 LF = Fin más tardío.
 H = Holgura de inicio o término (holgura libre).

Programación de Obra

Necesitamos elaborar un diagrama de programación y asignación de recursos y el diagrama Gantt, calcular la red de precedencia por los métodos de: marcha adelante y marcha atrás y con ello encontraremos la duración del proyecto.

Para el desarrollo de la programación de obra hemos visto por conveniente el uso de dos frentes de trabajo, con el fin de reducir el tiempo de ejecución de las obras en la Línea de Conducción. El tiempo calculado nos servirá para organizar el proceso constructivo de la misma, de tal manera que no excedamos el tiempo programado.

2.02.01 Hoja De Programación Y Asignación De Recursos

Recursos: Alternativa: 2 frentes de trabajo

Ru = Rendimiento unitario Tu = Tiempo unitario

Obra: Línea de conducción L= 22,889.40 ml

t = tiempo programado

f = factor de multiplicidad

Código	TAREA	Volumen total de trabajo		CUADRILLA DIARIA										Programación			
		UNIDAD	METRADO	Retroexcavadora	Teclé (0.5-1.0) ton	Volquete (8 m3)	Bomba de prueba	Cisterna	motobomba	Compactadora	operario	oficial	peon	Rendimiento de la cuadrilla unitaria	Tiempo Unitario (tu)	f	t
																D	Tu/D
1	Obras provisionales	glb	1.00							1	2	6		15	1	15	
2	Transporte de equipo	glb	1.00											3	1	3	
3	Trazos, niveles y replanteo	ml	22889.40							1		3	500	46	2	23	
4	Control topográfico	glb	1.00										1	50	1	50	
5	Excavación con equipo mecánico	m3	13733.64	1								1	120	114	2	57	
6	Excavación manual	m3	4120.09									1	2.5	1648	30	55	
7	Cama de apoyo	m3	1373.37							0.5		2	20	69	2	34	
8	Relleno manual 1a etapa	m3	4774.15					0.04	0.04			1	3	1591	32	50	
9	Relleno manual 2a etapa	m3	1591.38					0.04	0.04			1	3	530	10	53	
10	Relleno con equipo liviano	m3	9901.95					0.08	0.08	0.5		0.5	2	7	1415	28	51
11	Eliminación de material excedente	m3	2062.13			1						4	40	52	2	26	
12	Suministro tubos, uniones, anillos	glb	1.00							2		4		60	2	30	
13	Colocación de tubos y accesorios	ml	22889.40		1							5	240	95	2	48	
14	Prueba hidráulica a zanja abierta	ml	22889.40					3.2	1	1		5	200	114	2	57	
15	Prueba hidráulica a zanja cerrada	ml	22889.40					3.2	1	1		5	200	114	2	57	
16	Final de obra																

2.02.01 Hoja De Programación Y Asignación De Recursos

Recursos: Alternativa: 2 frentes de trabajo

Ru = Rendimiento unitario Tu = Tiempo unitario

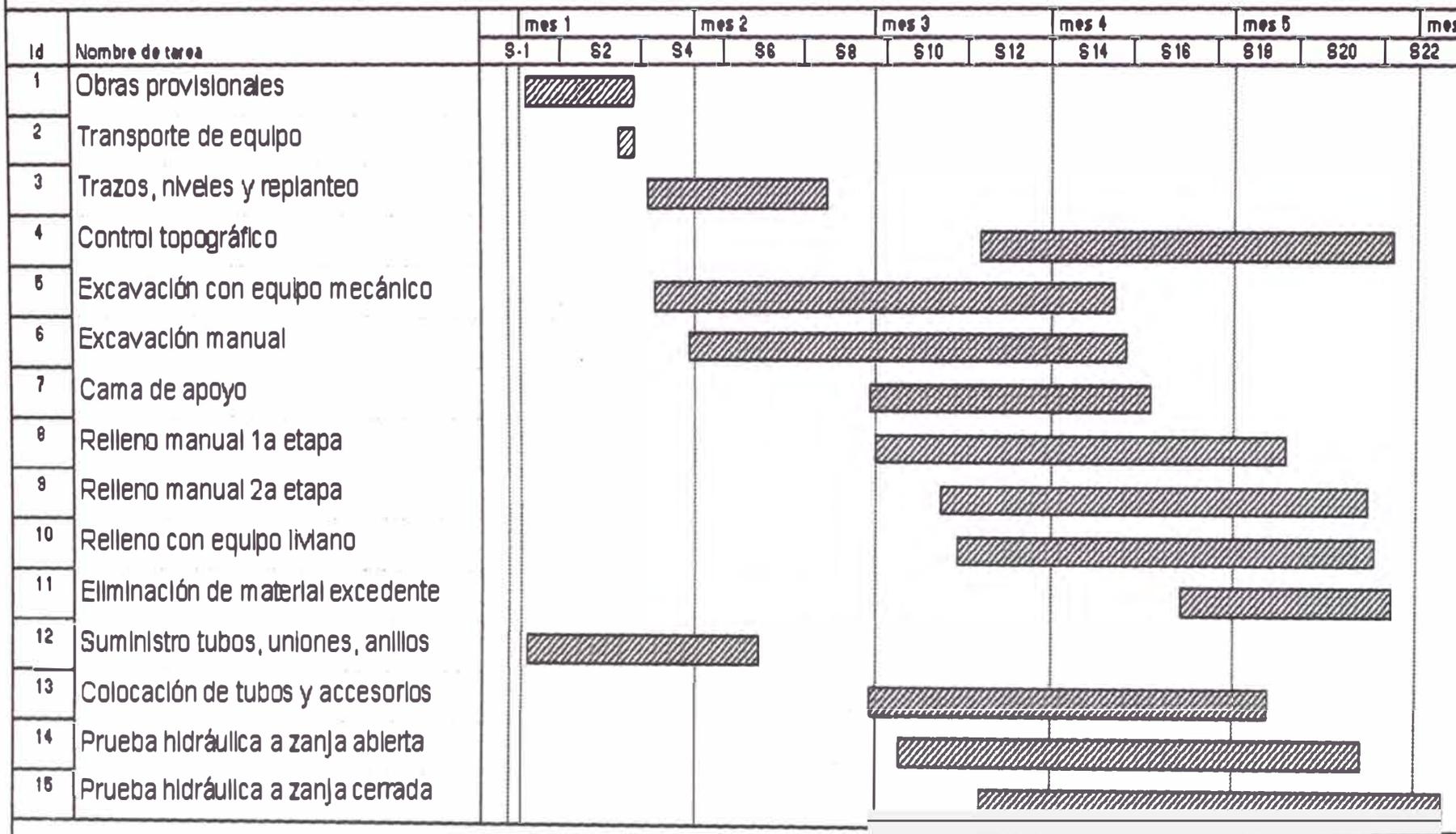
Obra: Línea de conducción L= 22,889.40 ml

