



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA CIVIL
ARQUITECTURA Y DISEÑO**

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**“EVALUACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE
CULEBRILLAS-CUENCA”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
CIVIL**

ANDREA FERNANDA RENGEL CORONEL

MSC. ING. VICENTE GONZÁLEZ BORJA

2016

DECLARACIÓN

Yo, Andrea Fernanda Rengel Coronel, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Andrea Fernanda Rengel Coronel

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Andrea Fernanda Rengel Coronel, bajo mi supervisión.

Msc. Ing. Vicente González Borja

DIRECTOR

DEDICATORIA

A mis padres por su amor, sacrificio y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiarme y darme la fuerza durante todo este camino, a mis padres por brindarme su apoyo incondicional, gracias a todos ustedes porque han sido mi inspiración, y mi fuerza. A mi hermana, mis tíos, mi novio que siempre estuvieron apoyándome.

A todas las personas que colaboraron para la elaboración de este trabajo de graduación.

A la Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Diseño, por brindarme todos estos años de preparación y conocimiento académico, necesario para mi formación como profesional.

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACION.....	I
CERTIFICACION.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
INDICE DE CONTENIDOS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE TABLAS.....	XIII
LISTA DE ANEXOS.....	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
CAPÍTULO 1 GENERALIDADES	17
1.1 INTRODUCCIÓN.	17
1.1.1 ANTECEDENTES.....	18
1.1.2 JUSTIFICACIÓN.....	19
1.1.3 ALCANCE.....	20
1.2 OBJETIVOS.	20
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
CAPÍTULO 2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO	22
2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA Y CATASTRAL.....	22
2.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA.....	27
2.3 ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	27

2.4	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN HIDRÁULICA	30
6.1.	2.4.1 LÍMITES DE SERVICIO Y SECTORES DE DISTRIBUCIÓN.....	30
	2.4.2. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL	31
CAPÍTULO 3 MODELACIÓN HIDRÁULICA		42
3.1	MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS EN LA MODELACIÓN HIDRÁULICA.	42
3.2	MÉTODOS EMPLEADOS.....	42
3.3	SOFTWARE UTILIZADO	45
3.4	INFORMACIÓN REQUERIDA.....	49
3.5	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE	50
3.5.1	RESERVAS.....	50
3.5.2	TUBERÍAS	53
3.5.3	NODOS DE CONSUMO	54
3.5.4	VÁLVULAS	55
3.6	ANÁLISIS DE DIÁMETROS MÍNIMOS.	61
3.7	DISCRETIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE CONSUMO Y CÁLCULO DE CAUDALES.	62
3.7.1	POBLACIÓN ACTUAL Y PROYECTADA	62
3.7.2	CALCULO DE CAUDALES.....	65
3.7.3	DISCRETIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE CONSUMO	75
3.8	ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO PARA DISTINTOS ESCENARIOS.	78
3.9	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.	79
CAPÍTULO 4 ESTUDIO ECONÓMICO Y AMBIENTAL		83
4.1	PRESUPUESTO.....	83
4.2	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	85
4.3	ANÁLISIS AMBIENTAL.	96
4.3.1	LOCALIZACIÓN Y ÁREA DE INFLUENCIA.....	96
4.3.2	TOPOGRAFÍA.....	97
4.3.3	USO DE SUELO	98
4.3.4	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS	98
4.3.5	MATRICES DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN.....	98
4.3.6	DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS GENERADOS.....	102
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		104
5.1	CONCLUSIONES.....	104
5.2	RECOMENDACIONES.....	105
BIBLIOGRAFIA.....		106
ANEXOS.....		108

ANEXO A SECTOR SAN PEDRO	109
ANEXO B SECTOR SIGCHOCOCHA.....	110
ANEXO C SECTOR TRINIDAD.....	111
ANEXO D SECTOR PUMAYUNGA	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO E SECTOR PAN DE AZÚCAR.....	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

Fig 1 Proyecto Culebrillas, Sectores San Pedro del Cebollar.....	18
Fig 2 Sectores del Proyecto Culebrillas.....	24
Fig 3 Visualización del Proyecto Culebrillas.....	25
Fig 4 Sectores del Proyecto Culebrillas.....	30
Fig 5 Imagen Satelital - Ubicación del Sector culebrillas.....	30
Fig 6 Esquema Sector San Pedro.....	33
Fig 7 Esquema Sector Sigchococha.....	35
Fig 8 Esquema Sector Trinidad.....	37
Fig 9 Esquema Sector Pumayunga.....	39
Fig 10 Esquema Sector Pan de Azúcar.....	41
Fig 11 Plano de Ubicación Válvulas Reductoras de Presión San Pedro.....	56
Fig 12 Plano de Ubicación Válvulas Reductoras de Presión Trinidad.....	57
Fig 13 Plano de Ubicación Válvulas Reductoras de Presión Pumayunga.....	58
Fig 14 Plano de Ubicación Válvulas Reductoras de Presión Pan de Azúcar.....	59
Fig 15 Plano de Ubicación Válvulas Reductoras de Presión Sigchococha.....	60
Fig 16 Esquema del Área Total del Proyecto culebrillas.....	75
Fig 17 Sectorización Total del Proyecto culebrillas.....	76
Fig 18 Red Proyecto Culebrillas.....	77
Fig 19 Visualización Comando “Field Calculator” para el Cálculo de Consumos.....	78
Fig 20 Visualización Programa WaterGEMS, Comando “ModelBuilder”.....	79
Fig 21 Esquema Estación Reductora de Presión.....	91
Fig 22 Zona de Influencia del Proyecto “Culebrillas”.....	97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Sitios de Interés.....	23
Tabla 2 Sectores de Servicio “Culebrillas”.....	23
Tabla 3 Sectores de Servicio “Culebrillas”.....	27
Tabla 4 Descripción Red de Distribución Sector San Pedro.....	31
Tabla 5 Cuadro de Resumen Tuberías y Accesorios de la red de distribución Sector San Pedro.....	32
Tabla 6 Descripción Red de Distribución Sector Sigchococha.....	34
Tabla 7 Cuadro de Resumen Tuberías y Accesorios de la red de distribución Sector Sigchococha.....	34
Tabla 8 Descripción Red de Distribución Sector Trinidad.....	36
Tabla 9 Cuadro de Resumen Tuberías y Accesorios de la red de distribución Sector Trinidad.....	36
Tabla 10 Descripción Red de Distribución Sector Pumayunga.....	38
Tabla 11 Cuadro de Resumen Tuberías y Accesorios de la red de distribución Sector Pumayunga.....	38
Tabla 12 Descripción Red de Distribución Sector Pan de Azúcar.....	40
Tabla 13 Cuadro de resumen Tuberías y Accesorios de la Red de Distribución Sector Pumayunga.....	40
Tabla 14 Métodos Empleados en los Modelos Hidráulicos.....	42
Tabla 15 Valores para Coeficiente de Rugosidad del Tubo.....	47
Tabla 16 Descripción Tanques de Reserva Sector Culebrillas.....	51
Tabla 17 Descripción de Tuberías Sector Culebrillas.....	53
Tabla 18 Cantidad de Válvulas de Control por Sectores.....	55
Tabla 19 Detalle Válvulas Reductoras de Presión Sector San Pedro.....	55
Tabla 20 Detalle Válvulas Reductoras de Presión Sector Trinidad.....	56
Tabla 21 Detalle Válvulas Reductoras de Presión Sector Pumayunga.....	57
Tabla 22 Detalle Válvulas Reductoras de Presión Sector Pan de Azúcar.....	58
Tabla 23 Detalle Válvulas Reductoras de Presión Sector Sigchococha.....	60
Tabla 24 Resumen Válvulas Reductoras de Presión.....	61
Tabla 25 Población Actual en base al No. de Usuarios.....	62
Tabla 26 Población Actual en base a Datos del Catastro.....	63
Tabla 27 Densidad y Población Actual por Sectores de Servicio.....	63
Tabla 28 Población Proyectada 2020 en base a la Densidad Total y al Área Total de Servicio.....	63
Tabla 29 Población y Densidad Proyectada por Sectores de Servicio.....	64
Tabla 30 Población Proyectada 2030 en base a la Densidad Total y al Área Total de Servicio.....	64
Tabla 31 Densidad y Población Proyectada por Sectores de Servicio.....	64
Tabla 32 Resumen Población Actual y Proyectada por Sectores de Servicio.....	65
Tabla 33 Porcentaje de Fugas en Sistema de Agua Potable.....	65
Tabla 34 Valores de KMD por Población.....	66
Tabla 35 Valores de KMH por Población.....	66
Tabla 36 Calculo de Caudal Total.....	67
Tabla 37 Caudal Actual Sector San Pedro.....	67
Tabla 38 Caudal Actual Sector Trinidad.....	68
Tabla 39 Caudal Actual Sector Pumayunga.....	68
Tabla 40 Caudal Actual Sector Pan de Azúcar.....	68
Tabla 41 Caudal Actual Sector Sigchococha.....	69
Tabla 42 Caudal Proyectado al 2020 Sector San Pedro.....	69
Tabla 43 Caudal Proyectado al 2020 Sector Trinidad.....	69
Tabla 44 Caudal Proyectado al 2020 Sector Pumayunga.....	70
Tabla 45 Caudal Proyectado al 2020 Sector Pan de Azúcar.....	70
Tabla 46 Caudal Proyectado al 2020 Sector Sigchococha.....	70

Tabla 47 Caudal Proyectado al 2030 Sector San Pedro.	71
Tabla 48 Caudal Proyectado al 2030 Sector Trinidad.	71
Tabla 49 Caudal Proyectado al 2030 Sector Pumayunga.....	71
Tabla 50 Caudal Proyectado al 2030 Sector Pan de Azúcar.....	72
Tabla 51 Caudal Proyectado al 2030 Sector Sigchococha.....	72
Tabla 52 Calculo de Caudal de Bombeo año 2015 Sector Sigchococha.....	73
Tabla 53 Calculo de Potencia de la Bomba año 2015 Sector Sigchococha.	73
Tabla 54 Calculo de Caudal de Bombeo año 2030 Sector Sigchococha.....	74
Tabla 55 Calculo de Potencia de la Bomba año 2030 Sector Sigchococha.	74
Tabla 56 Análisis de Alternativas Presiones Actuales y Corregidas por Sectores.....	80
Tabla 57 Cambio de Tuberías.	82
Tabla 58 Presupuesto Referencial.	84
Tabla 59 Matriz General Impacto Ambiental.	99
Tabla 60 Matriz Importancia Impacto Ambiental.....	100
Tabla 61 Matriz Intensidad Impacto Ambiental.	101

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Visualización Av. Los Cerezos.	25
Fotografía 2 Visualización Av. Abelardo J. Andrade – Urb. El Rosario.....	26
Fotografía 3 Visualización Sector Sigchococha.....	26
Fotografía 4 Visualización Av. Abelardo J. Andrade sector Racar Plaza.	29
Fotografía 5 Fábrica de Ladrillos.	29
Fotografía 6 Tanques de Reserva Pan de Azúcar R3a – R3b.	52
Fotografía 7 Tanques de Reserva Pan de Azúcar R2.....	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Actividades Económicas del Cantón Cuenca.....	28
Gráfico 2 Esquema del Nodo 3433NOD.....	54

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Planos Escenario 2015.....	109
Anexo B Planos Escenario 2015 modificado.....	110
Anexo C Planos Escenario 2030 modificado.....	111

RESUMEN

Ante el crecimiento urbanístico generado en estos últimos años en el sector noroccidental de la ciudad de Cuenca, se ha generado una discontinuidad del servicio de agua potable, razón por la que se ha visto la necesidad de realizar una evaluación hidráulica, de la red de distribución del Sistema de Agua Potable “Culebrillas”.

Con la recopilación de la información existente, recorridos de campo, actualización del catastro de la red de distribución, manejo de información estadística y la utilización de los programas ArcGIS Y WaterGEMS, en coordinación con la Empresa ETAPA EP, se procedió con la modelación hidráulica de la red de distribución existente, obteniendo parámetros para análisis del estado actual de funcionamiento de la red como son presiones, velocidades y caudales y determinando que estos estén dentro de la normativa y de criterios de diseño utilizados por ETAPA EP; todo ello orientado al objetivo de mejorar el servicio de agua potable.

Como resultado del análisis, se determinó los problemas de servicio en los cinco sectores en los que fue conformado el sistema para su modelación; planteando además, las mejoras para la situación actual, así como también soluciones para atender demandas de la población del servicio de agua potable hasta un horizonte fijado al año 2030.

Palabras clave: AGUA POTABLE, RED DE DISTRIBUCION, MODELACION HIDRAULICA, ABASTECIMIENTO.

ABSTRACT

Cuenca, has created any disruption of drinking water, reason which has been the necessity to build a hydraulic assessment of the distribution network Drinking Water System "Culebrillas".

With the mapping of existing information, field observations, updated survey of the distribution network, management of statistics and the use of ArcGIS and WaterGEMS programs, in coordination with ETAPA EP Company, hydraulic modeling the existing distribution network took place, obtaining parameters for analysis of the current state of operation of the network such as pressures, velocities and flow rates and determining that these are within the regulations and design criteria used by ETAPA EP; all aimed to the goal of improving water service.

As a result of the analysis, service issues was determined by the five sectors in which the system for modeling was formed; besides raising, improvements to the current situation, as well as solutions to meet the demands of the population of drinking water to a set horizon by 2030.

Keywords: WATER, DISTRIBUTION NETWORK, SUPPLY, HYDRAULIC MODELING.

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN.

