

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“DISEÑO HIDRÁULICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA EL BARRIO DE TORRECILLAS”**

Por:

FRANZ MAURICIO TEJERINA HOYOS

**Noviembre del 2012
TARIJA-BOLIVIA**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA OO. Y SS.

**“DISEÑO HIDRÁULICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA EL BARRIO DE TORRECILLAS”**

Por:

FRANZ MAURICIO TEJERINA HOYOS

Proyecto elaborado en la asignatura CIV - 502

Proyecto de Ingeniería Civil II

Diciembre del 2012
TARIJA-BOLIVIA

HOJA DE EVALUACIÓN

EVALUACIÓN CONTINUA:

Fecha de presentación:

Calificación numeral:

Calificación literal:

Nombre y firma docente CIV 502:

EVALUACIÓN FINAL:

Fecha de presentación y defensa:

Calificación numeral:

Calificación literal:

Nombre y firma tribunal 1:

Nombre y firma tribunal 2:

Nombre y firma tribunal 3:

CALIFICACIÓN FINAL:

Evaluación continua (40%):
.....

Evaluación final (60):
.....

Calificación final:
.....

Nombre y firma docente CIV 502:

El docente y tribunal evaluador del Proyecto de Ingeniería Civil no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleados en la elaboración del presente trabajo, siendo los mismos únicamente responsabilidad del autor.

PENSAMIENTO:

"Si uno comienza con certezas, acabará con dudas,
pero si se conforma en comenzar con dudas, conseguirá
acabar con certezas."

Francis Bacon (1561-1626)

DEDICATORIA

El presente trabajo esta dedicado a mis padres y hermanas por todo el apoyo incondicional y comprensión a lo largo de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I	
ELEMENTOS DE OBJETO DEL PROYECTO.....	2
1.1. SELECCIÓN Y DEFINICION DEL TEMA.....	2
1.1.1. UBICACIÓN DEL BARRIO.....	2
1.2. TÍTULO.....	3
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5.1. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA.....	5
1.5.2. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	5
1.5.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	5
1.5.4. JUSTIFICACIÓN INSTITUCIONAL.....	5
1.6. MARCO DE REFERENCIA.....	6
1.6.1. MARCO TEÓRICO.....	6
1.6.2. MARCO CONCEPTUAL.....	7
1.6.3. MARCO ESPACIAL.....	10
1.6.4. MARCO TEMPORAL.....	10

1.7. ALCANCE.....	10
CAPITULO II	
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO.....	13
2.1. INFORMACIÓN GENERAL.....	13
2.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	13
2.1.2 LÍMITES TERRITORIALES.....	13
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.....	13
2.2.1 CLIMATOLÓGICAS.....	13
2.2.2 GEOMORFOLÓGICAS.....	14
2.2.3. HIDROLÓGICAS.....	14
2.2.4. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.....	14
2.2.5. SERVICIOS BÁSICOS.....	15
CAPITULO III	
ESTUDIOS PRELIMINARES Y PARÁMETROS DE DISEÑO.....	16
3.1. ESTUDIOS TÉCNICOS.....	16
3.1.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	16
3.2. ESTUDIOS AUXILIARES Y COMPLEMENTARIOS.....	16
3.2.1. ESTUDIOS HIDROGEOLOGÍAS.....	16
3.2.2. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.....	17
3.3. POBLACIÓN DEL PROYECTO.....	17
3.3.1. MÉTODOS DE CÁLCULO.....	18
3.3.2. APLICACIÓN DE MÉTODOS SEGÚN EL TAMAÑO DE POBLACIÓN.....	18
3.3.3. PERIODO DE DISEÑO.....	19
3.4. CONSUMO DE AGUA.....	19
3.4.1. DOTACIÓN MEDIA DIARIA.....	19