t = tiempo programado

f = factor de multiplicidad

Código	TAREA	Volumen total de trabajo		CUADRILLA DIARIA											Programación			
		UNIDAD	METRADO	Retroexcavadora	Teclé (0.5-1.0) ton	Volquete (8 m3)	Bomba de prueba	Cistema	motobomba	Compactadora	operario	oficial	peon	Rendimiento de la cuadrilla unitaria	Tiempo Unitario (tu)	f	t	
																D	Tu/D	
1	Obras provisionales	glb	1.00								1	2	6		15	1	15	
2	Transporte de equipo	glb	1.00												3	1	3	
3	Trazos, niveles y replanteo	ml	22889.40							1			3	500	46	2	23	
4	Control topográfico	glb	1.00											1	50	1	50	
5	Excavación con equipo mecánico	m3	13733.64	1									1	120	114	2	57	
6	Excavación manual	m3	4120.09										1	2.5	1648	30	55	
7	Cama de apoyo	m3	1373.37							0.5			2	20	69	2	34	
8	Relleno manual 1a etapa	m3	4774.15					0.04	0.04				1	3	1591	32	50	
9	Relleno manual 2a etapa	m3	1591.38					0.04	0.04				1	3	530	10	53	
10	Relleno con equipo liviano	m3	9901.95					0.08	0.08	0.5		0.5	2	7	1415	28	51	
11	Eliminación de material excedente	m3	2062.13			1							4	40	52	2	26	
12	Suministro tubos, uniones, anillos	glb	1.00								2		4		60	2	30	
13	Colocación de tubos y accesorios	ml	22889.40		1								5	240	95	2	48	
14	Prueba hidráulica a zanja abierta	ml	22889.40					3.2	1	1			5	3	200	114	2	57
15	Prueba hidráulica a zanja cerrada	ml	22889.40					3.2	1	1			5	3	200	114	2	57
16	Final de obra																	

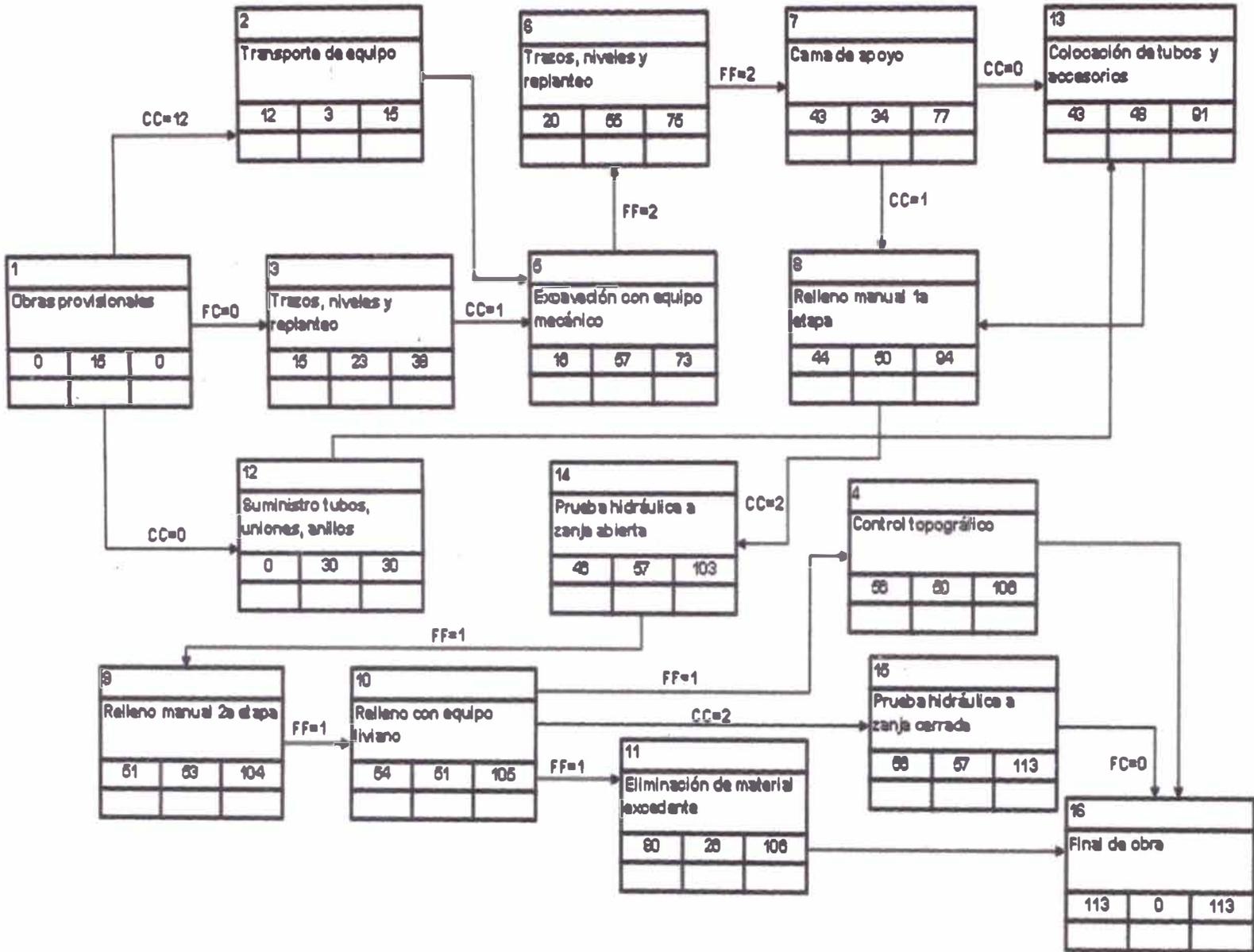
2.02.02 Diagrama De Barras Gantt



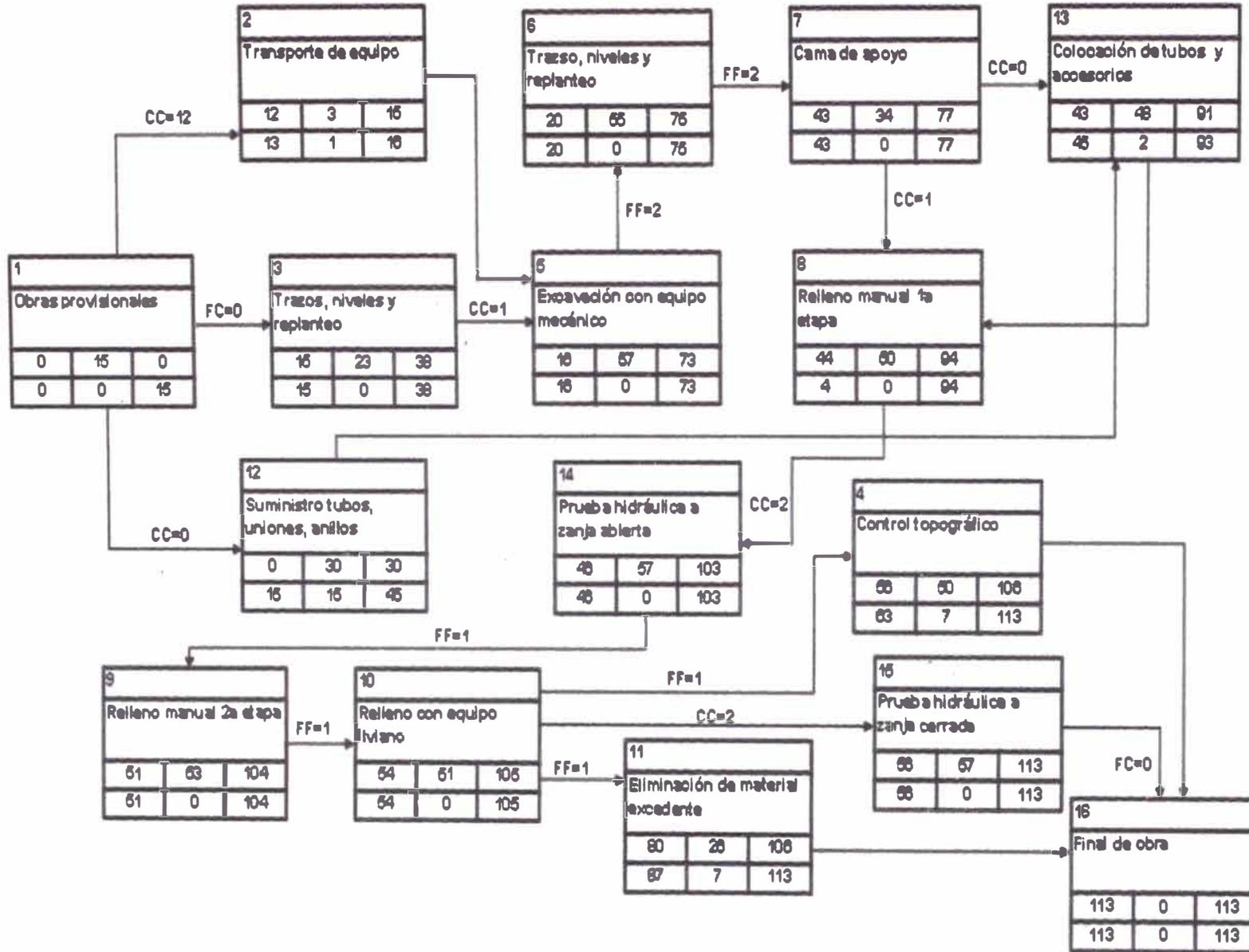
2.02.03 Tabla De Precedencias
Alternativa: 2 frentes