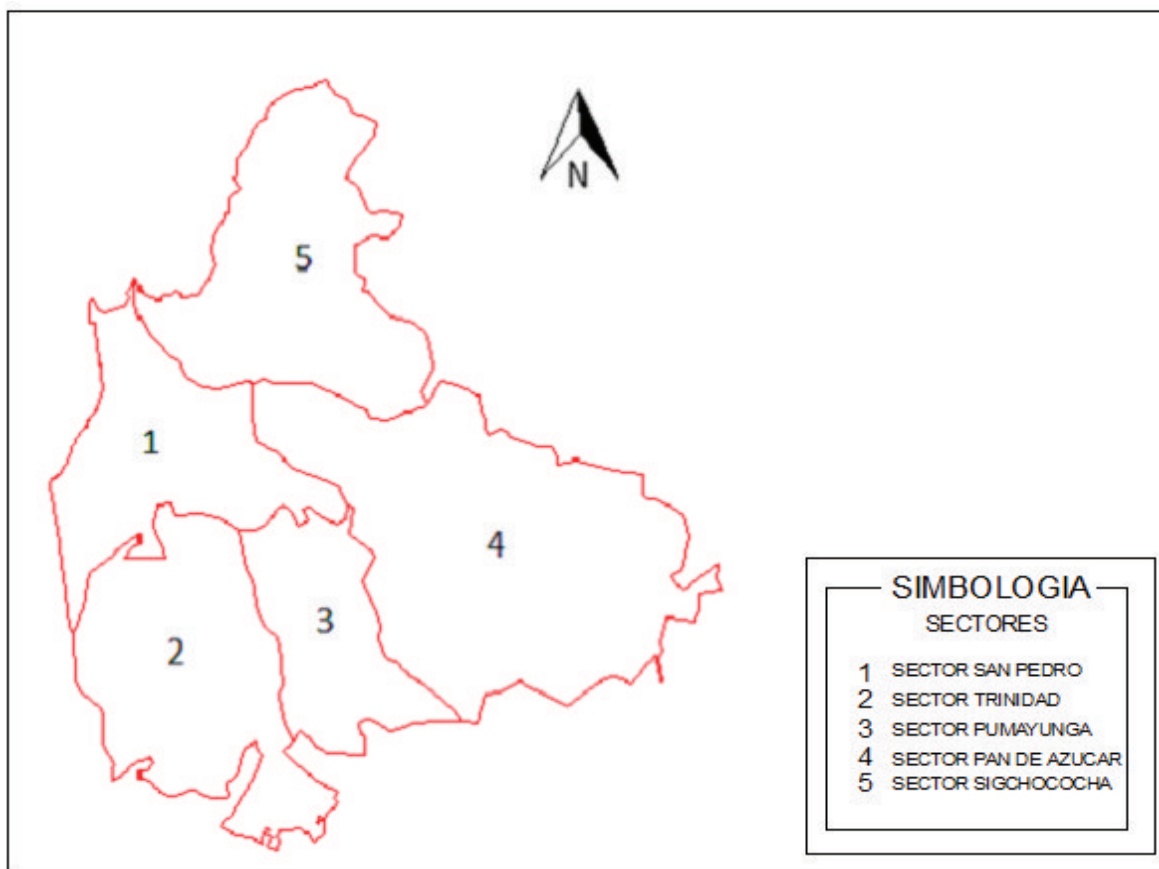
Sabiendo que el agua es un suministro importante para la subsistencia de la población, en el sector noroccidental de la ciudad de Cuenca, se ha generado un notable crecimiento poblacional en estos últimos años, que ha sido una de las principales causas del desabastecimiento del servicio de agua potable, razón por la cual se genera una propuesta para mejorar la distribución del mismo.

Una manera adecuada para empezar con la evaluación de la red de distribución de agua potable, es conociendo la infraestructura y la demanda de agua por la expansión urbana en la zona, con el objetivo de llevar agua potable a los usuarios, considerando siempre que sea de forma continua, racional, con una presión adecuada en horas de máximo consumo y mantener en el transcurso de su paso por la red los mejores estándares de calidad para que este llegue a su destino con la misma calidad que sale del tanque de reserva, es decir debe ser confiable para el uso humano. (Sáenz, 1982).

Para poder llegar a la evaluación de un adecuado funcionamiento hidráulico del sistema de distribución existen varios Software que hacen posible obtener los datos necesarios para la misma, y trabajar paralelamente en una evaluación física para analizar el estado actual de la red, verificar si la red es confiable para transportar el agua a los usuarios, comprobar que las pérdidas estén dentro de la normativa, todo ello orientado al objetivo de mejorar el servicio de agua potable con las presiones establecidas en las normas.

En el presente estudio se presenta la estructura del proceso de investigación, los justificativos, los objetivos se basan principalmente en la evaluación hidráulica de la red de distribución de agua potable del sector Culebrillas, el cual comprende los sectores de Sigchococha, Trinidad, Pumayunga, Pan de Azúcar, San Pedro. Y el desarrollo metodológico de las diferentes actividades de acuerdo a un cronograma de actividades.

Fig. 1 Proyecto Culebrillas, Sectores San Pedro del Cebollar.



Fuente: Culebrillas ArcMap - ArcInfo.

1.1.1 ANTECEDENTES

En los Planes Maestros Segunda Etapa, ETAPA EP (Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca) planteó incluir el sistema de San Pedro del cebollar al Proyecto Culebrillas, debido al crecimiento urbanístico y áreas de comercio en las zonas periféricas de la ciudad. ETAPA EP en respuesta a estos requerimientos de servicio contemplo la necesidad de la realización de estudios de factibilidad de servicio de agua potable a través de dos etapas la primera en el 2004 y la segunda en el 2010.

En la 1ra Etapa, se diseñaron las redes principales de la zona C4 que está conformada por San Pedro del Cebollar. Se ejecuta la captación, conducción, ampliación de las reservas y de la planta existente de San Pedro del Cebollar la misma que fue ampliada su capacidad de 22 l/s a 50 l/s.

Al ser entregados los diseños finales del sistema Culebrillas Primera Etapa, como resultado de la Consultoría realizada en el año 2004 por el Ing. Civ. Rubén Jerves C., la distribución del agua potable se realiza a través de cinco sectores de servicio: Sigchococha, Racar, Pan de Azúcar, Pumayunga y Trinidad; cada una de las redes se abastece de un tanque de reserva, el cual se alimenta por medio de la red de conducción que se origina en la Planta de Tratamiento de San Pedro del Cebollar. Las conducciones tienen diámetros de 250, 200, 160, 110 mm.

En esta Primera Etapa, fue necesario considerar una ampliación de las longitudes en el diseño de redes principales y secundarias debido a que en el contrato original tenía estipulado una longitud de 30 km de redes, se efectuó un contrato complementario de 23 km de redes principales y secundarias; pero ante la necesidad urgente de los habitantes de San Pedro y Racar de contar con redes de abastecimiento directa se realiza la ampliación de redes terciarias con una longitud aproximada de 16 km.

La segunda Etapa está considerado construir una nueva planta para un caudal de 150 l/s, conducciones de agua tratada, la ampliación de redes de distribución y reserva de 500 m³, como una alternativa de solución definitiva para cubrir la deficiencia del líquido vital ante el crecimiento urbano en la zona alta Noroccidental de la Ciudad de Cuenca.

El problema de desabastecimiento surge por el cambio del uso de suelo, así como la inclusión de nuevas zonas de servicio no contempladas en el proyecto original; y la consecuencia principal es el incremento de la demanda de los habitantes de ese sector y de las comunidades que forman parte de este proyecto; por ello, en los últimos años se ha visto afectada la capacidad del sistema; y por tanto, requiere de una evaluación de la red de distribución de agua potable del Sistema Culebrillas, que tiene una densidad poblacional actual de 12.37 hab./Ha. Considerando la densidad futura en el análisis, servirá como un aporte para superar los inconvenientes existentes en el abastecimiento del servicio de ese sector.

1.1.2 JUSTIFICACIÓN.

Siendo el agua potable un elemento básico para la salud, además de contribuir al desarrollo de actividades cotidianas del ser humano, no es difícil deducir que su falta o escasez disminuirán la calidad de vida del mismo.

Sabiendo que una red eficiente no es aquella que transporta mayor cantidad de agua, sino es aquella que logra el uso racional del agua, permitiendo un control, gestión de consumo y ahorro de agua. Cuando existe un excesivo consumo de agua y sumado a esto existe un uso inadecuado puede ocasionar en algunos tramos altas velocidades y a

su vez producir grandes pérdidas. Como consecuencia a esto se puede deducir que en algunos sectores la presión sea deficiente.

Debido a las constantes quejas que hacen llegar los usuarios a la empresa ETAPA EP por la discontinuidad del servicio o por fallas en la red; la empresa ha tenido que recurrir a mejoras con altos costos operacionales que implican el manejo de los accesorios, arreglo de daños que se producen constantemente en el sistema, etc. Esta anomalía provoca discontinuidad y desabastecimiento del servicio de agua potable en el sector objeto de nuestro estudio, por lo que precisa la identificación y búsqueda de soluciones definitivas al problema mediante la evaluación hidráulica para futuras intervenciones, y así llevar a los moradores de las zonas de servicio agua potable de manera continua, con los mejores estándares de calidad y con la presión adecuada. Por lo que la evaluación se limitara al análisis de la red mediante la obtención de datos conseguidos en el Departamento de Control de Desarrollo y Operaciones, con el manejo de información estadística así como la utilización del software que dispone la Empresa para evaluaciones hidráulicas, con lo que se determinaran las deficiencias del sistema y se planteara las correcciones respectivas.

1.1.3 ALCANCE.

Ante la necesidad de dar una respuesta para disminuir las falencias de funcionamiento en la red, reducir los problemas operativos y aumentar la eficiencia del abastecimiento de agua potable, se procedió a realizar la evaluación de la red de distribución. Todo el trabajo se ha realizado en base a las normas técnicas aplicadas por la Empresa ETAPA EP; empezando con una estimación de las demandas, cálculo de caudales, pérdidas, velocidades y utilizando el software Bentley WaterGEMS versión V8i para realizar la modelación hidráulica con la finalidad de cumplir el propósito de la evaluación que es analizar y proponer las mejoras del sistema.

Los resultados obtenidos en la investigación redundarán en beneficio de la población y mejorará la calidad de vida de las personas que habitan en el lugar.

Dado que se presentaran recomendaciones con el análisis de resultados y respetando toda cuestión ética, esta propuesta no tendrá repercusiones negativas.

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 OBJETIVO GENERAL.

Aportar con información esencial y técnica en la toma de decisiones en la solución del problema de capacidad en la red de distribución de agua potable del Sistema Culebrillas que corresponde a los sectores de Trinidad, Sigchococha, San Pedro, Pumayunga, Pan de Azúcar.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Recopilar información necesaria para la modelación hidráulica.
- Revisar del catastro actual de los sectores de Trinidad, Sigchococha, San Pedro, Pumayunga, Pan de Azúcar.
- Analizar y evaluar los datos obtenidos.
- Realizar la sectorización y verificación de las áreas de consumo.
- Estimar las demandas.
- Calculo de caudales.
- Realizar la modelación hidráulica de la red existente.
- Analizar y evaluar los datos del sistema, realizar las modificaciones hidráulicas necesarias.
- Analizar las reservas existentes.
- Identificar las causas que conllevan al desabastecimiento.
- Presentar una guía para la toma de decisiones para operación y mantenimiento.

CAPÍTULO 2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA Y CATASTRAL.

La información topográfica fue proporcionada por el departamento de Catastros de Etapa Ep. Estos planos están basados en un sistema de coordenadas UTM 84-17S UTM-WGS 1984 datum, Zone 17 South meter; Cent. Meridian 81dw.

El proyecto se encuentra ubicado en el sector Noroccidente de la ciudad de Cuenca, comprende en gran parte la parroquia de Sinincay Norte y Este, en el Oeste por una parte de la parroquia Sayausí, y en el Sur por la parroquia urbana de Bellavista, está formado topográficamente por tres zonas: La primera conformada por la zona alta, sector de Sigchococha con una cota promedio de 2882msnm, la segunda está conformada por los sectores de Racar, San Pedro, Los Cerezos, con una cota promedio de 2830 msnm y la tercera zona formada por Pan de Azúcar, Pumayunga, El Carmen y Miraflores con una cota promedio de 2775 msnm.

Las principales vías de acceso desde la ciudad de Cuenca son:

- Por la Av. Abelardo J. Andrade, por la Av. Del Chofer o Av. de los Cerezos se accede a San Pedro del Cebollar, Racar y Sigchococha.
- Desde la vía a Miraflores accedemos al Carmen de Sinincay, Pumayunga, Pan de Azúcar.

En este sector encontramos varios sitios de interés entre estos podemos destacar los siguientes:

Tabla 1 Sitios de Interés.

Sitios de Interés	
Nombre	Cota
Racar Plaza	2820 msnm
Urbanización Mutualista Azuay	2827 msnm
Urbanización San Sebastian	2756 msnm
Urbanización Santa Lucia	2772 msnm
Urbanización Manuel Jaramillo	2782 msnm
Condominio Balcones de San Pedro	2747 msnm
Estancia San Jose	2877 msnm
Centro Educativo Madrid	2746 msnm
Unidad Educativa Santa Ana	2785 msnm
Fabrica de Ladrillos Riera	2834 msnm

Elaboración: Autor.

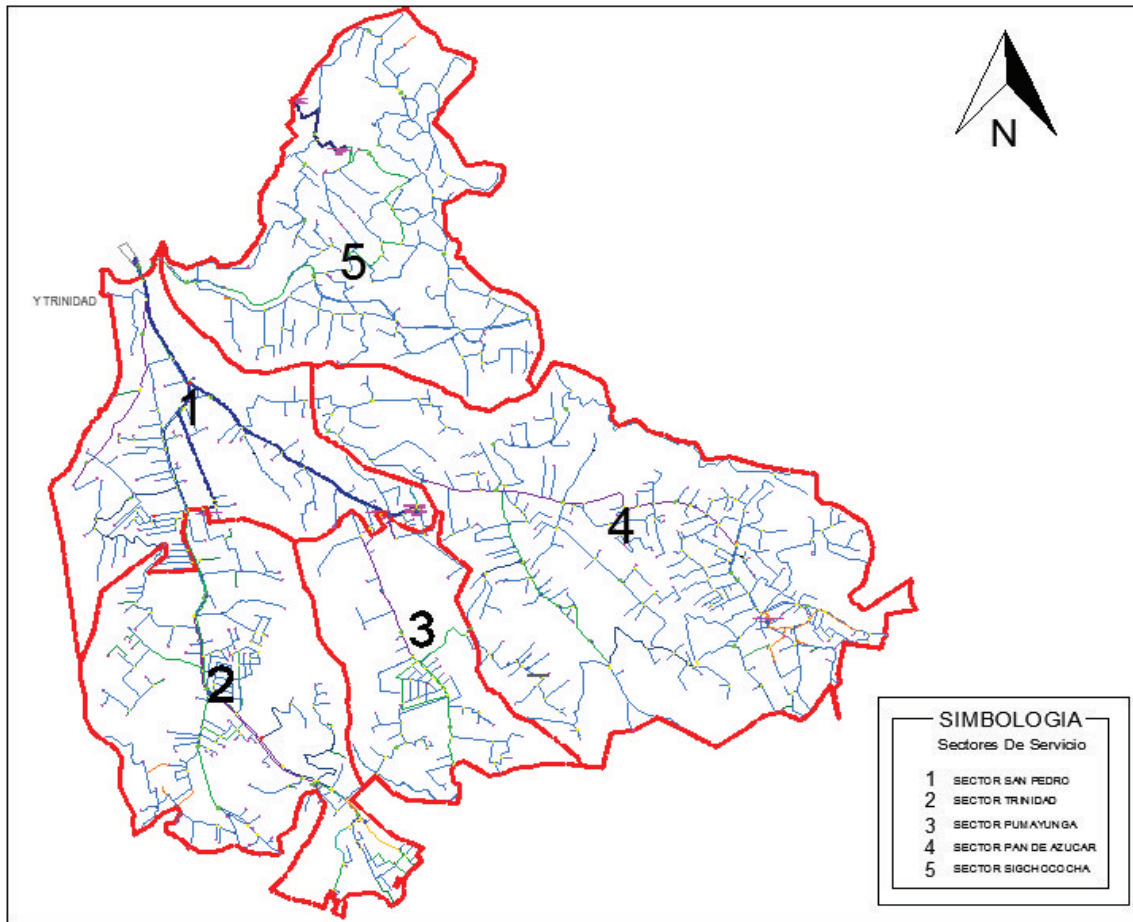
El área a la que sirve este sistema está asentada sobre la siguiente información:

Tabla 2 Sectores de Servicio "Culebrillas".