3.4.2. DOTACIÓN FUTURA.....	20
3.5. CAUDALES DE DISEÑO.....	21
3.5.1 CAUDAL MEDIO DIARIO.....	21
3.5.2. CAUDAL MÁXIMO DIARIO.....	21
3.5.3. CAUDAL MÁXIMO HORARIO.....	22
CAPITULO IV	
FUENTES Y FORMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA.....	23
4.1. DEFINICIÓN.....	23
4.2. TIPOS DE FUENTES DE AGUA.....	23
4.3. SELECCIÓN DE FUENTES DE AGUA.....	23
4.4. AGUAS SUPERFICIALES.....	24
4.4.1. CAPTACIONES SUPERFICIALES.....	24
4.5. AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	25
4.5.1. ACUÍFEROS.....	25
4.5.1.1. PARÁMETROS DE USO GENERAL EN ACUÍFEROS.....	27
4.5.1.1.1. POROSIDAD.....	27
4.5.1.1.2. PERMEABILIDAD Y CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA.....	28
4.5.1.1.3. TRANSITIVIDAD.....	28
4.5.1.1.4. COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO.....	29
4.5.1.1.5. GRANDIENTES Y CARGAS.....	29
4.6. HIDRÁULICA DE POZOS.....	29
4.6.1. RÉGIMEN PERMANENTE DE UN POZO.....	29
4.6.1.1. ACUÍFERO CONFINADO.....	29
4.6.1.2. ACUÍFERO NO CONFINADO.....	31
4.6.2. RÉGIMEN NO PERMANENTE DE UN POZO.....	33

4.7. PERFORACIÓN DE POZOS.....	34
4.7.1. MÉTODOS DE PERFORACIÓN.....	35
4.7.1.1. PERFORACIÓN POR PERCUSIÓN.....	35
4.7.1.2. PERFORACIÓN POR ROTACIÓN.....	36
4.7.1.3. PERFORACION MANUAL.....	36
4.7.2. PROCEDIMIENTO PARA PERFORACIÓN DE UN POZO.....	37
4.8. GALERÍAS FILTRANTES.....	39
4.9. VERTIENTE.....	39
CAPITULO V	
ADUCCIÓN E HIDRÁULICA DE TUBERÍAS.....	41
5.1. TIPOS DE ADUCCIÓN.....	41
5.1.1. ADUCCIÓN POR GRAVEDAD.....	41
5.1.2. ADUCCIÓN POR BOMBEO.....	42
5.1.2.1. DISEÑO HIDRÁULICO DE ADUCCIÓN POR BOMBEO.....	42
5.1.2.1.1. CAUDAL DE BOMBEO.....	44
5.1.2.1.2. TUBERÍA DE SUCCIÓN.....	45
5.1.2.1.3. TUBERÍA DE SUCCIÓN.....	45
5.1.2.1.4. DIMENSIONAMIENTO TUBERÍA ADUCCIÓN POR BOMBEO.....	46
5.1.2.1.4.1. FÓRMULA DE DARCY WEISBACH (1850).....	47
5.1.2.1.4.2. FÓRMULA DE HAZEN - WILLIAMS (1906).....	48
5.1.2.2. GOLPE DE ARIETE.....	51
5.1.2.3. ESTACIONES DE BOMBEO.....	52
5.1.2.3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO.....	52
5.1.2.4. CRITERIOS DE DISEÑO.....	53
5.1.2.4.1. ESTIMACIÓN DE CAUDALES.....	53

5.1.2.4.2. CAVITACIÓN.....	54
5.1.2.4.3. CARGA NETA POSITIVA DE SUCCIÓN (CNPS).....	55
5.1.2.4.4. SUMERGENCIA MÍNIMA.....	56
5.1.2.4.4. AIRE Y VACÍO DENTRO DE LAS TUBERÍAS.....	57
5.1.2.5. BOMBAS.....	58
5.1.2.5.1. POTENCIA DEL EQUIPO DE BOMBEO.....	59
5.1.2.5.2. TIPOS DE BOMBAS.....	59
5.1.2.5.2.1. BOMBAS CENTRIFUGAS.....	60
5.1.2.5.2.2. BOMBAS AXIALES.....	60
5.1.2.5.2.3. BOMBAS MIXTAS.....	60
5.1.2.5.2.4. BOMBAS EN PARALELO.....	63
5.1.2.5.2.5. BOMBEO POR ETAPAS.....	64
5.1.2.5. NÚMERO DE BOMBAS A INSTALAR.....	64
CAPITULO VI	
ALMACENAMIENTO DE AGUA.....	66
6.1. TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	66
6.1.1. CAPACIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	66
6.1.2. VOLUMEN DE REGULACIÓN.....	67
6.1.2.1. VOLUMEN DE REGULACIÓN POR COEFICIENTES EMPÍRICOS.....	68
6.1.3. VOLUMEN CONTRA INCENDIOS.....	69
6.1.4. VOLUMEN DE RESERVA.....	70
6.1.5. UBICACIÓN DEL TANQUE.....	70
6.2. TIPOS DE TANQUES.....	71
6.2.1. TANQUES DE CABECERA (REGULACIÓN).....	71
6.2.2. TANQUES SUPERFICIALES.....	71