Código	DESCRIP.	Duración	Relación de precedencia				ES	EF	Resultado Final					
			ES	EF	LS	LF			H	TP				
1	Obras provisionales	15					0	15	0	15	0	15	0	Cr
2	Transporte de equipo	3	1	CC	+	12	12	15	12	15	13	16	1	
3	Trazos, niveles y replanteo	23	1	FC	+	0	15	38	15	38	15	38	0	Cr
4	Control topográfico	50	3	FC	+	0	38	88	56	106	63	113	7	
			10	FF	+	1	56	108						
5	Excavación con equipo mecánico	57	2	FC	+	0	15	72	16	73	18	73	0	Cr
			3	CC	+	1	16	73						
6	Excavación manual	55	5	FF	+	2	20	75	20	75	20	75	0	Cr
7	Cama de apoyo	34	6	FF	+	2	43	77	43	77	43	77	0	Cr
8	Relleno manual 1a etapa	50	7	CC	+	1	44	94	44	94	44	94	0	Cr
			13	FF	+	1	42	92						
9	Relleno manual 2a etapa	53	14	FF	+	1	51	104	51	104	51	104	0	Cr
			8	CC	+	1	45	98						
10	Relleno con equipo llmano	51	9	FF	+	1	54	105	54	105	54	105	0	Cr
11	Eliminación de material excedente	26	10	FF	+	1	80	106	80	106	87	113	7	
12	Suministro tubos, uniones, anillos	30	1	CC	+	0	0	30	0	30	15	45	15	
13	Colocación de tubos y accesorios	48	7	CC	+	0	43	91	43	91	45	93	2	
			12	FC	+	0	30	78						
14	Prueba hidráulica a zanja abierta	57	8	CC	+	2	46	103	46	103	48	103	0	Cr
15	Prueba hidráulica a zanja cerrada	57	10	CC	+	2	56	113	56	113	56	113	0	Cr
			9	CC	+	2	53	110						
16	Final de obra	0	15	FC	+	0	113	113	113	113	113	113	0	Cr
			11	FC	+	0								
			4	FC	+	0								

2.02.04 Cálculo De La Red De Precedencias
2.02.04.01 Marcha Hacia Adelante



2.02.04.02 Marcha Hacia Abajo



Conclusiones de La Programación de Obra

Si trabajamos con 2 frentes de trabajo, el tiempo de duración del proyecto es de **113 días**. Este periodo calculado es el correspondiente a la duración del proyecto.

La Ruta Crítica corresponde a las actividades que luego del cálculo de la red de precedencias por "Marcha Atrás" resulten con "Holgura" (H) igual a "0" (cero).

Para el caso de ambas alternativas las partidas que conforman la ruta crítica son:

- Partida 1: Obras provisionales
- Partida 3: Trazos, niveles y replanteo
- Partida 5: Excavación con equipo mecánico
- Partida 6: Excavación manual
- Partida 7: Cama de apoyo
- Partida 8: Relleno manual 1ª etapa
- Partida 9: Relleno manual 2ª etapa
- Partida 10: Relleno con equipo liviano
- Partida 14: Prueba hidráulica a zanja abierta
- Partida 15: Prueba hidráulica a zanja cerrada.

Las demás partidas presentan "Holguras", es decir tiempos en los que les es posible terminar su actividad sin tener apuros. Para la alternativa 2 las partidas que tienen holguras son las siguientes:

- | | | |
|---------------|------------------------------------|------------|
| ➤ Partida 2: | Transporte de equipo | H= 1 día |
| ➤ Partida 4: | Control topográfico | H= 7 días |
| ➤ Partida 11: | Eliminación de material excedente | H= 7 días |
| ➤ Partida 12: | Suministro tubos, uniones, anillos | H= 15 días |
| ➤ Partida 13: | Colocación de tubos y accesorios | H= 2 días |

Para programar el proceso de ejecución de la obra, el Contratista contará con **113 días útiles**.

04.03 PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA UTILIZANDO TOC (THEORY OF CONSTRAINTS, TEORÍA DE RESTRICCIONES)⁷

Introducción

Un proyecto es un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto o un servicio único. La Gerencia de Proyectos es el arte y la ciencia de predecir las diferentes variantes que se encuentran inmersas dentro de la materialización de una idea, con el fin de poder manejar con eficiencia y eficacia el desarrollo de un proyecto cumpliendo con los parámetros establecidos preliminarmente para su realización. En este caso contamos con 113 días para realizar las tareas de construcción de la línea de conducción de agua potable para El Proyecto de Saneamiento UNIPAMPA Zona 3.

El éxito de un proyecto podemos definirlo de la siguiente manera:

**ÉXITO DE UN PROYECTO = CUMPLIR CON COSTO + PLAZO + TIEMPO
PRE-ESTABLECIDO**

El gran problema de las empresas en la actualidad es el tiempo de desarrollo de sus proyectos. Por más que implantan nuevas tecnologías, rediseñan constantemente sus procesos, mejoran sus procedimientos en todas las áreas, pero sin embargo nunca mejoran sus tiempos de desarrollo de proyectos lo suficiente. Lo peor de todo es que en la mayoría de los casos, los proyectos nunca terminan a tiempo, se inflan desmesuradamente los presupuestos y no se cumplen con los requerimientos técnicos (Calidad) establecidos inicialmente.

Hipótesis

La mala administración de un proyecto se debe a un manejo inadecuado de la "Incertidumbre" y la "Variabilidad del Proyecto". La nueva metodología de Cadena Crítica propone una serie de herramientas para absorber esta variabilidad inevitable (inducida generalmente por gente que trabaja en el proyecto o por eventos impredecibles) por medio de amortiguadores o

⁷ Adaptado del trabajo de investigación: LA CADENA CRITICA EN LA GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION, del Ing. Willy Rafael Vilchez Churrán, encontrado en internet usando el buscador GOOGLE.