Sectores de Servicio					
Sector No.-	Nombre	Ha	Cota Aproximada	Coordenadas	
				N	E
S1	San Pedro	232.16	2882.00	9684221.63	718098.508
S2	Trinidad	300.01	2790.00	9682396.12	718256.917
S3	Pumayunga	164.26	2786.00	9682620.52	719510.851
S4	Pan de Azúcar	517.03	2765.00	9683328.10	720815.682
S5	Sigchococha	312.07	2838.00	9685459.38	719169.817
	Total	1525.54			

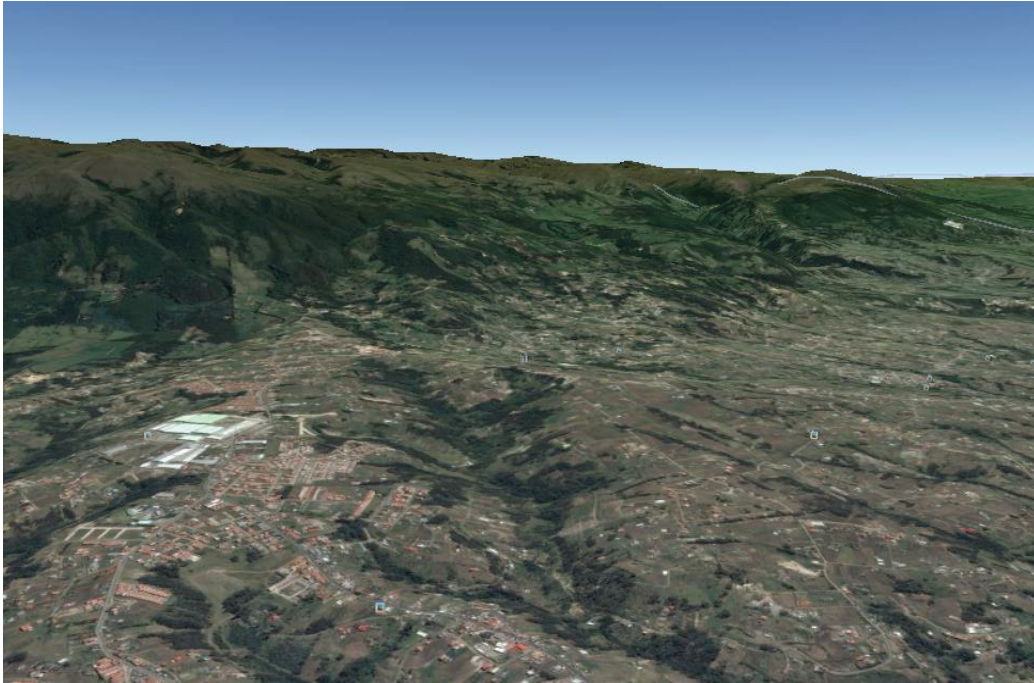
Elaboración: Autor.

Fig. 2 Sectores del Proyecto Culebrillas.



Fuente: Culebrillas ArcMap - ArcInfo.

Fig. 3 Visualización del Proyecto Culebrillas.



Fuente: Google earth, ©2015 Google.

Fotografía 1 Visualización Av. Los Cerezos.



Elaboración: Autor.

Fotografía 2 Visualización Av. Abelardo J. Andrade – Urb. El Rosario.



Elaboración: Autor.

Fotografía 3 Visualización Sector Sigchococha.



Elaboración: Autor.

2.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA.

La información fue obtenida del último Censo realizado en el año 2010 del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) y por información obtenida de ETAPA Ep.

En la provincia del Azuay, en el sector Noroccidental del cantón Cuenca, la población del sector Culebrillas comprende las comunidades de: Pumayunga, Pan de Azúcar, Racar, Trinidad y Sigchococha formados aproximadamente por 15 barrios, entre los barrios más representativos tenemos: Cerámica, Chictarrumi, Corazón de Jesús, el Carmen, El Cruce, El Progreso, Gran Poder, Pan de Azúcar, El Carmen, Pumayunga, Racar, San José, San Pedro del Cebollar, Yanaturo, La Victoria, Mutualista Azuay, Los Cerezos, La Caleras, San Vicente. Ma. Auxiliadora, con una población actual aproximada de 19.000 hab. El área de estudio comprende de 1525.54 Ha. Y cuenta con una densidad poblacional actual de 12.37 Hab/Ha.

Tabla 3 Sectores de Servicio "Culebrillas".

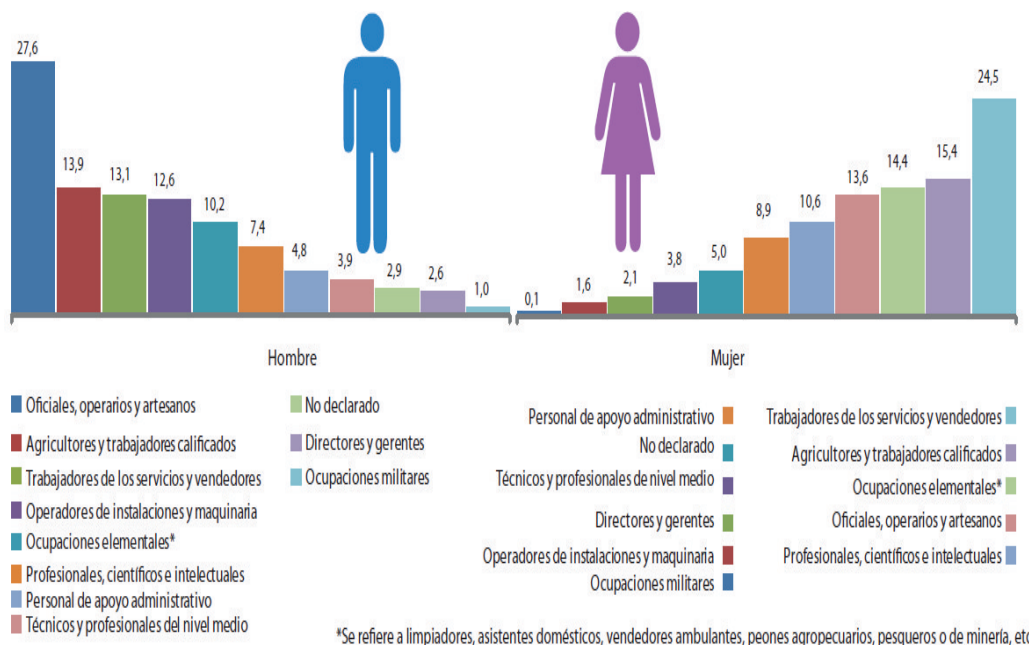
DATOS DEMOGRAFICOS	
Densidad Poblacional (hab/Ha)	12.37
Área de Servicio (Ha)	1525.54
Población Total Actual	18870.88

Elaboración: Autor.

2.3 ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Para el análisis económico se tomó como referencia las principales actividades económicas del cantón Cuenca:

Gráfico 1 Actividades Económicas del Cantón Cuenca.



Fuente: INEC, Censo población y vivienda 2010.

La mayoría de la población económicamente activa tiene como ocupación el empleo en el sector privado, especialmente las establecidas en la ciudad. En sectores como Racar, San Pedro, Los Cerezos, El Carmen, se presentan actividades como el comercio ya que existe el funcionamiento de varios locales comerciales como por ejemplo Racar Plaza, minimercados, restaurantes, panaderías, etc. También proveyendo de mano de obra en el área de la construcción por el desarrollo urbanístico presentado en el sector. En los sectores periféricos como Sigchococha, Pan de Azúcar parte de la población está dedicada a la elaboración de ladrillos, teniendo también la presencia de la carpintería. En el sector de Pumayunga la actividad más representativa es la elaboración de sombreros especialmente realizados por las mujeres del sector.

Fotografía 4 Visualización Av. Abelardo J. Andrade sector Racar Plaza.



Elaboración: Autor.

Fotografía 5 Fábrica de Ladrillos.



Elaboración: Autor.

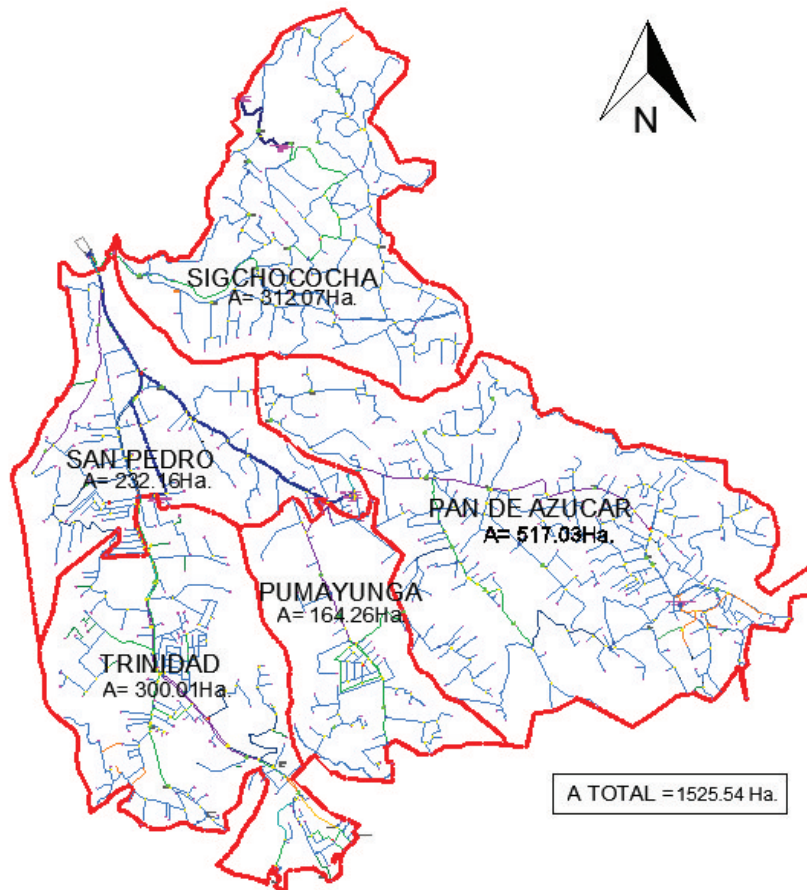
2.4 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN HIDRÁULICA.

2.4.1 LÍMITES DE SERVICIO Y SECTORES DE DISTRIBUCIÓN.

El proyecto se encuentra ubicado en el sector Noroccidente de la ciudad de Cuenca, comprende en gran parte la parroquia de Sinincay Norte y Este, en el Oeste por una parte de la parroquia Sayausí, y en el Sur por la parroquia urbana de Bellavista.

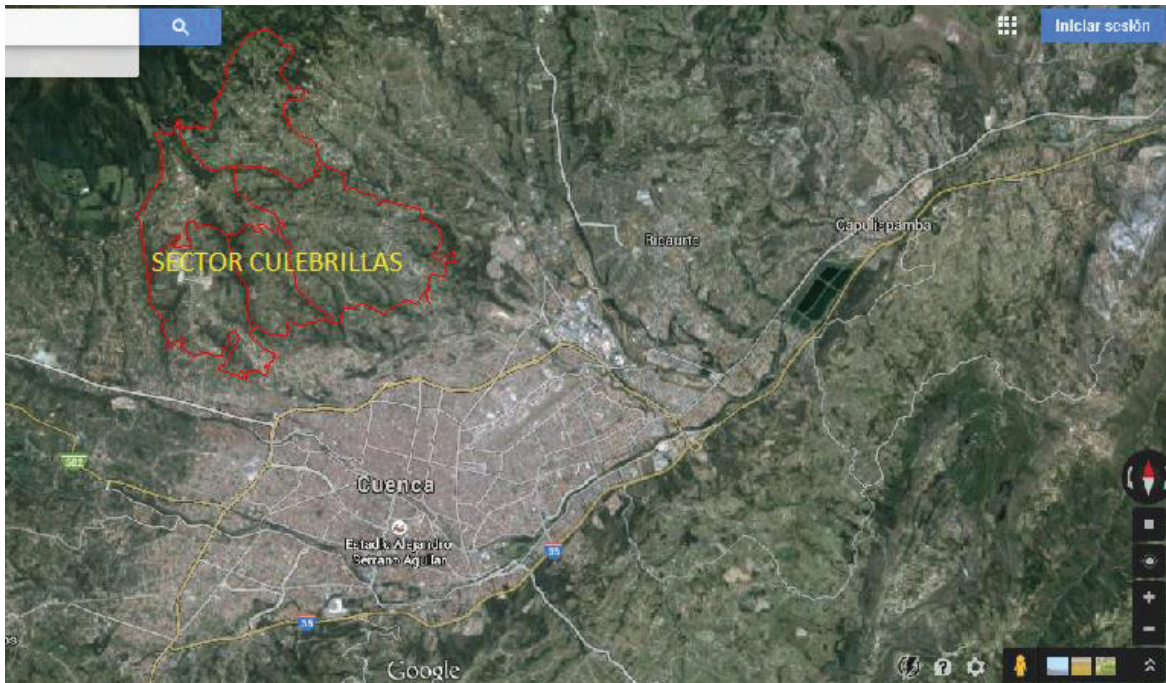
El Sector Culebrillas está dividido en cinco sectores: en la parte Norte está ubicado el Sector de Sigchococha con una área de 312.06 Ha, al Sur se encuentra el Sector de Trinidad con una área de 300.00 Ha. y el sector de Pumayunga con una área de 164.26 Ha, Al Este el Sector de Pan de Azúcar 517.03 Ha., Al Oeste con el Sector de San Pedro con una área de 232.16 Ha, dando una área total de 1525.54 Ha.

Fig. 4 Sectores del Proyecto Culebrillas.



Fuente: Culebrillas ArcMap - ArcInfo.

Fig. 5 Imagen Satelital - Ubicación del Sector culebrillas.