6.2.3. TANQUES ELEVADOS.....	72
6.3. ACCESORIOS DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	73
6.3.1. TUBERÍA DE ENTRADA.....	73
6.3.2. TUBERÍA DE PASO DIRECTO (BY- PASS).....	73
6.3.3. TUBERÍA DE SALIDA.....	73
6.3.4. TUBERÍA DE LIMPIEZA.....	73
6.3.5. TUBERÍA DE REBOSE.....	74
CAPITULO VII	
REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.....	76
7.1. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RED.....	76
7.1.1 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE LA RED.....	77
7.1.2. TRAZADO DE LA RED.....	77
7.1.3. PRESIONES DE SERVICIO.....	77
7.1.4. VELOCIDADES DE DISEÑO.....	78
7.1.5. DIÁMETROS MÍNIMOS.....	78
7.1.6. CAUDALES DE DISEÑO.....	78
7.1.7. UBICACIÓN Y PROFUNDIDAD DE TUBERÍAS.....	79
7.2. TIPOS DE REDES.....	80
7.3. RED ABIERTA O RAMIFICADA.....	80
7.3.1. DETERMINACIÓN DE CAUDALES PARA REDES ABIERTAS.....	81
7.3.1.1. MÓTODO DEL ÁREA UNITARIA.....	81
7.3.1.2. MÉTODO DE LA REPARTICION MEDIA.....	84
7.3.1.3. MÉTODO DE LA SIMULTANEIDAD Y NÚMERO DE GRIFOS.....	84
7.3.2. DISEÑO HIDRAÚLICO DE REDES ABIERTAS.....	85
7.4. RED CERRADA O ANILLADA.....	86

7.4.1. DETERMINACIÓN DE CAUDALES EN REDES CERRADAS.....	87
7.4.1.1. MÉTODO DE AREA UNITARIA.....	88
7.4.1.2. MÉTODO DE DENSIDAD POBLACIONAL.....	89
7.4.1.3. MÉTODO DEL NUMERO DE FAMILIAS.....	90
7.4.2. DISEÑO HIDRAULICO DE REDES CERRADAS.....	90
7.4.2.1. MÉTODO DE HARDY – CROSS.....	91
7.4.3. MODELOS COMPUTACIONALES.....	93
7.5. CONEXIONES DOMICILIARIAS.....	94
7.5.1. MEDIDORES DE AGUA POTABLE.....	95
7.6. FORMAS DE DISTRIBUCIÓN.....	96
7.6.1. DISTRIBUCION POR GRAVEDAD.....	96
7.6.2. DISTRIBUCION POR BOMBEO.....	96
CAPITULO VIII	
PRESUPUESTO DE OBRA.....	98
8.1 CARACTERÍSTICAS DEL PRESUPUESTO.....	98
8.2 PRESUPUESTO Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	99
8.2.1. AJUSTE O MODIFICACION DEL PRESUPUESTO.....	100
8.2.2 LOS COSTOS DE LA CONSTRUCCION.....	100
8.3 ETAPAS EN EL ESTUDIO DE UN PRESUPUESTO.....	101
8.4. COSTO DE DIRECTO.....	102
8.4.1. MATERIALES.....	102
8.4.1.1. COSTO DE MATERIALES.....	103
8.4.1.2. RENDIMIENTO DE MATERIALES.....	103
8.4.2. MANO DE OBRA.....	104
8.4.2.1. COSTO DE MANO DE OBRA.....	104

8.4.2.2. RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA.....	104
8.4.2.3. BENEFICIOS SOCIALES.....	105
8.4.3. COSTOS DE LOS EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN Y HERRAMIENTAS...106	
8.4.3.1. HERRAMIENTAS.....	106
8.4.4. UTILIDAD.....	106
8.5. MODELO DE FORMULARIO DE PRECIOS UNITARIOS.....	107
8.6. PRESENTACIÓN DE UN PRESUPUESTO.....	107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
BIBLIOGRAFÍA.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO III

ESTUDIOS PRELIMINARES Y PARAMETROS DE DISEÑO

Tabla 3.1. Resumen de resultados estudios hidrogeológicos

Tabla 3.2. Indicadores Demográficos

Tabla 3.3. Aplicación de los métodos de Cálculo para la estimación de la Población Futura

Tabla 3.4. Periodo de Diseño (años)

Tabla 3.5. Dotación Media Diaria

Tabla 3.6. Valores Coef. K” para mayoracion a caudal máximo horario.