“BUFFERS” de tiempo y recursos, que funcionan como protección frente a los problemas que se pueden presentar.

Con la Cadena crítica no sólo reducimos el tiempo de culminación del proyecto, sino que cumplimos con los costos y la calidad establecidos inicialmente. Se postula que el mecanismo de medición y control debe centrarse en ajustar el porcentaje de avance en función de la Cadena Crítica del proyecto.

Teoría De Restricciones (Theory Of Constraints - TOC)

Es una filosofía de gestión de sistemas que propone nuevos modelos de pensamiento para construir novedosos procedimientos lógicos, análisis basados en relaciones causa – efecto, resolución de conflictos entre condiciones necesarias, sentido común estructurado, etc. la Teoría de Restricciones, basada en el pensamiento Sistémico (Teoría General de Sistemas), afirma que los procesos multitarea de cualquier ámbito, no pueden acercar a una organización a su meta, ni seguir mejorando, debido a la existencia de factores limitantes denominados “restricciones” o “cuellos de botella”.

La hipótesis de TOC es que la operación de cualquier sistema complejo consiste en realidad en una gran cadena de recursos y procedimientos interdependientes (transformaciones, maquinas, centros de trabajo, seres humanos) pero sólo unos pocos de ellos (los cuellos de botella o restricciones) condicionan la salida de la producción.

Lo que hace diferente a TOC es su novedosa metodología para hacer frente a los problemas que se puedan presentar, sin importar su naturaleza, su complejidad, su magnitud ni su origen. Esta metodología consiste en 5 pasos fundamentales:

PASO UNO: Identificar la restricción del sistema.

PASO DOS: Explotar la restricción del sistema.

PASO TRES: Subordinar el resto del sistema a la restricción anterior.

PASO CUATRO: Elevar la restricción del sistema.

PASO CINCO: Volver al paso número uno.

En el caso de la construcción, TOC nos ayuda a entrelazar las diferentes partes interconectadas, dependientes y ordenadas de cualquier proyecto y poder determinar la Cadena Crítica del mismo, encontrando mecanismos y reglas simples y prácticas para una eficaz planificación, programación y control del proceso constructivo.

Metodología de la Cadena Crítica

Se basa en el uso de amortiguadores de recursos y amortiguadores de tiempo (BUFFERS) ubicados inteligentemente en la red de procesos del proyecto, que absorben la variabilidad inducida principalmente por las personas que trabajan en el proyecto, de modo que sus fallas afecten al tiempo de ejecución de los procesos, pero no afecten al tiempo de culminación del proyecto Global.

La Cadena Crítica es la cadena más larga de tareas que considera, tanto las dependencias entre las tareas, como las dependencias de los recursos. En cambio en el CPM (Critical Path Method) la Ruta Crítica sólo se basa en las dependencias de las tareas.

Insertando Buffers

Los Buffers son amortiguadores de tiempo que se contraen automáticamente cuando son empujados por tareas que demandan más tiempo del previsto. Los Buffers absorben estas demoras sin afectar la Fecha Objetivo de culminación del proyecto.

La Cadena Crítica proporciona una protección al tiempo final del proyecto (10% - 20% del plazo total en caso de proyectos de construcción), denominada buffer del proyecto, con la finalidad de absorber las demoras y desperdicios de tiempo que se produzcan en la cadena crítica del proyecto.

Contrariamente a lo afirmado por la metodología PERT – CPM, el hacer todas o muchas actividades críticas no es lo más conveniente para planificar un proyecto, ya que una demora en cualquier actividad producirá un retraso en la

culminación del proyecto entero. Las rutas de alimentación o rutas no críticas, deben ser protegidas por un buffer de alimentación, con la finalidad de que cualquier retraso en dicha ruta crítica no genere una demora en la ruta crítica y por ende se evite producir la merma del buffer del proyecto. Si en todo caso, la demora es demasiado grande y no es suficiente con el buffer de alimentación, entonces el buffer del proyecto tendrá que absorber dicha demora.

El buffer de recursos puede ser de dos clases: Un inventario del recurso escaso, es decir mantener en espera permanente a una maquinaria, un operario o un insumo escaso, con la finalidad de que en cualquier paralización de la obra, por demora o por baja del rendimiento del recurso que se encuentra trabajando, dicho inventario en espera pueda suplir la necesidad. El segundo es un buffer de recurso tipo tiempo, es decir si nos hemos retrasado en determinada actividad no crítica, este buffer de tiempo absorberá el retraso.

Como se podrá ver, el buffer de recurso debe ser utilizado lo más eficientemente posible porque este tipo de buffer genera un costo adicional.

La administración eficaz de los buffers es la clave del seguimiento de la performance del proyecto.

Planificación con TOC

Determinación del buffer del proyecto: este buffer estará en función de la capacidad organizacional y financiera de la empresa constructora, a la vez de la dificultad técnica del proyecto. Podemos escoger el tamaño del buffer en el rango de 10% - 20% de la duración total del proyecto.

Escogemos 15% como buffer del proyecto:

Plazo: 113 días útiles x 15% = 17 días

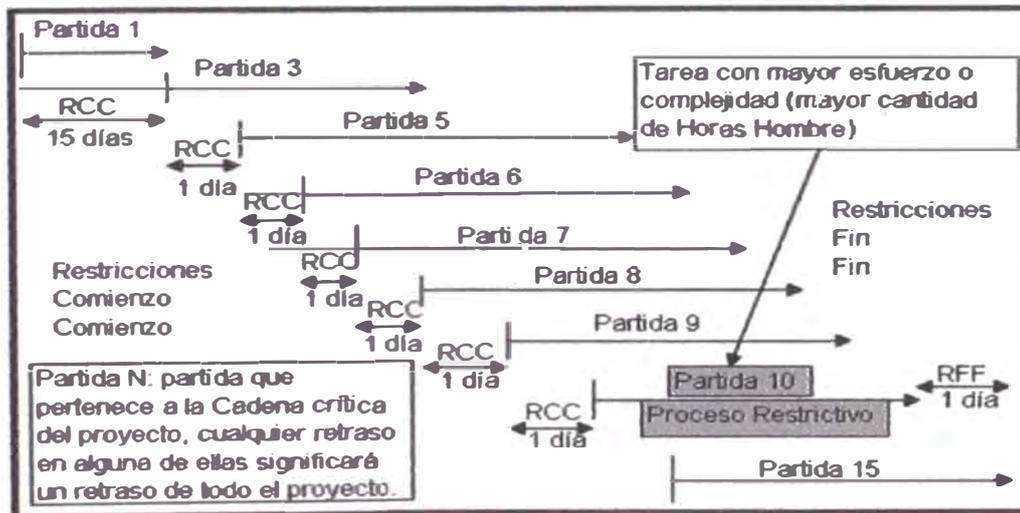
Días útiles = 113 – 17 = 96 días

Identificación de la restricción del sistema: en la construcción, la actividad más restrictiva es la que marca el ritmo de producción o velocidad de avance de la obra. La actividad restrictiva es la actividad que requiere mayor esfuerzo (mayor cantidad de horas hombre – HH) o la que tenga el recurso limitativo.

El Cuadro N° 04.03 muestra la cantidad de horas de trabajo de cada partida. Del mismo se puede observar que la tarea con mayor cantidad de horas de trabajo es “relleno con equipo liviano”: 29197 HH + 8601 HM.