Fuente: Google maps, ©2015 Google.

2.4.2. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL.

Debido a la gran extensión del Sector Culebrillas se ha visto la factibilidad de dividirlo en cinco sectores para facilitar la evaluación y operación del sistema de distribución, el cual consta de las siguientes unidades:

San Pedro:

Este sector se abastece de dos tanques de reserva: $V= 100\text{m}^3$, Cota: 2922msnm cada uno. Ubicados en la Planta de Tratamiento de San Pedro; con una capacidad de 50 l/s.

Desde estas reservas se distribuye una red principales de PVC de diámetro $D= 160\text{mm}$ y se subdivide en ramales de diámetro $D= 32, 63, 90, 110\text{mm}$ las cuales distribuyen a cada sector.

La distribución se realiza a través de una red de tubería PVC, con una longitud total de 27551.56m.

Tabla 4 Descripción Red de Distribución Sector San Pedro.

ITEM	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)
D1	32	172.9
D2	63	16883.71
D3	90	4002.47
D4	110	4153.99
D5	160	2338.49
L. TOTAL		27551.56

Elaboración: Autor.

El número de accesorios que dispone actualmente el sector se detalla a continuación:

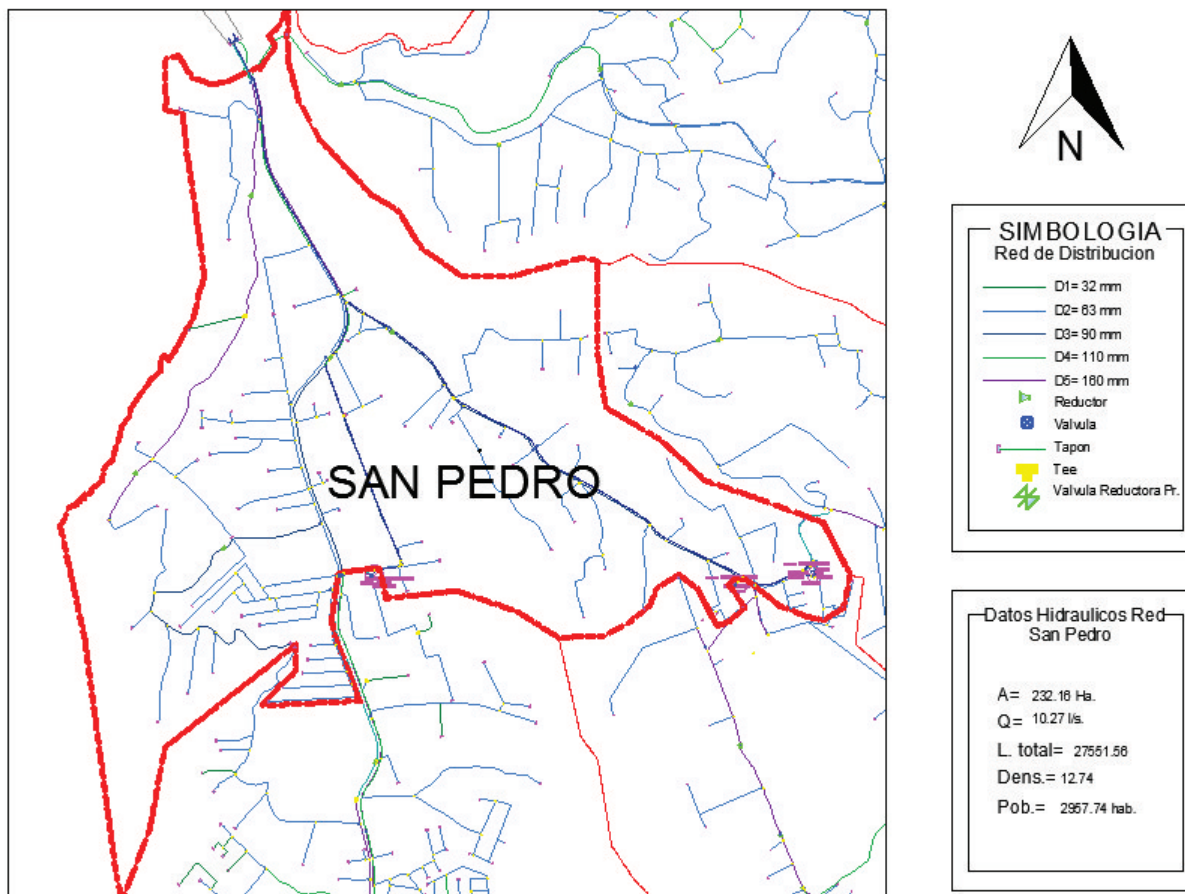
Tabla 5 Cuadro de Resumen Tuberías y Accesorios de la red de distribución Sector San Pedro.

CUADRO DE RESUMEN - TUBERIAS Y ACCESORIOS	
SAN PEDRO	
ITEM	CANTIDAD
Tramo de tuberías PVC (nodo a nodo)	215
Tapones	78
Tee	98
Válvulas de control	50
Válvula reductora de presión	5

Elaboración: Autor.

El sector va desde una cota máxima de 2900 msnm y una cota mínima de 2835 msnm.

Fig. 6 Esquema Sector San Pedro.



Fuente: Google maps, ©2015 Google.

Para una mejor visualización se adjunta el plano del Sector en formato A1 en el anexo A.

Sigchococha:

Este sector está compuesto por una red principal de PVC de diámetro $D= 160\text{mm}$, que inicia desde la Planta de Tratamiento de San Pedro con una Cota= 2922 msnm y llegando al tanque de reserva R5 con una Cota= 2916.85 msnm; $V1= 100\text{m}^3$. Desde esta reserva existen redes de distribución para la zona baja de Sigchococha con tubería de diámetro $D= 63\text{mm}$; en esta reserva se cuenta con una estación de bombeo de 15 hp que con la tubería de impulsión de diámetro $D= 110\text{mm}$ se llega al tanque de reserva R6 con una Cota= 3065; $V2= 100\text{m}^3$ y desde esta reserva existen redes de distribución de diámetro $D= 63\text{mm}$ para la zona alta de Sigchococha.

La red de distribución tiene una longitud total de 30539.13m.

Tabla 6 Descripción Red de Distribución Sector Sigchococha.

ITEM	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)
D1	63	26552.79
D2	110	3986.34
D3	160	2809.07
L. TOTAL		33348.2

Elaboración: Autor.

El número de accesorios que dispone actualmente el sector se detalla a continuación:

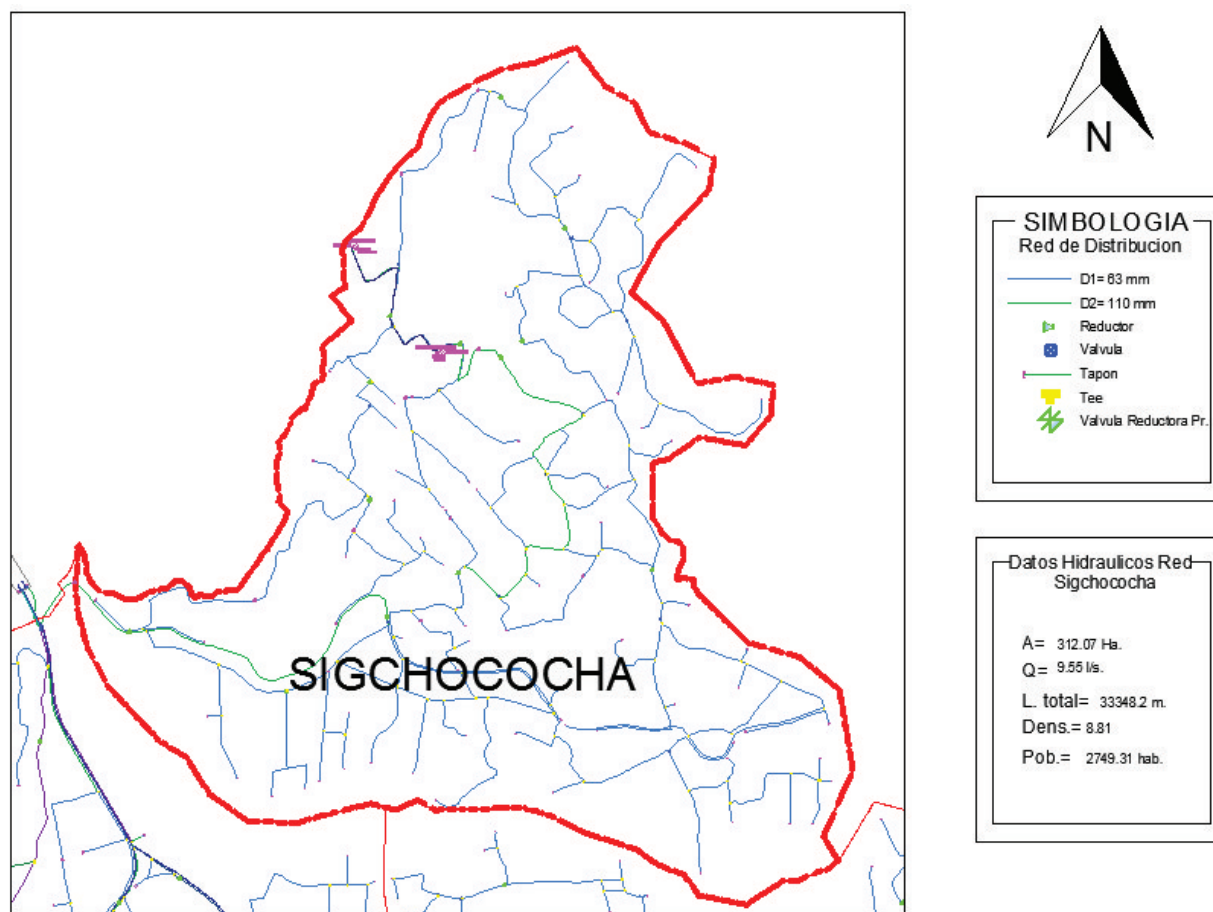
Tabla 7 Cuadro de Resumen Tuberías y Accesorios de la red de distribución Sector Sigchococha.

CUADRO DE RESUMEN - TUBERIAS Y ACCESORIOS	
SIGCHOCOCHA	
ITEM	CANTIDAD
Tramo de tuberías PVC (nodo a nodo)	180
Tapones	72
Tee	92
Válvulas de control	16
Válvula reductora de presión	13

Elaboración: Autor.

El sector va desde una cota máxima de 3018.1343 msnm y una cota mínima de 2728.2663 msnm.

Fig. 7 Esquema Sector Sigchococha.



Fuente: Google maps, ©2015 Google.

Para una mejor visualización se adjunta el plano del Sector en formato A1 en el anexo A.

Trinidad:

El tanque de reserva: $V= 200\text{m}^3$, Cota: 2863.034 msnm. Se abastece a través de una conducción de $D= 250$ y 160mm desde la Planta de Tratamiento.

La red de distribución de tuberías PVC y con una longitud total de 31126.05m se abastece desde el tanque de reserva.

Tabla 8 Descripción Red de Distribución Sector Trinidad.

ITEM	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)
D1	32	1327.95
D2	63	19359.03
D3	90	1342.39
D4	110	4417.06
D5	160	3519.38
D6	200	1157.73
D7	250	2.51
	L. TOTAL	31126.05

Elaboración: Autor.

El número de accesorios que dispone actualmente el sector se detalla a continuación:

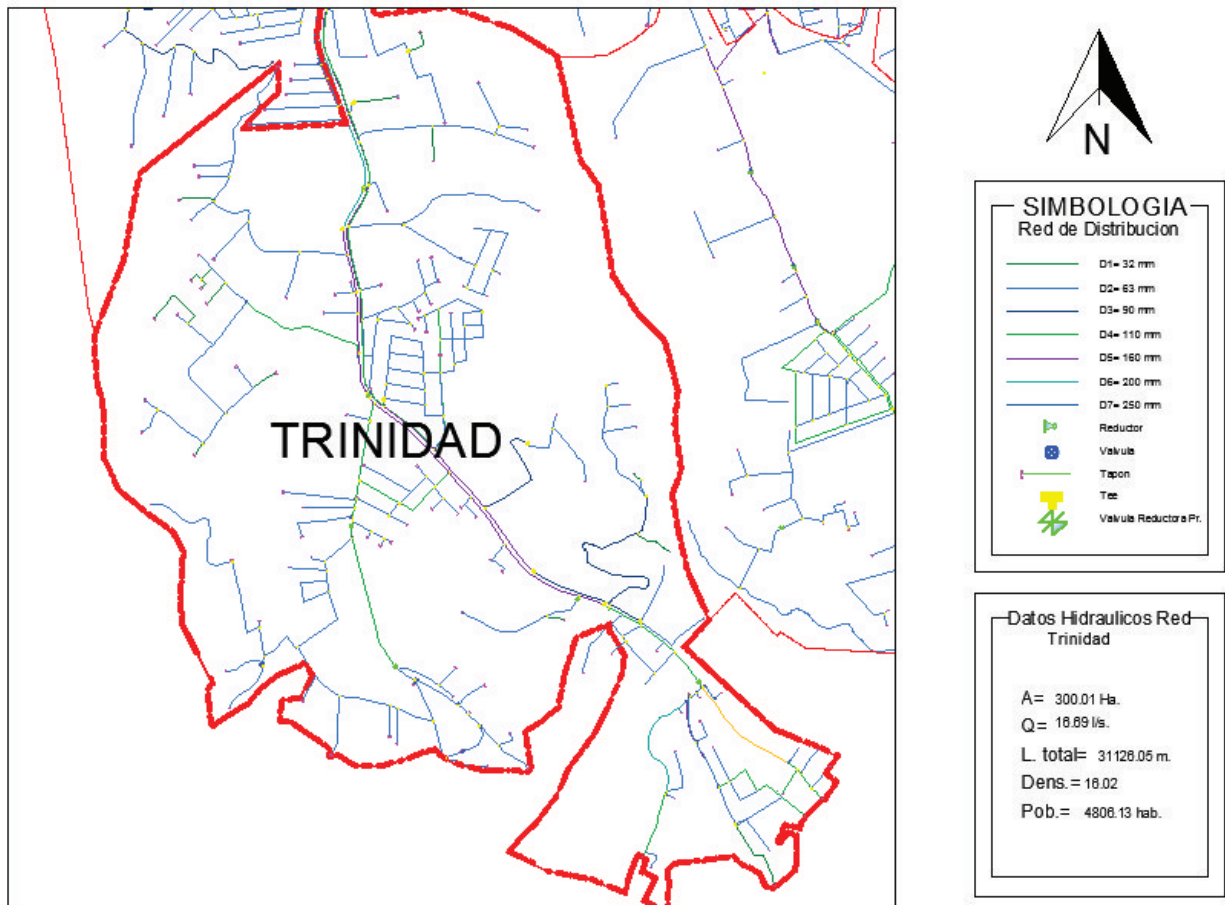
Tabla 9 Cuadro de Resumen Tuberías y Accesorios de la red de distribución Sector Trinidad.