CAPITULO IV

FUENTES Y FORMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA

Tabla 4.1. Distribución del volumen de agua del planeta

Tabla 4.2: Algunos Materiales de los Acuíferos

CAPITULO V

ADUCCIÓN E HIDRÁULICA DE TUBERÍAS

Tabla 5.1: Valores del coeficiente CHW de Hazen-Williams

Tabla 5.2: Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (en metros de tubería recta)

Tabla 5.3: Tipos de bombas eléctricas recomendadas por tipo de fuente

CAPITULO VII

REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Tabla 7.1: Valores del coeficiente k de simultaneidad

Tabla 7.2: Cronología de los métodos para el análisis de redes de distribución de agua potable.

CAPITULO VIII

PRESUPUESTO DE OBRA

Tabla 8.1.

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

ELEMENTOS DE OBJETO DEL PROYECTO

Figura 1.1. Ubicación del barrio Torrecillas

CAPITULO 4

FUENTES Y FORMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA

Figura 4.1. Ilustración de un acuífero

Figura 4.2. Acuíferos libres, confinados y semiconfinados

Figura 4.3.: Acuífero Confinado en Régimen Permeable

Figura 4.4.: Niveles de descensos en dos puntos de observación

Figura 4.5.: Acuífero no confinado en régimen permeable

Figura 4.6.: Niveles de descensos en un punto de observación

Figura 4.7.: Características de un pozo

Figura 4.8:

a) Equipo motorizado de perforación de percusión

b) El trepano es la herramienta de rotura

Figura 4.9.:

a) Equipo motorizado de perforación por rotación

b) El trípode es la herramienta de perforación

Figura 4.10.: Equipo de perforación manual

Figura 4.11: Maquinaria de perforación de pozos de agua

Figura 4.12.: Vertiente para uso domestico

CAPITULO 5

ADUCCIÓN E HIDRÁULICA DE TUBERÍAS

Figura 5.1: Perfil de la línea de aducción

Figura 5.2: Altura de bombeo, bomba sumergible

Figura 5.3: Altura de bombeo, bomba no sumergible

Figura 5.4: Estación de bombeo fija. Estación de bombeo flotante

Figura 5.5: Cavitación

Figura 5.6: Carga neta positiva de succión

Figura 5.7: Sumergencia mínima

Figura 5.8: Bolsa de aire y vacío

Figura 5.9: Bombas rotodinámicas

Figura 5.10: Bombas en serie

Figura 5.11: Bombas en paralelo

Figura 5.12: Bombas por etapas

CAPITULO 6

ALMACENAMIENTO DE AGUA

Figura 6.1.: Volumen de un tanque de almacenamiento

Figura 6.2: Ubicación del tanque

Figura 6.3: Tanque de almacenamiento superficial de cabecera

Figura 6.4: Tanque de almacenamiento elevado

Figura 6.5: Detalles de tanque de almacenamiento

CAPITULO 7

REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Figura 7.1: Esquema de una red abierta o ramificada

Figura 7.2: Esquema de longitud virtual

Figura 7.3: Esquema de una red cerrada con tuberías secundarias interconectadas

Figura 7.4.: Esquema de una red cerrada con tuberías secundarias sin conexión

Figura 7.5: Esquema de una red cerrada por el método de área unitaria

Figura 7.6: Esquema de la ley de continuidad de la masa en los nudos

Figura 7.7: Conexión domiciliaria tipo

Figura 7.8: Distribución por gravedad

Figura 7.9: Distribución por bombeo

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1- ESTUDIOS PRELIMINARES

- CENSO DE POBLACIÓN ACTUAL
- PUNTOS TOPOGRAFIA
- ESTUDIO DE SUELOS
- ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUA
- ESTUDIO DEL POZO

ANEXO 2- PARÁMETROS DE DISEÑO

- POBLACIÓN FUTURA
- DOTACIÓN FUTURA
- CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO

ANEXO 3- INGENIERÍA DEL PROYECTO

- DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES
- DISEÑO DE BOMBAS
- CÁLCULO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

ANEXO 4- COMPUTOS METRICOS

ANEXO 5- PRECIOS UNITARIOS

ANEXO 6- PRESUPUESTO GENERAL

ANEXO 7- CRONOGRAMA

ANEXO 8- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO 9- ANALISIS DE ALTERNATIVAS

ANEXO 10- CONSIDERACIONES AMBIENTALES

ANEXO 11 - PLANOS