Explotar la restricción del sistema: debemos aumentar la capacidad de la restricción del sistema, es decir, aumentar los recursos de nuestra actividad restrictiva con la finalidad de avanzar con mayor rapidez nuestra obra. Sin embargo esto demandaría un gasto adicional que podemos evitar. Tenemos que definir la duración de la actividad más restrictiva, para ello identificamos las restricciones Comienzo – Comienzo (C-C), que es el tiempo entre el inicio de la obra y el inicio de la actividad restrictiva.

Planificación con TOC



CUADRO N° 04.03: Cantidad De Horas Requeridas Por Partida

TAREA	Volumen total de trabajo		Rendimiento de la cuadrilla unitaria (Ru)	Unidad de avance	CUADRILLA DIARIA									Hombres por cuadrilla unitaria	Maquinaria por cuadrilla unitaria	Productividad de mano de obra	Productividad de equipo	Rendimiento de la mano de obra	Rendimiento del equipo	Horas hombre necesarias	Horas máquina necesarias																				
	UNIDAD	METRADO			Restriccionadora	Teche (0.5-1.0) ton	Vibrotete (8 m3)	bomba de prueba	cistema	motobomba	COMPACTADORA	operario	oficial									peon																			
																							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Obras provisionales	gb	1	15 días							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
transporte de equipo	gb	1	3 días																																						
Trazos, niveles y replanteo	ml	22889.4	500 m/d							1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
Control topográfico	gb	1	50 días							1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
Excoavación de zanja c/equipo	m3	13733.6	120 m3/d	1						1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Excoavación manual	m3	4120	3 m3/d								1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Cama de apoyo	m3	1373.37	40 m3/d							1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Relleno primera etapa	m3	4774	3 m3/d					0.04	0.04	0.08	1	1.1	0.09	0.35	4.89	2.88	0.21	13740	1018																						
Relleno segunda etapa	m3	1591	3 m3/d					0.04	0.04	0.08	1	1.1	0.09	0.35	4.89	2.88	0.21	4562	330																						
Relleno con equipo liviano	m3	9902	7 m3/d	0.1				0.08	0.08	0.5	0.08	0.5	2	2.5	0.76	0.34	1.15	2.95	0.87	29197	8601																				
Eliminación de material exced.	m3	2062	40 m3/d			2				1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Suministro de tubos, uniones	gb	1	30 días							2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Colocación tubos y accesorios	ml	22889	240 m/d	0.5						1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
Prueba Hidraulica zanja ABIERTA	ml	22889	200 m/d				1	0.25	0.25	1.5			1.5	1.5	16.67	16.67	0.06	0.06	1373	1373																					
Prueba Hidraulica zanja CERRADA	ml	22889	200 m/d				1	0.25	0.25	1.5			1.5	1.5	16.67	16.67	0.06	0.06	1373	1373																					

Del gráfico "Planificación con TOC" obtenemos las restricciones Comienzo – Comienzo (CC):

$$\text{Restricción CC} = 15 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 21 \text{ días.}$$

Del mismo modo las restricciones Fin – Fin (FF):

$$\text{Restricción FF} = 1 \text{ día.}$$

Por lo tanto ya podemos determinar el tiempo que puede durar como máximo mi tarea restrictiva.

$$T_p(\text{tarea restrictiva}) = 96 - 21 - 1 = 74 \text{ días.}$$

Subordinar las duraciones de las tareas a la duración de la tarea restrictiva: las tareas deben tener duración menor, a lo mucho igual que la tarea restrictiva. De esta manera subordinamos el avance de nuestra obra, a la velocidad de nuestra tarea restrictiva de la siguiente manera:

- 1) Si T_u (tarea no restrictiva) < T_p (tarea restrictiva) => T_p (tarea no restrictiva) = T_u (tarea no restrictiva).
- 2) Si T_u (tarea no restrictiva) > T_p (tarea restrictiva) => T_p (tarea no restrictiva) = T_u (tarea restrictiva).

Donde: T_u = tiempo de la cuadrilla unitaria

T_p = tiempo programado

Si la tarea restrictiva sólo puede durar 74 días, entonces su avance diario será:

$$\text{Producción diaria de la tarea restrictiva} = \text{Metrado (t.r)} / \# \text{ días} = 133.81 \text{ m}^3/\text{día.}$$

La partida restrictiva "Relleno con equipo liviano" se realiza en una zanja de las dimensiones siguientes:

$$\text{Ancho} = 0.60 \text{ ml.}; \quad \text{Altura} = 0.70 \text{ ml.} \Rightarrow \text{Area} = 0.42 \text{ m}^2.$$

El avance lineal de zanja diario será: $133.81 \text{ m}^3/\text{día} / 0.42 \text{ m}^2 = 318 \text{ ml/día}$.

Si se decide trabajar en dos frentes de trabajo, cada frente avanzará el equivalente a: 160 ml/día .

De este modo cada partida deberá avanzar según el avance de la partida restrictiva. Esto se muestra en el Cuadro N° 04.04, además de mostrar también la cuadrilla diaria para los dos frentes de trabajo y para cada frente (la mitad de la cuadrilla total).

Programación con TOC

Realizaremos un avance a ritmo constante (marcado por la velocidad de la actividad crítica), obligando de esta manera a mejorar la velocidad de producción. Para la construcción de obras lineales es preferible usar este tipo de programación basada en dividir los volúmenes de trabajo en porciones pequeñas y más manejables, de tal manera que puedan ser construidas en un día de trabajo. Con la división en lotes de trabajo mediante una programación detallada por sectores, disminuimos las esperas técnicas entre las actividades de la cadena crítica (tiempos no productivos), el trabajo se vuelve más dinámico y el control de avance es diario para cada actividad. Por esta razón existe un riesgo de no completarse la tarea por la variabilidad, la misma que va ser controlada con la administración de los buffers.

La programación de los lotes de trabajo que se propone para el "Procedimiento constructivo de la línea de conducción de agua potable" es el mostrado en el "Cuadro N° 04.05".

CUADRO N° 04.04: Hoja De Recursos Diarios

TAREA	Volumen total de trabajo		Rendimiento de la cuadrilla unitaria (Ru)	dad de avance	CUADRILLA DIARIA									Hombres por cuadrilla unitaria	Factor de multiplicidad	Produccion diaria real de los frentes	Tp de la partida (días)
	UNIDAD	METRADO			Retroexcavadora	Teclé (0.5-1.0) ton	Volquete (8 m3)	bomba de prueba	cistema	motobomba	COMPACTADORA	operario	oficial				
Obras provisionales	glb	1	15	días							1	2	8	9.0			15
transporte de equipo	glb	1	3	días													3
Trazos, niveles y replanteo	ml	22889.4	500	m/d						1		2	3.0	0.838	318		72
Control topográfico	glb	1	60	días						1		3	4.0				60
Excavación de zanja c/equipo	m3	13733.6	120	m3/d	2					2		2	4.0	1.547	186		74
Excavación manual + refina	m3	4120	3	m3/d								19	19.0	18.66	66		74
Cama de apoyo	m3	1373.37	40	m3/d						1		2	3.0	0.464	19		74
Relleno primera etapa	m3	4774	3	m3/d					1	1		22	24.0	21.5	66		74
Relleno segunda etapa	m3	1691	3	m3/d					0	0		1	8	9.0	7.167	22	74
Relleno con equipo liviano	m3	9902	7	m3/d	2				2	2	10	2	10	39	51.0	134	74
Eliminación de material exced.	m3	2062	40	m3/d				7				4	14	18.0	3.346	134	15
Suministro de tubos, uniones	glb	1	30	días						2		4	6.0	1		30	30
Colocación tubos y accesorios	ml	22889	240	m/d				0.7			2		7	9.0	1.326	318	72
Prueba hidraulica zanja ABIERTA	ml	22889	200	m/d				1.6	0	1		3		3.0	1.59	318	72
prueba hidraulica zanja CERRADA	ml	22889	200	m/d				1.6	0	1		3		3.0	1.59	318	72