CUADRO DE RESUMEN - TUBERIAS Y ACCESORIOS	
TRINIDAD	
ITEM	CANTIDAD
Tramo de tuberías PVC (nodo a nodo)	310
Tapones	118
Tee	167
Válvulas de control	57
Válvula reductora de presión	6

Elaboración: Autor.

El sector va desde una cota máxima de 2863.03 msnm y una cota mínima de 2670 msnm.

Fig. 8 Esquema Sector Trinidad.



Fuente: Google maps, ©2015 Google.

Para una mejor visualización se adjunta el plano del Sector en formato A1 en el anexo A.

Pumayunga:

El tanque de reserva: $V= 100\text{m}^3$, Cota: 2870 msnm se abastece desde la Planta de Tratamiento a través de una conducción de $D= 160\text{mm}$.

La red de distribución se abastece desde el tanque de reserva a través de tuberías de PVC con una longitud total de 14711.87m.

Tabla 10 Descripción Red de Distribución Sector Pumayunga.

ITEM	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)
D1	63	10879.95
D2	110	2279.64
D3	160	1552.28
	L. TOTAL	14711.87

Elaboración: Autor.

El número de accesorios que dispone actualmente el sector se detalla a continuación:

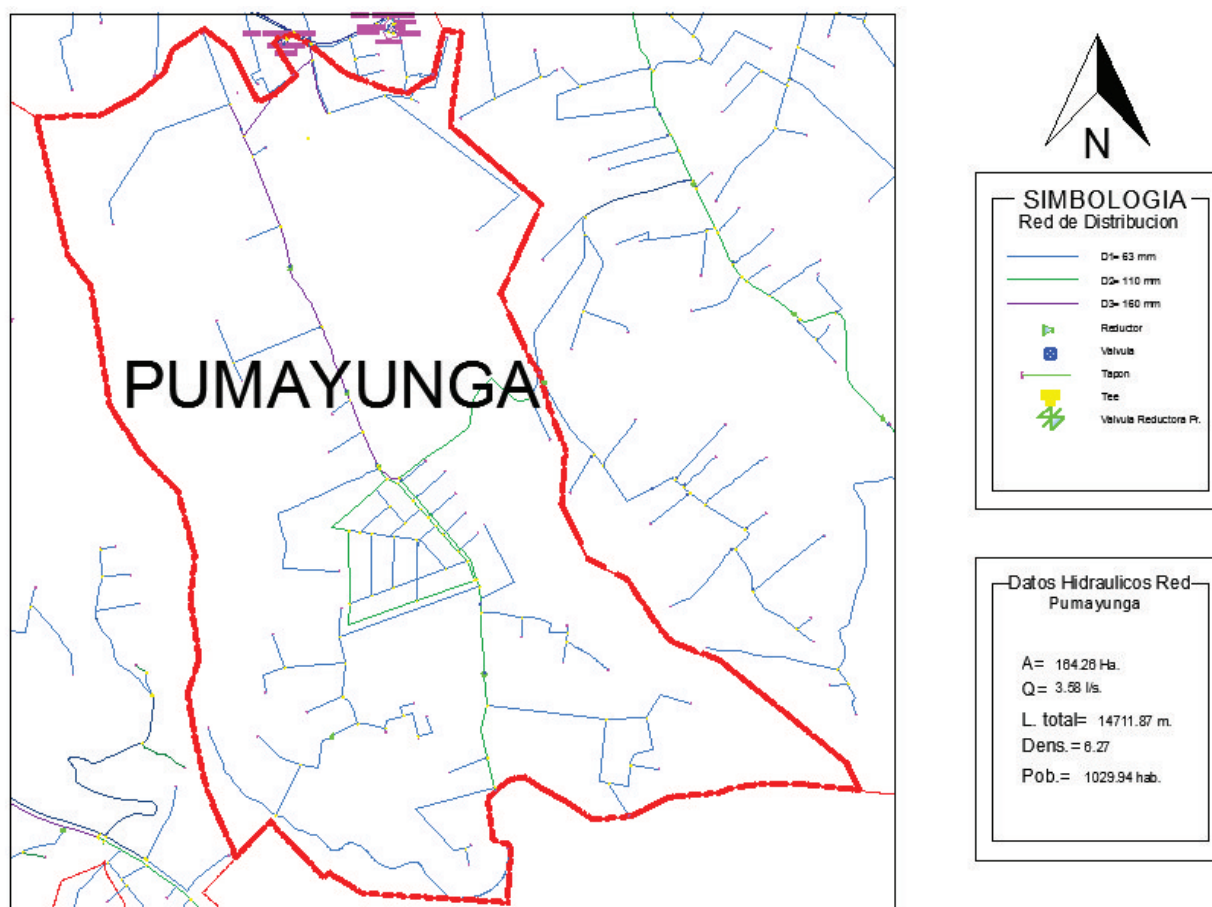
Tabla 11 Cuadro de Resumen Tuberías y Accesorios de la red de distribución Sector Pumayunga.

CUADRO DE RESUMEN - TUBERIAS Y ACCESORIOS	
PUMAYUNGA	
ITEM	CANTIDAD
Tramo de tuberías PVC (nodo a nodo)	158
Tapones	40
Tee	68
Válvulas de control	18
Válvula reductora de presión	5

Elaboración: Autor.

El sector va desde una cota máxima de 2865.57 msnm y una cota mínima de 2692.66 msnm.

Fig. 9 Esquema Sector Pumayunga.



Fuente: Google maps, ©2015 Google.

Para una mejor visualización se adjunta el plano del Sector en formato A1 en el anexo A.

Pan de Azúcar:

Este sector está compuesto por una red principales de PVC de diámetros $D= 110, 160, 200, 250\text{mm}$ que inicia desde La Planta de Tratamiento de San Pedro y llegando a dos tanques de reserva $V1= 100\text{m}^3$, Cota: 2850 msnm.; $V2= 100\text{m}^3$, Cota: 2850 msnm. Desde estas reservas existen redes de distribución para la zona alta Pan de Azúcar con tuberías de diámetros $D= 32, 63, 110\text{mm}$.

La antigua Planta de Miraflores actualmente considerada como otra reserva: $V3= 300\text{m}^3$, Cota: 2718 msnm distribuye para la zona alta Pan de Azúcar con tuberías de diámetro $D= 63\text{mm}$.

La red de distribución está conformada por Tuberías de PVC con una longitud total de:

Tabla 12 Descripción Red de Distribución Sector Pan de Azúcar.

ITEM	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)
D1	32	745.05
D2	63	53189.06
D3	90	1100.15
D4	110	5381.46
D5	160	3294.31
D6	200	2073.7
D7	250	1413.4
	L. TOTAL	67197.13

Elaboración: Autor.

El número de accesorios que dispone actualmente el sector se detalla a continuación:

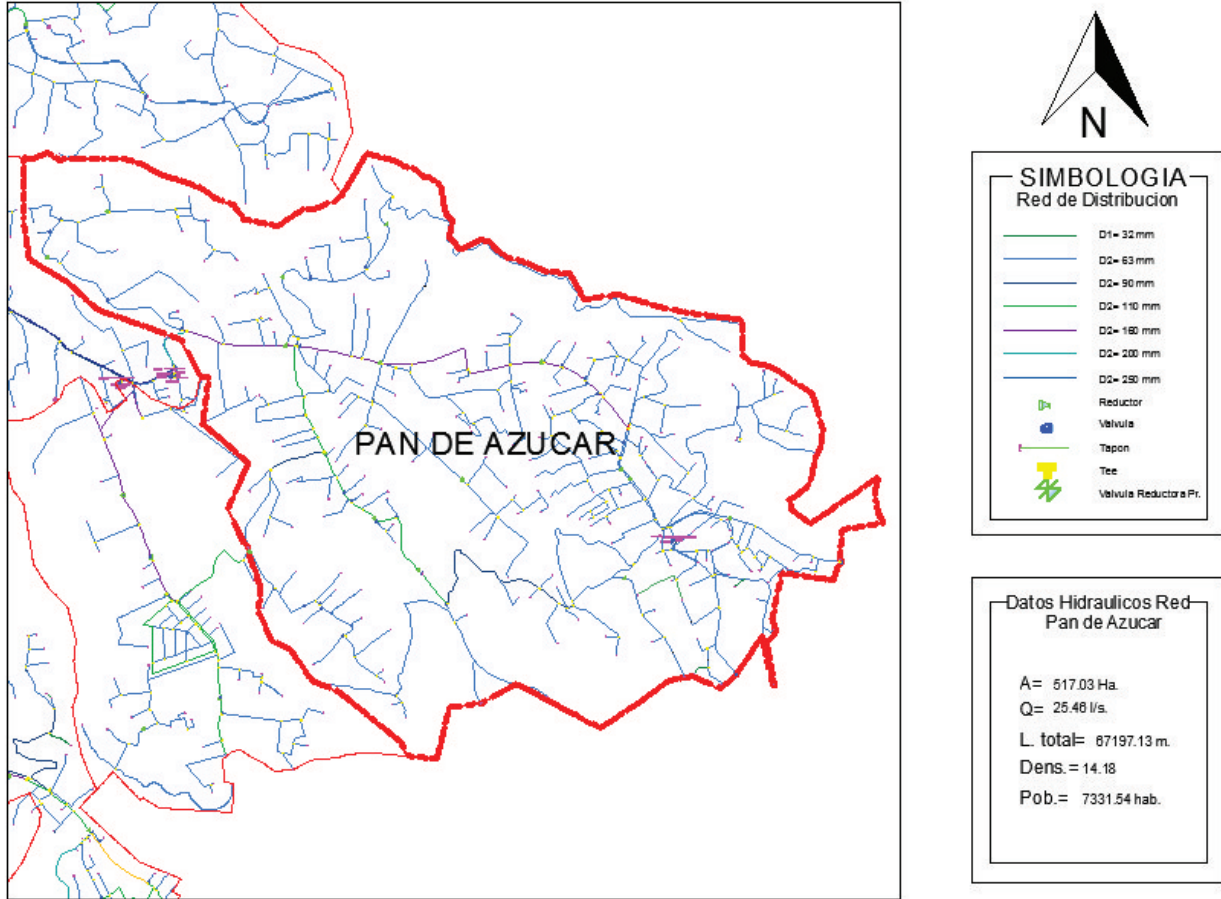
Tabla 13 Cuadro de resumen Tuberías y Accesorios de la Red de Distribución Sector Pumayunga.

CUADRO DE RESUMEN - TUBERIAS Y ACCESORIOS	
PAN DE AZUCAR	
ITEM	CANTIDAD
Tramo de tuberías PVC (nodo a nodo)	650
Tapones	206
Tee	231
Válvulas de control	94
Válvula rompe presión	15

Elaboración: Autor.

El sector va desde una cota máxima de 2774.03 msnm y una cota mínima de 2627 msnm.

Fig. 10 Esquema Sector Pan de Azúcar.



Fuente: Google maps, ©2015 Google.

Para una mejor visualización se adjunta el plano del Sector en formato A1 en el anexo A.

CAPÍTULO 3 MODELACIÓN HIDRÁULICA

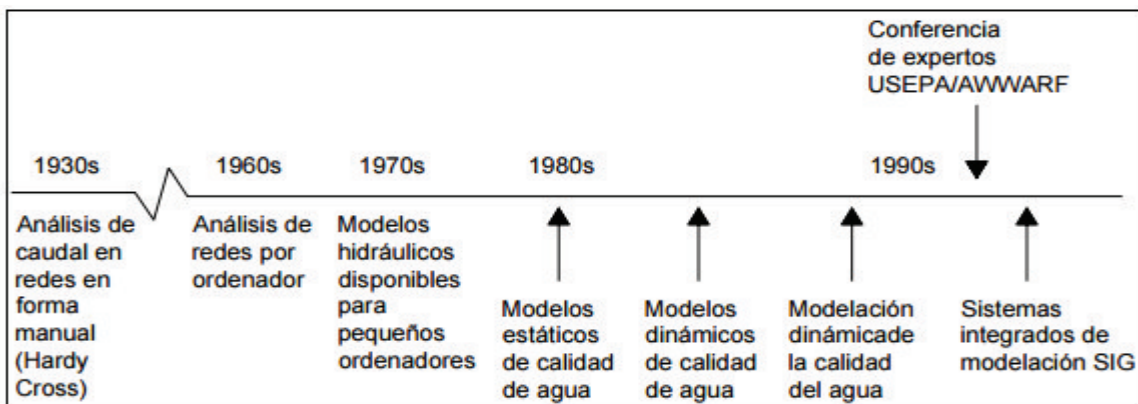
3.1 MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS EN LA MODELACIÓN HIDRÁULICA.

Con el avance de la tecnología se han generado diferentes técnicas para poder afrontar el tema de los sistemas de distribución, pero los que han creado más interés son los modelos de simulación matemática el cual fue propuesto por primera vez en 1936 (Cross, 1936); estos son procedimientos que describen una serie de procesos y después por medio de experimentos llevados al cabo usando el método iterativo podemos predecir el comportamiento en un tiempo determinado. Al momento de observar los experimentos es muy parecido a observar como sería el proceso en operación. Para analizar el proceso real bajo ciertos cambios, podemos realizarlos en nuestro modelo y conocer la reacción del proceso real.

3.2 MÉTODOS EMPLEADOS.

Desde 1936 los métodos que han sido empleados en los modelos, han ido evolucionando desde el análisis de caudales en redes desarrollado por Hardy Cross, realizados a mano, basándose en los principios de ley de continuidad de masa en los nudos y la ley de conservación de la energía en los circuitos, hasta los modelos desarrollados en redes hidráulicas mediante el uso de las primeras computadoras en la década de los setenta; y los modelos de calidad de agua para redes de distribución a finales de la década de los ochenta. (Alcocer, 2007).

Tabla 14 Métodos Empleados en los Modelos Hidráulicos.



Fuente: Desarrollo histórico de los modelos de simulación matemática aplicados a redes de distribución de agua potable, [García, V., 2003].

Por lo dicho anteriormente, los modelos matemáticos aplicados en las redes de distribución son herramientas que han sido implementadas por medio de computadoras, las cuales realizan varios escenarios de operación en todos los puntos de la red y en cualquier instante de día, es decir son modelos completos y de fácil manejo. (Alcocer, 2007).

En la actualidad existen varios modelos de simulación, de acuerdo a su objetivo:

- Variables del sistema
- Aplicabilidad
- Variación en el tiempo
- Grado de detalle

A) VARIABLES DEL SISTEMA:

De acuerdo con el objetivo que se tenga, las variables se dividen en hidráulicos y de calidad de agua.

1) Hidráulicos:

Son los que están bajo las condicionantes tales como caudales y presiones que se encuentran dentro de las redes de distribución.

2) Calidad de agua:

Estos modelos están determinados bajo las condiciones de los parámetros físico-químico de la calidad de agua, entre estos tenemos cloro residual, concentración de sustancias contaminantes, etc.

B) APLICABILIDAD:

De acuerdo a la aplicación de los modelos se clasifican en planificación, operacionales y de diseño.

1) Planificación:

El objetivo principal de estos modelos es evaluar el rendimiento, la economía de los elementos que conforman la red tales como: tuberías, variaciones en el comportamiento de elementos como válvulas, tanques, etc.

2) Operacionales:

Sirven para pronosticar el comportamiento hidráulico ya sea de los caudales y presión, variar los niveles en los tanques con el objetivo de que sea un aporte para la toma de decisiones.

3) Diseño:

Es la unión de los modelos de planificación y operacionales con el objetivo de obtener los mejores resultados tanto en el funcionamiento de la red como en el costo del proyecto.

C) VARIACIÓN EN EL TIEMPO:

Una de las principales variables en la modelación de redes de agua potable es el tiempo, es por esto que la modelación se divide en dos tipos: estáticos y dinámicos.

1) Estáticos o de flujo permanente:

En este tipo de modelos los caudales que se ocupan se encuentran permanentes, es decir no existen variaciones en la red; por lo tanto, el nivel de los tanques se encontraran fijos, pero en la vida real no sucede. El motivo por el cual se usa esta clase de modelos es debido a que se ocupan de analizar el comportamiento de la red de distribución con los caudales máximos horarios, sometiendo a la red a condiciones más desfavorables.

En base a datos como: tramos de red, diámetro y longitud de la tubería, tipo de válvulas, cota de los nodos, nivel de agua en los tanques, etc. se forma un sistema de ecuaciones no lineales, las cuales se resuelven por medio del método de Newton-Raphson y se calculan los gastos en los tramos de la red.

Al final el programa da varios resultados de caudales, velocidades, perdidas de carga en los tramos de tubería, presión en los nodos, niveles en los tanques, dirección de flujos, etc.

2) Dinámicos o de flujo no permanente:

En este tipo de modelos, a diferencia de los estáticos, tienen una variación de caudales, por lo que las condiciones operativas y el nivel de los tanques también variara, todos estos parámetros se encuentran bajo ciertas condiciones, las cuales por medio de un simulador se observara la evolución temporal de la red en un intervalo de tiempo determinado.

D) GRADO DE DETALLE:

Estos modelos dependen del nivel de detalle que se requieran en los diferentes proyectos y se dividen en:

1) Modelos estratégicos

Son modelos esenciales como tuberías primarias, tanques de almacenamiento. El modelo estratégico se emplea como un instrumento de planeación y diseño.

2) Modelos detallados:

Son modelos que sirven para cubrir las necesidades de regulación y control de los sistemas de distribución en donde hay ocasiones que se necesita un nivel de detalle mayor. Como da el caso de incluir a las tuberías secundarias.

3.3 SOFTWARE UTILIZADO

En las versiones recientes del Software Bentley WaterGEMS versión V8i, incluyen herramientas adicionales a la simulación hidráulica convencional que van acorde con estas nuevas tendencias de desarrollo y avance.

Según el manual del software que dispone ETAPA EP, éste cuenta con interfaz gráfica autónoma (Windows Stand Alone), puede trabajar de manera integrada con entornos CAD como los son AutoCAD y Bentley MicroStation, y con entornos GIS como lo es ArcGIS.

En los últimos años el desarrollo de los programas han sido tal que a pesar de compartir muchos la misma base del algoritmo de cálculo, existe una diferencia entre los software como es la facilidad de uso, su operación de análisis espacial, herramientas de productividad, posibilidades gráficas, integración con Sistemas de Información Geográfica (GIS), etc.

El Software cuyo cálculo se basa en el método del Gradiente Hidráulico. Las pérdidas de carga debido a la rugosidad de las paredes de la tubería pueden calcularse utilizando métodos diferentes como:

- a) Hazen y Williams con Fórmula empírica para la pérdida de carga por fricción del flujo a través de una tubería simple.

En función del radio hidráulico:

$$V = 0.8494 * C * (RH)^{0.63} * S^{0.54}$$

En función del diámetro:

$$Q = 0.2785 * C * (D)^{2.63} * S^{0.54}$$

Calculo de perdidas:

$$hf_m = 10.67 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}}$$

Donde:

- Rh = Radio hidráulico.
- V = Velocidad media del agua en el tubo (m/s).
- Q = Caudal (m³/s).
- C = Coeficiente de rugosidad del tubo.
- Di = Diámetro interior en (m).
- S = Pendiente (m/m).
- L = Longitud en (m).
- Hf = Perdida de carga en (m).

Tabla 15 Valores para Coeficiente de Rugosidad del Tubo.

Coeficiente de Rugosidad	Material	Estado de la Tubería
C= 130	PVC	En Uso
C= 150	PVC	Nueva

Elaboración: Autor.

- b) La fórmula de Colebrook y C. White para la determinación del factor de fricción en la fórmula de Darcy. Fórmula usada para el cálculo del factor de fricción de Darcy λ también conocido como coeficiente de rozamiento. Se trata del mismo factor f que aparece en la ecuación de Darcy-Weisbach.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \text{Log}_{10} \left(\frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} \right)$$

Donde:

- Re= número de Reynolds.
- K/D= rugosidad relativa.
- λ = factor de fricción.

Para el caso particular de tuberías lisas la rugosidad relativa el término k/D es muy pequeño y puede despreciarse. Quedando la ecuación:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \text{Log}_{10}(Re\sqrt{\lambda}) - 0.8$$

- c) La fórmula de Darcy y Weisbach para las pérdidas de carga por fricción en un flujo a través de una tubería simple, la forma general de la ecuación de Darcy-Weisbach es:

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

- h_f = pérdida de carga debida a la fricción. (m)
- f = factor de fricción de Darcy. (adimensional)
- L= longitud de la tubería. (m)
- D= diámetro de la tubería. (m)
- V= velocidad media del fluido. (m/s)
- g= aceleración de la gravedad $\approx 9,80665 \text{ m/s}^2$.
- La fórmula de Darcy–Weisbach en función del caudal Q es:

$$h_f = f \frac{8 * L * Q^2}{g * \pi^2 * D^5}$$

La fórmula de Darcy–Weisbach re-escrita en el formato estándar de pérdida de carga como:

$$h_f = \left(f \frac{8}{g * \pi^2 * D^5} \right) * L * Q^2$$

Sin embargo la fórmula de Hazen Williams es la más utilizada y es mediante una serie de procesos iterativos que actualmente facilitan los computadores y nos permite realizar simulaciones de los diferentes estados que se producen en la red de distribución. De la realización de estas simulaciones podemos obtener resultados que pueden ser considerados en la planificación, operación y gestión de la red.

El programa WaterGEMS no tiene una manera única de crear un modelo de simulación hidráulica, sin embargo se detalla los pasos principales para la elaboración de la misma:

- Construcción o dibujo del sistema.
- Ingreso de información requerida para las simulaciones.
- Creación de escenarios y alternativas.
- Ejecución de información - tipo de análisis.
- Interpretación de resultados.

Conjuntamente con las características físicas (geométrica y topográfica) del sistema y las condiciones de caudal existente ($Q= 50 \text{ l/s}$), nos permite calcular

parámetros hidráulicos de la red de distribución como: presión, caudales en nodos, velocidades, pérdidas, etc.

3.4 INFORMACIÓN REQUERIDA

Para poder analizar el comportamiento hidráulico es necesario tener un registro cuidadoso de la siguiente información:

- Catastro de la red de distribución: tramos de la red, cotas, reservas, válvulas, material y diámetros de la tubería, estaciones de bombeo, válvulas reductoras de presión, accesorios. Datos que han sido revisados y actualizados conjuntamente con el Departamento de Catastros.
- Conocimiento del estado y operación de las válvulas.
- Mediciones necesarias de presión, caudal y niveles de tanques en caso de existir.
- Con esta información podemos buscar la mejor opción de operación óptima y poder recomendar si es necesario colocar, válvulas de control, más accesorios o modificar las redes de distribución, en tramos sin capacidad.

Para el ingreso de la información requerida en la modelación hidráulica se procedió de la siguiente forma:

- 1) Digitalización de elementos hidráulicos.
- 2) Asignación de propiedades a tuberías y accesorios.
- 3) Asignación de áreas de aportación.
- 4) Calculo de caudales.
- 5) Elaboración de un modelo hidráulico para la reserva.
- 6) Cambiar los términos de los componentes de la red de distribución, con términos adecuados para la utilización del modelo implementado.
- 7) Recopilar información para identificar a los componentes que se encuentran dentro del modelo.

- 8) Ordenar y simplificar la red de tuberías, dependiendo de la información disponible.
- 9) Asignación de consumos registrados en el modelo con el fin de incorporar las demandas en los diferentes puntos de consumo y analizarlos para cada periodo de tiempo impuesto es este modelo.
- 10) Medición de presión y caudal en varios puntos de la red.
- 11) Comparación de valores tanto de presión como de caudal que han sido registrados en la red y los obtenidos en el simulador hidráulico.
- 12) Resultados y conclusiones.

3.5 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE

Los elementos que conforman el sistema de distribución, el cual va a ser utilizado en un modelo de simulación son:

3.5.1 RESERVAS

Los tanques de reserva están alimentados desde la Planta de Tratamiento de San Pedro.

La reserva Pan de Azúcar (R2) es un tanque circular de ferrocemento; de diámetro $D= 8.90\text{m}$ y volumen $V= 100\text{m}^3$.

Las reservas Pan de Azúcar (R3a – R3b) son tanques circulares de ferrocemento; tienen las mismas dimensiones: diámetro $D= 9.40\text{m}$, y volumen $V= 100\text{m}^3$.

La reserva de Trinidad (R1) es un tanque circular de hormigón armado; de diámetro $D= 11.2\text{m}$, y volumen $V= 300\text{m}^3$.

La estación de bombeo de Sigchococha es circular; de diámetro $D= 8\text{m}$, y volumen $V= 100\text{m}^3$.

La reserva alta de Sigchococha es circular de ferrocemento; de diámetro $D= 8\text{m}$, y volumen $V=100\text{m}^3$.

La antigua Planta de Agua de Miraflores es un tanque rectangular de hormigón; dimensiones: ancho 9.70m por 8.20m de largo y 3.50m de profundidad. Espesor de paredes 0.20m Los tanques de reserva cuentan con cerramiento excepto el tanque de Trinidad.

Tabla 16 Descripción Tanques de Reserva Sector Culebrillas.

TANQUES DE RESERVA					
SECTOR	TANQUES RESERVA	CAPACIDAD	COTA	COORDENADAS	
				N	E
San Pedro	T-21	100m ³	2922	9685179.4	717781.14
	T-22	100m ³	2922	9685191.3	717793.68
Trinidad	R1	300m ³	2853.034	9683563.1	718221.88
Pumayunga	R2	100m ³	2860	9683533.1	719301.76
Pan de Azúcar	R3a	100m ³	2850	9683565.7	719532.02
	R3b	100m ³	2850	9683563.1	9683563.1
	R4 (Planta de Miraflores)	250m ³	2718	9682863.8	721682.46
Sigchococha	R5	100m ³	2916	9685873.8	719073.83
	R6	100 m ³	3065	9686192.1	718804.18
	TOTAL	1250 m ³			

Elaboración: Autor.

El volumen total de almacenamiento del sistema Culebrillas es 1250m³.

Fotografía 6 Tanques de Reserva Pan de Azúcar R3a – R3b.



Elaboración: Autor.

Fotografía 7 Tanques de Reserva Pan de Azúcar R2



Elaboración: Autor.

3.5.2 TUBERÍAS

Las redes de distribución en general se muestran según la topología obtenida en los planos que han sido entregados por la empresa ETAPA EP, en donde podemos observar la forma en la que están conectados los elementos con la red.

Las redes principales de San Pedro, Sigchococha, Trinidad, Pumayunga, Pan de Azúcar son ramificadas; derivándose de estas algunas redes en malla por lo que en el sistema la red de distribución es combinada.

Es importante tener conocimiento sobre el estado de la red actual y entre las características utilizadas tenemos: diámetro, longitud, rugosidad, material, nodo inicial y final, estado de la tubería.

Las redes de los cinco sectores están conformadas por:

Tabla 17 Descripción de Tuberías Sector Culebrillas.

TUBERIAS SECTOR CULEBRILLAS								
DIAMETRO (mm)	MATERIAL	SAN PEDRO	TRINIDAD	PUMAYUNGA	PAN DE AZUCAR	SIGCHOCOCHA	LONGITUD TOTAL POR DIAMETRO	ESTADO DE LA TUBERIA
32	PVC	172.9	1327.95	-	745.05	-	2245.9	Bueno
63	PVC	16883.71	19359.03	10879.95	53189.06	26552.79	126864.54	Bueno
90	PVC	4002.47	1342.39	-	1100.15	-	6445.01	Bueno
110	PVC	4153.99	4417.06	2279.64	5381.46	3986.34	20218.49	Bueno
160	PVC	2338.49	3519.38	1552.28	3294.31	2809.07	13513.53	Bueno
200	PVC	-	1157.73	-	2073.7	-	3231.43	Bueno
250	PVC	-	2.51	-	1413.4	-	1415.91	Bueno
LONGITUD TOTAL		27551.56	31126.05	14711.87	67197.13	33348.2	173934.81	

Elaboración: Autor.

Puesto que las tuberías han sido instaladas en el 2010 se les considera en buen estado.

La rugosidad utilizada es de 0.012 en PVC.