RECURSOS TOTALES DIARIOS

RECURSOS POR FRENTE

4	0.7	7	3.2	3	6	10	26	12	128	166
2	0.36	3.50	1.80	1.50	2.50	5	13	8	64	83

CONCLUSIONES

1. El proyecto de Saneamiento UNIPAMPA zona 3, servirá como documento de referencia para la elección de la forma de abastecimiento de agua y desagüe cuando la zona sea poblada.
2. De acuerdo a la economía de los pobladores de las zonas aledañas al proyecto, se puede decir, que un proyecto que contemple costos elevados de mantenimiento y operación del sistema no sería exitoso, ya que la capacidad de pago por los servicios es baja.
3. La línea de conducción por gravedad, con una planta de tratamiento en una zona con cota elevada que permita la conducción del agua por gravedad hasta el reservorio elevado, es la alternativa más razonable.
4. La ejecución de los trabajos que comprenden la línea de conducción de agua potable necesitan ser entendidos perfectamente por las persona encargadas de la ejecución de la obra, para garantizar la calidad de la misma.
5. Es necesario contar con manuales de procedimiento en cada una de las etapas de la construcción de las obras de Ingeniería Civil que permitan el entendimiento de estos trabajos y mejoren los procesos constructivos.
6. Es necesario conocer y aplicar nuevas metodologías constructivas que apoyen la ejecución correcta de los trabajos y, además, nos permitan ejecutar las obras en los plazos y presupuestos pre – establecidos.
7. La Teoría de Restricciones es la metodología más moderna usada en la actualidad para garantizar el éxito de la obra.

RECOMENDACIONES

1. Por el bajo costo en la etapa de operación y mantenimiento, se recomienda el uso de una captación de agua de una fuente superficial.
2. Del mismo modo, es más económico, en el tiempo, el uso de líneas de conducción por gravedad, por trabajar para una población de bajos recursos económicos.
3. Se debe ubicar la planta de tratamiento de tal manera que la conducción del agua tratada al reservorio sea por gravedad, redundando en un bajo costo de operación del sistema.
4. Se debe conocer perfectamente todas las etapas en la ejecución de los trabajos de la línea de conducción de agua potable, para garantizar el éxito en la construcción de la obra.
5. Se debe complementar lo detallado, al respecto del ítem anterior, consultando la bibliografía a la que se hace referencia para lograr un mejor entendimiento.
6. La metodología que se debe usar para la etapa de la construcción debe estar basada en el uso de la Teoría de Restricciones y la Cadena Crítica, para minimizar los efectos de la variabilidad e incertidumbre que siempre se presentan en la ejecución de los proyectos.
7. Es recomendable la lectura de la bibliografía mencionada respecto al tema de programación por Cadena Crítica antes de aplicar el método, ya que permitirá un entendimiento más profundo del tema.

BIBLIOGRAFIA**Tesis:**

Bonilla Vásquez, Luis Enrique; Proyecto de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para el asentamiento humano "Ciudad Nueva" Tacna; Lima: 1988. Ed. – 272pag. 2 tvol.

Del Pino Rucha, Percy; Abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la ciudad de Muquiyauyo de la provincia de Jauja, departamento de Junín; Lima: 1988. Ed. – 353 pág. vol.

Donoso Stolzembach, Carlos Romel

Abastecimiento de agua potable para la ciudad de Zarumilla, Lima: 1993.

Hernández Ibáñez, Luis Miguel; Esquema de abastecimiento de agua potable el sol de La Molina – La Molina, Lima: 1987

Montalvo Soto, Antonio; Abastecimiento de agua potable para la habilitación urbana La Angostura-Ica; Datos: Lima: 1988. Ed. – 316pag. vol.

Estudios y Obras de Saneamiento:

Aguilar Roldán; Roger. Ingeniero Proyectista; Proyecto: "Agua potable para el Distrito de Leymebamba – Chachapoyas – Amazonas"; Entidad Ejecutora: Gobierno Regional Amazonas. Chachapoyas: 2004.

Altamirano Torres; Dimas. Ingeniero Proyectista; Proyecto: "Agua potable para el Distrito de Huambo – Rodríguez de Mendoza – Amazonas"; Entidad Ejecutora: Gobierno Regional Amazonas. Chachapoyas: 2004.

Asociación Parsons – Cesel; Proyectistas; Proyecto de ampliación del sistema de agua y desagüe de la ciudad de Piura. Lima: 2004.

Ramírez Malaver; Julio F. Ingeniero Proyectistas; Proyecto: "Agua potable para el Anexo Casmal – Molinopampa – Chachapoyas – Amazonas"; Entidad Ejecutora: Municipalidad Distrital de Molinopampa. Lima: 2006.

- Ynitec Ingenieros Civiles; Proyectista; Proyecto: "Sistema de Alcantarillado del Distrito de Pomacochas – Bongará Amazonas";

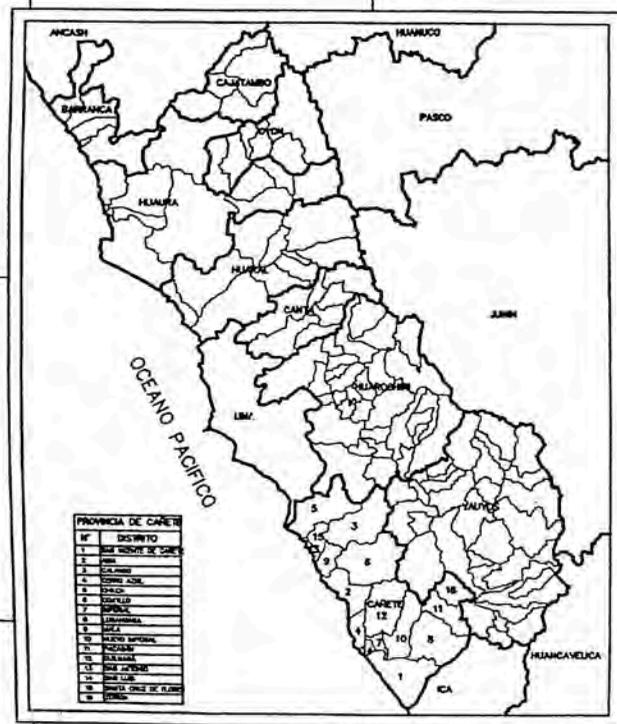
Entidad Ejecutora: Gobierno Regional Amazonas. Chachapoyas: 2005

Libros:

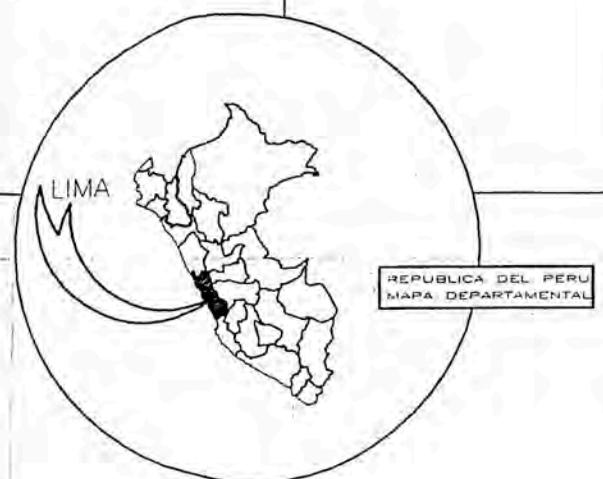
- Dirección General de Salud Ambiental. Manual de Abastecimiento de Agua y saneamiento para Poblaciones Rurales y Urbano – Marginales. Lima, Fondo editorial del Ministerio de Salud.
- López M., Hilario y Morán T., Carlos. Programación PERT – CPM y control de proyectos. Lima. Fondo editorial CAPECO. Lima: oo presenta fecha en el texto.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Reglamento Nacional de Edificaciones, Normas de Saneamiento y Electromecánica. Lima, Edición 2006.
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima, SEDAPAL. Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Obras de SEDAPAL. Lima, Edición 2006.
- Rodríguez Castillejo, Walter. Costo y Tiempo aplicando el Ms – Project para Windows. Lima, no presenta edición ni fecha. Lima: no presenta fecha en el texto.

Textos electrónicos:

- Mandujano Rodríguez, Miguel. Ruta Crítica vs. Cadena Crítica. Buscador Google. www.grupotoc.com.pe. Lima: 2006.
- Vilchez Chumán, Willy Rafael. La cadena crítica en la gerencia de proyectos de construcción. Buscador Google. www.grupotoc.com.pe. Lima: 2006.



Prefiltro (0+500) y
Planta de Tratamiento (0+800)



CUADRO DE COORDENADAS DE LA LINEA DE CONDUCCION

N° PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	P.T.	NORTE	ESTE	PX	SA
0	I	180°00'00"	0.000	0.000	0.000	0.000	0 + 000.000	0 + 000.000	0 + 000.000	8558616.332	368489.564	----	----
1	D	13°01'40"	0.000	0.000	0.000	0.000	0 + 822.109	0 + 822.109	0 + 822.109	8557848.017	368197.068	----	----
2	I	13°54'40"	0.000	0.000	0.000	0.000	1 + 919.657	1 + 919.657	1 + 919.657	8556936.701	367585.418	----	----
3	D	9°51'20"	0.000	0.000	0.000	0.000	3 + 208.582	3 + 208.582	3 + 208.582	8555725.188	367145.459	----	----
4	D	12°48'50"	0.000	0.000	0.000	0.000	4 + 827.323	4 + 827.323	4 + 827.323	8554320.690	366340.656	----	----
5	I	2°00'10"	0.000	0.000	0.000	0.000	5 + 845.457	5 + 845.457	5 + 845.457	8553571.579	365651.142	----	----
6	D	8°50'20"	0.000	0.000	0.000	0.000	6 + 834.282	6 + 834.282	6 + 834.282	8552821.084	365007.300	----	----
7	D	5°08'20"	0.000	0.000	0.000	0.000	8 + 401.490	8 + 401.490	8 + 401.490	8551802.555	363816.191	----	----
8	I	28°01'10"	0.000	0.000	0.000	0.000	9 + 445.742	9 + 445.742	9 + 445.742	8551197.717	362964.937	----	----
9	D	25°26'20"	0.000	0.000	0.000	0.000	10 + 452.812	10 + 452.812	10 + 452.812	8550297.123	362514.248	----	----
10	D	7°02'00"	0.000	0.000	0.000	0.000	11 + 759.635	11 + 759.635	11 + 759.635	8549493.022	361484.100	----	----
11	D	16°45'20"	0.000	0.000	0.000	0.000	12 + 823.084	12 + 823.084	12 + 823.084	8548946.232	360571.990	----	----
12	I	76°56'20"	0.000	0.000	0.000	0.000	13 + 741.749	13 + 741.749	13 + 741.749	8548721.084	359681.341	----	----
13	D	86°46'20"	0.000	0.000	0.000	0.000	14 + 288.644	14 + 288.644	14 + 288.644	8548174.294	359692.071	----	----
14	I	21°54'00"	0.000	0.000	0.000	0.000	15 + 519.427	15 + 519.427	15 + 519.427	8548080.922	358464.836	----	----
15	I	58°35'30"	0.000	0.000	0.000	0.000	19 + 252.398	19 + 252.398	19 + 252.398	8546429.833	355116.855	----	----
16	---	---	---	---	---	---	23 + 189.414	---	---	8542508.749	354763.015	----	----

LOCALIZACION
UNIPAMPA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

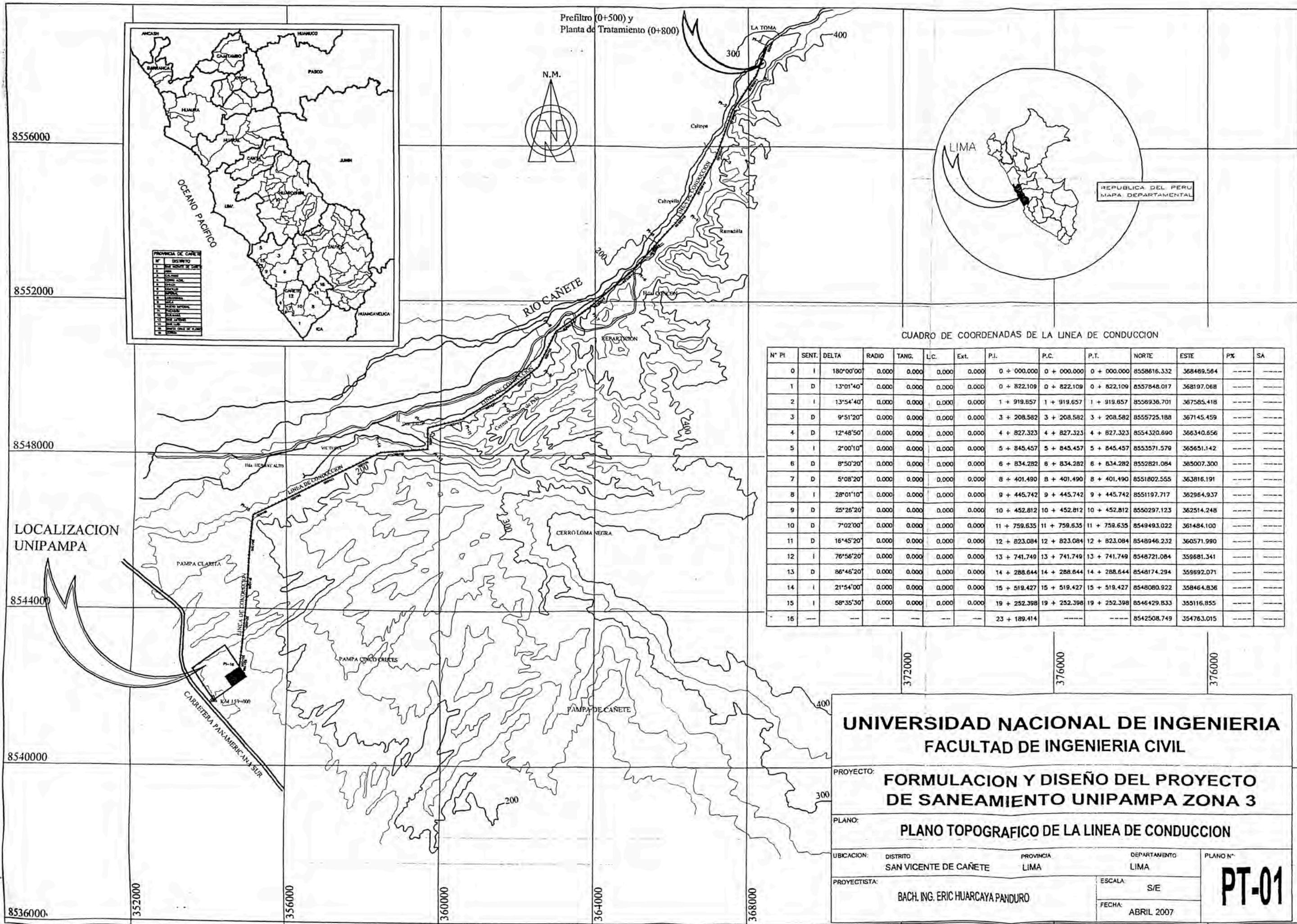
PROYECTO: **FORMULACION Y DISEÑO DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO UNIPAMPA ZONA 3**