Estos datos son obtenidos de los catastros entregados por ETAPA EP, pero es importante indicar que se ha procedido con la actualización de los mismos esto debido a

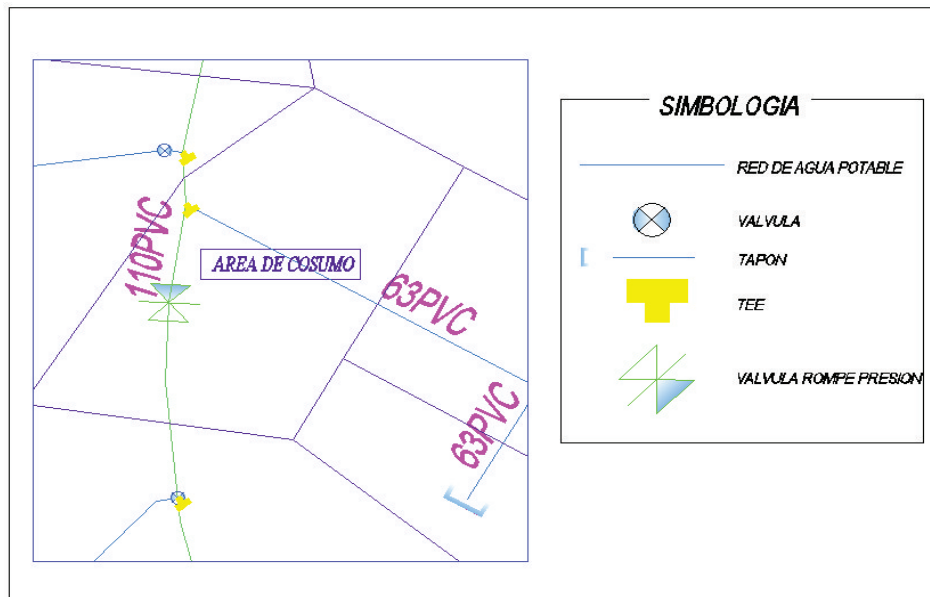
ampliaciones menores y a cambios realizados por el departamento de operaciones conocer de los cambios, debido a mantenimiento, por lo que debemos disponer de catastros actualizados.

3.5.3 NODOS DE CONSUMO

Para los nodos de consumo es necesario disponer de la cota del terreno, el área de consumo, la demanda, el sector al que pertenece, el tipo de consumo, etc.

En esta evaluación se analizan como nodos a los accesorios como: TEES, tapones, reductores y válvulas, y a cada nodo se le designa un área de consumo.

Gráfico 2 Esquema del Nodo 3433NOD.



Elaboración: Autor.

3.5.4 VÁLVULAS

Las válvulas son uno de los elementos más importantes dentro del análisis de caudales y presión, por lo que es necesario conocer el tipo de válvula, la ubicación, saber operativamente si la válvula se encuentra abierta o cerrada.

Existen varios tipos de válvulas existentes dentro el sistema; entre estas tenemos válvulas de control las cuales son utilizadas para seccionamiento o sectorización.

A continuación se da un resumen de las válvulas de control existentes en el sistema:

Tabla 18 Cantidad de Válvulas de Control por Sectores.

VALVULAS DE CONTROL						
DIAMETRO (mm)	UNIDAD	SAN PEDRO	TRINIDAD	PUMAYUNGA	PAN DE AZUCAR	SIGCHOCO CHA
63	u	30	32	5	86	13
90	u	9	2	-	3	-
110	u	7	13	6	5	3
160	u	3	5	5	2	-
200	u	2	4	-	-	-
TOTAL		51	56	16	96	16

Elaboración: Autor.

El sistema también cuenta con válvulas reductoras de presión las cuales son utilizadas para controlar la presión aguas abajo de las mismas, válvulas de control las cuales sirven para controlar el flujo.

A continuación se indica el detalle de las válvulas reductoras de presión.

Tabla 19 Detalle Válvulas Reductoras de Presión Sector San Pedro.

VALVULAS REDUCTORAS DE PRESION SECTOR SAN PEDRO				
ITEM	DIAMETRO	COTA	COORDENADAS	
			N	E
1	160	2885.5456	9684698.97	717853.649
2	160	2820.5157	9683866.29	717506.808
3	110	2881.5981	9684213.93	718092.43
4	90	2846.2186	9683640.9	717770.499
5	90	2877.2318	9684287.81	718275.019

Elaboración: Autor.

Fig.11 Plano de Ubicación Válvulas Reductoras de Presión San Pedro.



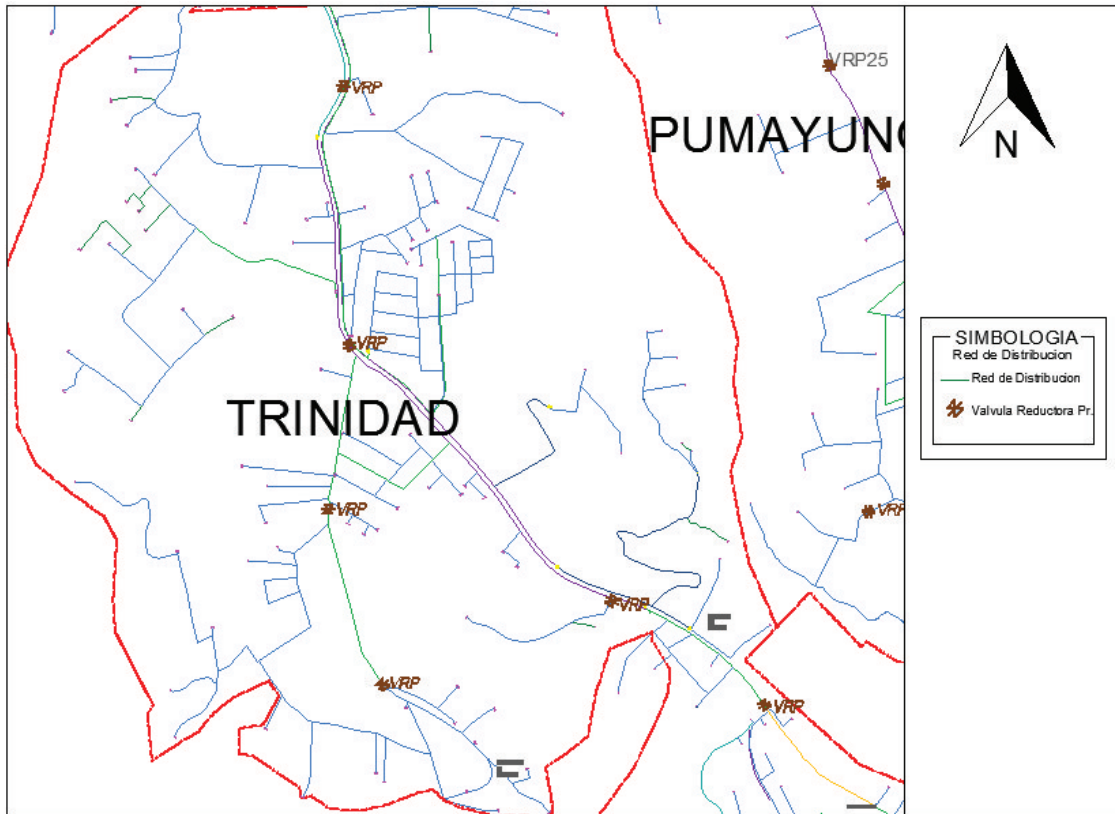
Elaboración: Autor.

Tabla 20 Detalle Válvulas Reductoras de Presión Sector Trinidad.

VALVULAS REDUCTORAS DE PRESION SECTOR TRINIDAD				
ITEM	DIAMETRO	COTA	COORDENADAS	
			N	E
1	200	2700.3779	9683002.5	718227.285
2	160	2791	9682418.49	718240.225
3	110	2761.834	9682049.02	718192.956
4	110	2731.4167	9681654.16	718316.761
5	110	2718.4073	9681608.69	719173.386
6	63	2730.7451	9681842.8	718831.041

Elaboración: Autor.

Fig. 12 Plano de Ubicación Válvulas Reductoras de Presión Trinidad.



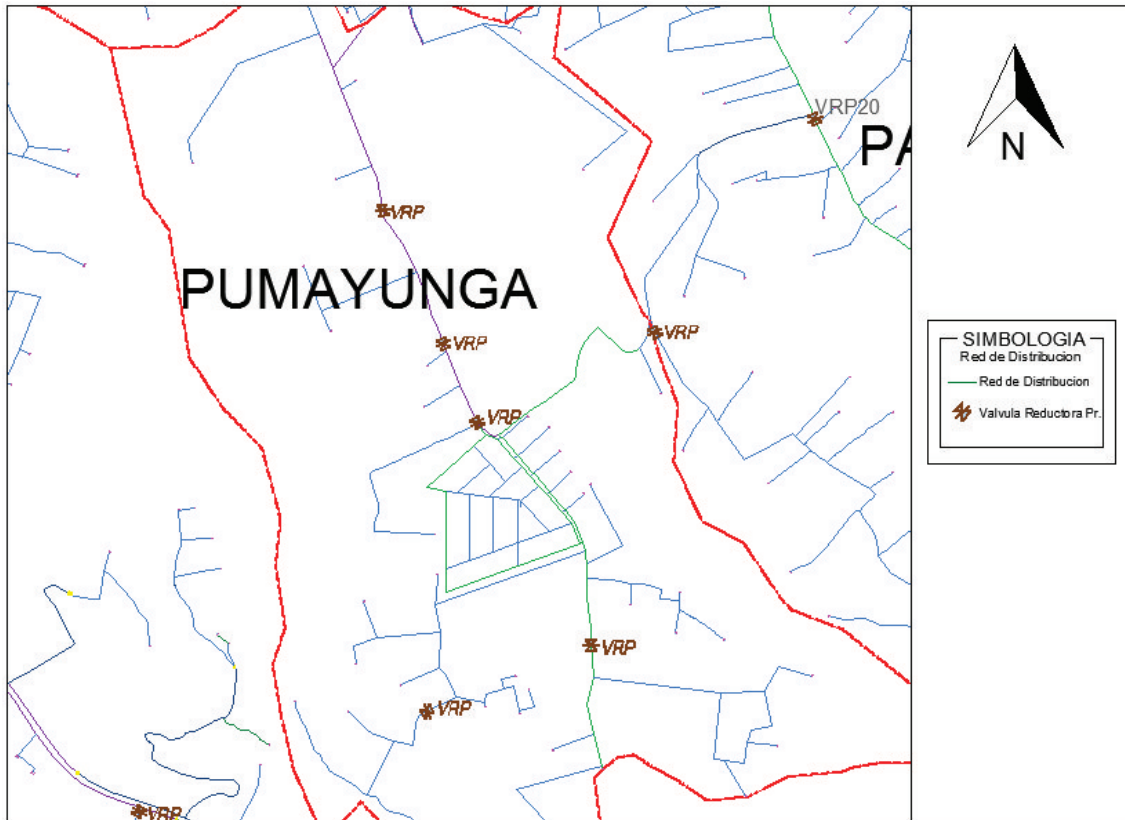
Elaboración: Autor.

Tabla 21 Detalle Válvulas Reductoras de Presión Sector Pumayunga.

VALVULAS REDUCTORAS DE PRESION SECTOR PUMAYUNGA				
ITEM	DIAMETRO	COTA	COORDENADAS	
			N	E
1	160	2816.6537	9683048.9	719319.698
2	160	2795.8618	9682782.04	719441.191
3	160	2786.4377	9682623.56	719508.907
4	110	2700.5595	9682176.28	719737.005
5	63	2722.0372	9682043.54	719408.647

Elaboración: Autor.

Fig. 13 Plano de Ubicación Válvulas Reductoras de Presión Pumayunga.



Elaboración: Autor.

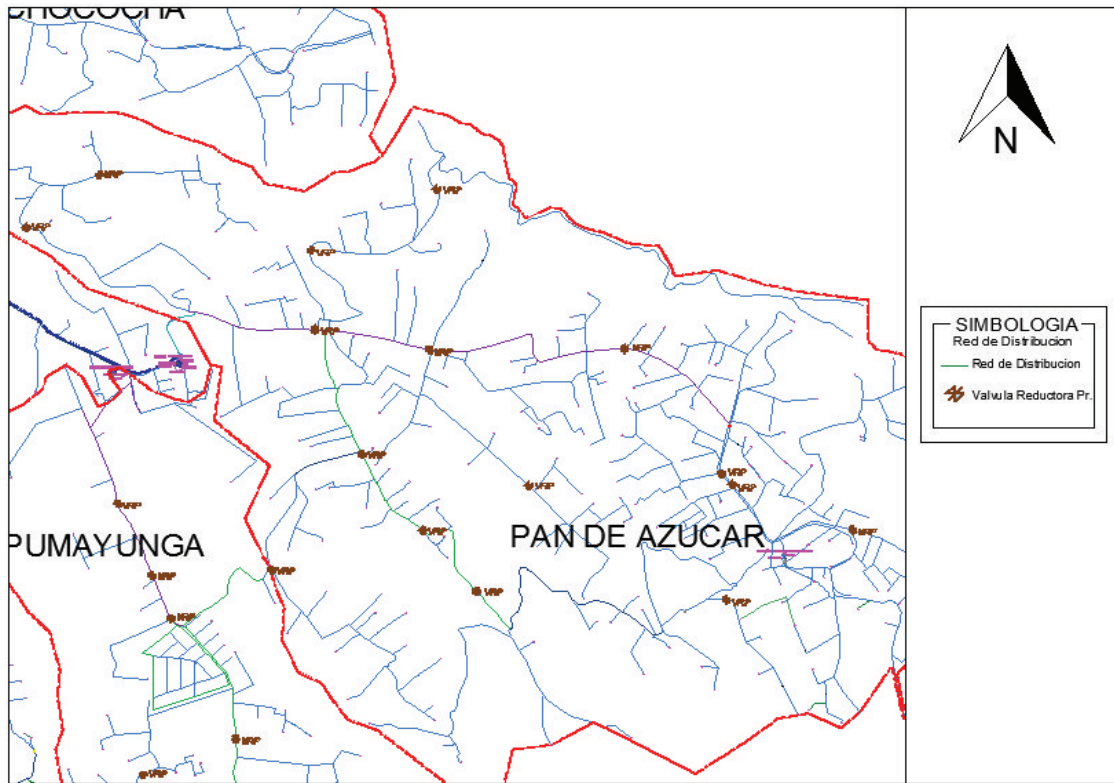
Tabla 22 Detalle Válvulas Reductoras de Presión Sector Pan de Azúcar.

VALVULAS REDUCTORAS DE PRESION SECTOR PAN DE AZUCAR				
ITEM	DIAMETRO	COTA	COORDENADAS	
			N	E
1	160	2816.7527	9683693.81	720020.239
2	160	2795.2647	9683618.49	720425.965
3	160	2758	9683621.41	721120.932
4	110	2777.6002	9683231.1	720186.29
5	110	2763.4578	9682950.79	720402.112
6	110	2722.492	9682726.36	720592.655
7	63	2805.9077	9684071.97	718992.599
8	63	2777.9894	9684266.7	719254.009
9	63	2787.2403	9683988.54	720005.228
10	63	2725.9454	9684214.95	720452.735
11	63	2760.8895	9682803.82	719865.577
12	63	2754.4861	9683116.04	720780.483

13	63	2718.6362	9683159.95	721464.514
14	63	2715.9977	9683119.6	721502.734
15	63	2677.1073	9682692.91	721480.163
16	63	2681.8966	9682951.56	721930.868

Elaboración: Autor.