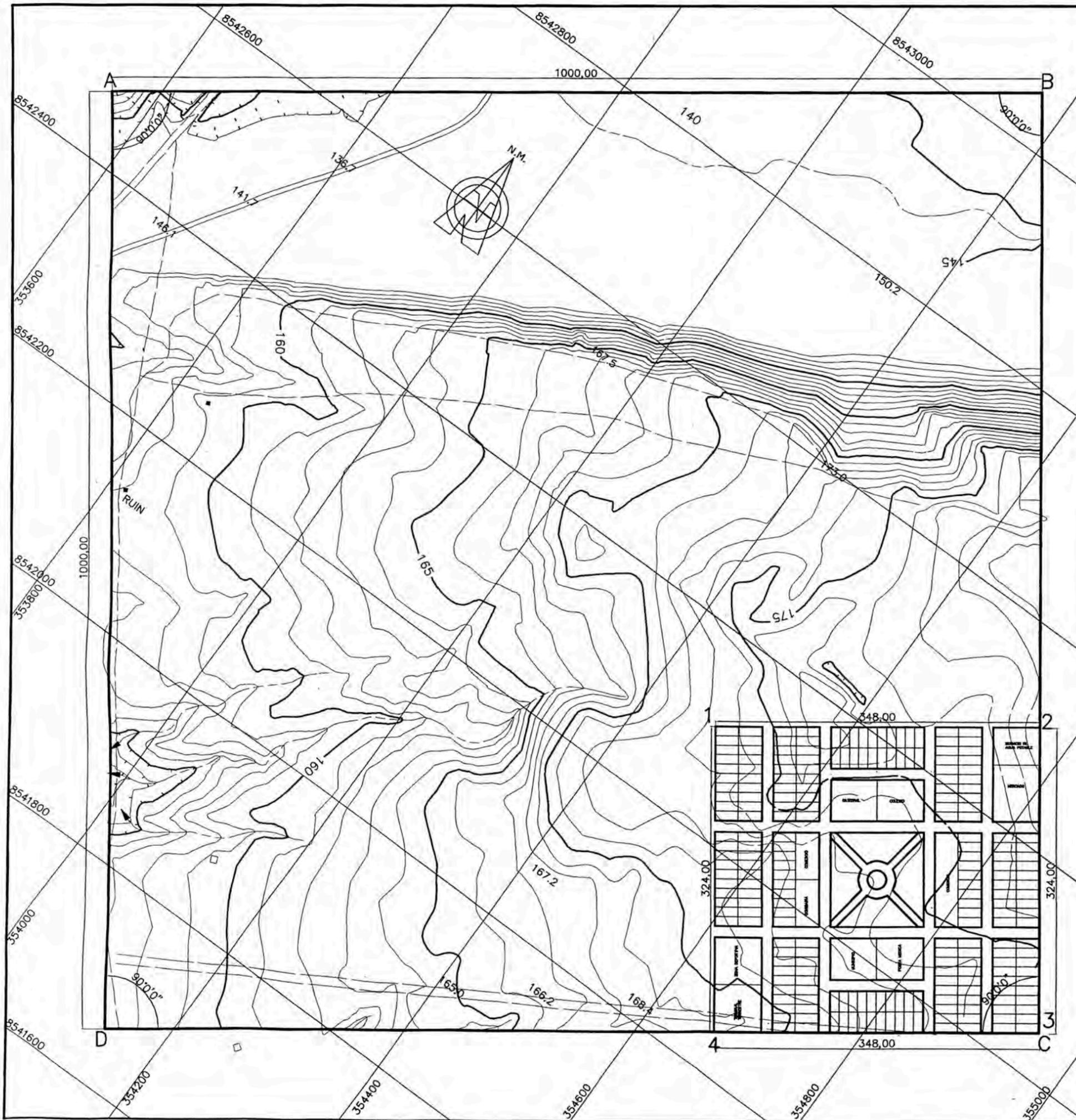
PLANO: **PLANO TOPOGRAFICO DE LA LINEA DE CONDUCCION**

UBICACION: DISTRITO **SAN VICENTE DE CAÑETE** PROVINCIA **LIMA** DEPARTAMENTO **LIMA** PLANO N° **PT-01**

PROYECTISTA: **BACH. ING. ERIC HUARCAYA PANDURO** ESCALA: **S/E**

FECHA: **ABRIL 2007**





CUADRO DE DATOS TECNICOS DEL PERIMETRO

TRAMO	DISTANCIA	ANG. INT.	COORDENADAS U.T.M.		V
			NORTE	ESTE	
A-B	1000.00	90°00'00"	8542471.97	353556.52	A
B-C	1000.00	90°00'00"	8543056.99	354367.54	B
C-D	1000.00	90°00'00"	8542245.98	354952.56	C
D-A	1000.00	90°00'00"	8541660.95	354141.55	D
P = 4000.00 ML.		Σ T=360°	AREA = 1'000,000.00 m2		

CUADRO DE DATOS TECNICOS DEL PERIMETRO

TRAMO	DISTANCIA	ANG. INT.	COORDENADAS U.T.M.			V
			NORTE	ESTE	COTAS	
1-2	348.00	90°00'00"	8542305.16	354480.78	173.30	1
2-3	324.00	90°00'00"	8542508.75	354763.01	178.20	2
3-4	348.00	90°00'00"	8542245.98	354952.56	174.80	3
4-1	324.00	90°00'00"	8542042.39	354670.33	168.85	4
P = 1344.00 ML.		Σ T=360°	AREA = 112,752.00 m2			

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

PROYECTO: **FORMULACION Y DISEÑO DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO UNIPAMPA ZONA 3**

PLANO: **PLANO TOPOGRAFICO DE UNIPAMPA ZONA 3**

UBICACION:	DISTRITO SAN VICENTE DE CAÑETE	PROVINCIA LIMA	DEPARTAMENTO LIMA	PLANO N°:
PROYECTISTA:	BACH. ING. ERIC HUARCAYA PANDURO			ESCALA S/E

PT-02