Fig. 14 Plano de Ubicación Válvulas Reductoras de Presión Pan de Azúcar.



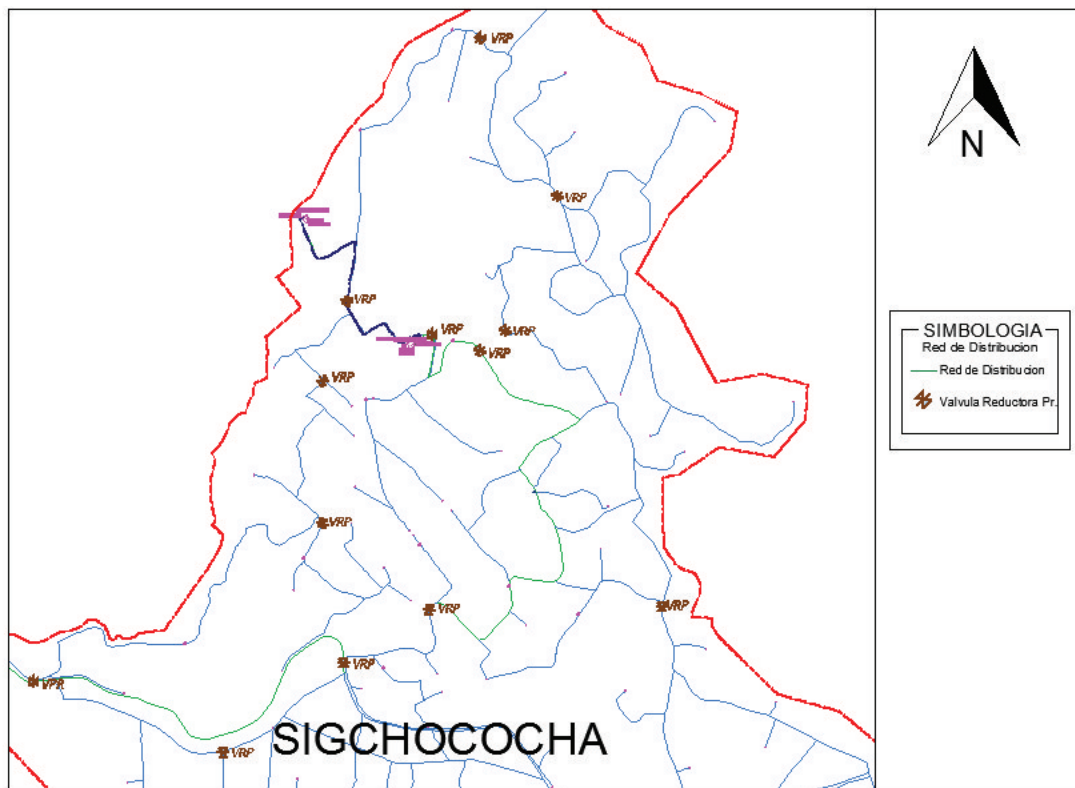
Elaboración: Autor.

Tabla 23 Detalle Válvulas Reductororas de Presión Sector Sigchococha.

VALVULAS REDUCTORAS DE PRESION SECTOR SIGCHOCOCHA				
ITEM	DIAMETRO	COTA	COORDENADAS	
			N	E
1	110	2882.7796	9685029.46	718123.086
2	110	2813.2767	9685074.96	718899.852
3	110	2885.2845	9685859.2	719241.701
4	63	3017.1686	9686642.91	719243.282
5	63	2965.1279	9686246.8	719436.164
6	63	2956.6045	9685984.17	718908.555
7	63	2913.5383	9685909.38	719305.873
8	63	2897.2806	9685899.49	719122.607
9	63	2915.3752	9685783.31	718848.291
10	63	2875.3822	9685426.09	718847.057
11	63	2822.283	9685209.55	719114.553
12	63	2802.4956	9685215.33	719699.287
13	63	2824.5742	9684849.84	718596.83

Elaboración: Autor.

Fig. 15 Plano de Ubicación Válvulas Reductororas de Presión Sigchococha.



Elaboración: Autor.

Tabla 24 Resumen Válvulas Reductororas de Presión.

RESUMEN VALVULAS REDUCTORAS DE PRESION	
SECTOR	CANTIDAD
SAN PEDRO	5
TRINIDAD	6
PUMAYUNGA	5
PAN DE AZUCAR	16
SIGCHOCOCHA	13
TOTAL VRP	45

Elaboración: Autor.

3.6 ANÁLISIS DE DIÁMETROS MÍNIMOS.

Los diámetros adoptados en la red deberían ser los calculados, de modo que lleven el caudal previsto y no produzcan pérdidas de carga de manera que den la suficiente presión de servicio, sin embargo debido a las normas de fabricación de tuberías (diámetros comerciales) así como para facilitar las tareas de mantenimiento y reparación, la Empresa ETAPA EP tiene establecido en el caso de tuberías de PVC como diámetro mínimo 63 mm; no obstante en las redes de distribución del sistema Culebrillas el diámetro mínimo instalado es 32 mm. Los diámetros existentes en la red son los siguientes: 32; 63; 90; 110; 160; 200 y 250 mm.

En cuanto a las acometidas de igual forma que en las redes de distribución los diámetros deben determinarse de tal manera que circule el caudal de diseño de acuerdo con la demanda en este caso del predio, que disponga de presiones suficientes y con el cumplimiento de normas relacionadas con la velocidad máxima y mínima. Para el caso de acometidas, ETAPA EP ha establecido como diámetro mínimo 12.5 mm y con respecto a diámetros utilizados para acometidas son los siguientes: 12.5 mm ($\frac{1}{2}$ "); 20 mm ($\frac{3}{4}$ "); 25 mm (1"); y 63 mm (2").

Las presiones en la red deben cumplir ciertas condiciones mínimas y máximas para diferentes escenarios que puedan ocurrir, y la red debe tener una presión mínima (Norma IEOS determina un mínimo de 10mca en puntos más desfavorable de la red); pero que sea capaz de transportar el agua hacia el interior de la vivienda; también debe tener una limitación con respecto a las presiones máximas (Norma IEOS determina una presión máxima estática de 70mca y dinámica de 50mca); con el objetivo de que estas no causen daños en la red.

Las velocidades también deben regirse a condiciones máximas y mínimas. La norma IEOS recomienda una velocidad en la red aproximada de 1.5 m/s y una velocidad máxima de 4.5 m/s.

3.7 DISCRETIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE CONSUMO Y CÁLCULO DE CAUDALES.

Para poder analizar las áreas de consumo del proyecto, es necesario determinar la población futura; la cual se basa en datos estadísticos obtenidos por medio del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos en donde se toma una densidad poblacional proyectada para un periodo de diseño de 15 años; hasta el año 2030.

Los consumos de agua que existe en una localidad varían mensual, diaria y horaria. Estas variaciones se expresaran en función del Consumo Medio (Qm).

En épocas de sequía debido a que el agua existente en la captación no es abundante, la demanda del líquido vital para uso de riego de cultivos, uso doméstico, etc., será mayor en comparación a las épocas de lluvia.

3.7.1 POBLACIÓN ACTUAL Y PROYECTADA

Para la determinación de la población actual se tomó como referencia el número de usuarios registrados multiplicado por el número de habitante por familia; este coeficiente se utilizó de la tabla estadística del INEC y se realizó una comparación con los datos obtenidos del catastro en donde se caculo en base a densidades actuales y proyectadas que dispone ETAPA EP.

A continuación se detalla la población actual.

Tabla 25 Población Actual en base al No. de Usuarios.

POBLACIÓN ACTUAL EN BASE AL No. DE USUARIOS		
Catastro de usuarios:	u	4729
No.- hab/fam.	u	4
Población:	hab	18916

Elaboración: Autor.

Tabla 26 Población Actual en base a Datos del Catastro.

POBLACIÓN ACTUAL EN BASE A DATOS DEL CATASTRO	
Densidad Poblacional (hab/Ha)	12.37
Área de Servicio (Ha)	1525.54
Población Total	18870.88

Elaboración: Autor.

Tabla 27 Densidad y Población Actual por Sectores de Servicio.

POBLACIÓN ACTUAL POR SECTOR DE SERVICIO					
Sector No.-	Nombre	m2	Ha	Densidad Actual	Población Actual
S1	San Pedro	2321620.6	232.16	12.74	2957.74
S2	Trinidad	3000080.1	300.01	16.02	4806.13
S3	Pumayunga	1642647.4	164.26	6.27	1029.94
S5	Sigchococha	3120667.7	312.07	8.81	2749.31
S4	Pan de Azucar	5170341.9	517.03	14.18	7331.54
	Total	15255357.8	1525.54		18874.67

Elaboración: Autor.

Para el cálculo de la población futura se utilizó la base de datos en ArcGIS de las áreas y densidades proyectadas hasta el año 2030 utilizada por la empresa ETAPA EP y se emplazó el área del sistema Culebrillas dentro de esta base de datos; automáticamente el programa calcula la densidad poblacional correspondiente a nuestras áreas de estudio para el año 2015, 2020, 2030.

A continuación se detalla la población proyectada 2020 y 2030 por Sectores.

Tabla 28 Población Proyectada 2020 en base a la Densidad Total y al Área Total de Servicio.

POBLACIÓN 2020 PROYECTADA EN BASE A DENSIDAD Y AREA TOTAL DE SERVICIO	
Densidad Poblacional Total Año 2020 (hab/Ha)	15.35
Área de servicio Total (Ha)	1525.54
Población Total Proyectada Año 2020	23416.97

Elaboración: Autor.

Tabla 29 Población y Densidad Proyectada por Sectores de Servicio.

POBLACIÓN 2020 PROYECTADA POR SECTOR DE SERVICIO					
Sector No.-	Nombre	m2	Ha	Densidad 2020	Población 2020
S1	San Pedro	2321620.64	232.16	16.54	3839.96
S2	Trinidad	3000080.1	300.01	20.71	6213.17
S3	Pumayunga	1642647.43	164.26	7.80	1281.26
S5	Sigchococha	3120667.71	312.07	9.81	3061.38
S4	Pan de Azucar	5170341.91	517.03	17.42	9006.74
	Total	15255357.79	1525.54		23402.50

Elaboración: Autor.

Tabla 30 Población Proyectada 2030 en base a la Densidad Total y al Área Total de Servicio.

POBLACIÓN 2030 PROYECTADA EN BASE A DENSIDAD Y AREA TOTAL DE SERVICIO	
Densidad Poblacional Total Año 2030 (hab/Ha)	18.72
Área de servicio Total (Ha)	1525.54
Población Total Proyectada Año 2030	28558.03

Elaboración: Autor.

Tabla 31 Densidad y Población Proyectada por Sectores de Servicio.

POBLACIÓN 2030 PROYECTADA POR SECTOR DE SERVICIO					
Sector No.-	Nombre	m2	Ha	Densidad	Población
S1	San Pedro	2321620.6	232.16	20.86	4842.90
S2	Trinidad	3000080.1	300.01	25.73	7719.21
S3	Pumayunga	1642647.4	164.26	9.62	1580.23
S5	Sigchococha	3120667.7	312.07	11.06	3451.46
S4	Pan de Azucar	5170341.9	517.03	21.20	10961.12
	Total	15255357.79	1525.54		28554.92

Elaboración: Autor.

Tabla 32 Resumen Población Actual y Proyectada por Sectores de Servicio.

SECTOR NO.-	NOMBRE	POB. ACTUAL	POBLACION PROYECTADA	
		2015	2020	2030
S1	San Pedro	2957.7447	3839.96	4842.90
S2	Trinidad	4806.128321	6213.17	7719.21
S3	Pumayunga	1029.939938	1281.26	1580.23
S5	Sigchococha	2749.308248	3061.38	3451.46
S4	Pan de Azucar	7331.54483	9006.74	10961.12

Elaboración: Autor.

3.7.2 CALCULO DE CAUDALES

Consumo Medio Diario (Qm)

Es el consumo que se registra durante 24 horas del día resultando ser el promedio de los consumos diarios durante un año expresados en l/s.

En caso de no disponer de esta información, el valor del consumo medio diario adopta el valor del producto de la dotación media futura por el número de habitantes que serán abastecidos al final del periodo.

$$Qm = \frac{Dot.* Pob.}{86400} * f$$

En donde: Qm = Caudal medio en lt. /seg.

Dot. = Dotación media futura en lt. / Hab. * día

Pob. = Población futura.

f = Factor de fugas.

Tabla 33 Porcentaje de Fugas en Sistema de Agua Potable.

NIVEL DE SERVICIO	PORCENTAJE DE FUGAS
I a y I b	10%
II a y II b	20%

Fuente: Catastro Empresa Municipal ETAPA EP.

Consumo Máximo diario (CMD)

Es la demanda máxima que se presenta en un día del año. Es el consumo máximo que se registra en cierto día del año, expresado en lt. / seg.

Este valor está relacionado con el consumo medio diario.

$$\text{CMD} = \text{KMD} * \text{Qm}$$

En donde: KMD = Factor de mayoración máximo diario

Qm = Consumo medio diario.

Tabla 34 Valores de KMD por Población.

Población	KMD
Menores a 1000 hab.	1.25
Mayores a 1000 hab.	1.3 – 1.5

Fuente: Catastro Empresa Municipal ETAPA EP.

Consumo Máximo Horario (CMH)

Es el gasto máximo que se registra en una hora determinada durante un año completo, se expresa en lt. / seg.

El CMH está relacionado con el consumo medio diario por lo que se determina multiplicando el CMD por un factor de mayoración máximo horario establecido en función de la posibilidad de que un grupo entero de usuarios consuman agua simultáneamente en un momento dado.

$$\text{CMH} = \text{KMH} * \text{Qm}$$

En donde: KMH = Factor de mayoración máximo horario.

Qm = Consumo medio diario.

Tabla 35 Valores de KMH por Población.

Población	KMH
Menores a 1000 hab.	3
Mayores a 1000 hab.	2 – 2.3

Fuente: Catastro Empresa Municipal ETAPA EP.

A continuación se detalla el caudal actual total y el caudal actual por sectores de servicio.

Tabla 36 Calculo de Caudal Total.

CAUDAL TOTAL ACTUAL		
Catastro de Usuarios:	U	4729
No.- hab/fam	U	4
Población:	hab	18916
Dotación:	l/H/d	250
Índice de Perdidas	f	1.2
Qmd	l/s	65.68
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	85.38
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	131.36

Elaboración: Autor.

Tabla 37 Caudal Actual Sector San Pedro.

CAUDAL ACTUAL SAN PEDRO		
Población:	hab	2957.74
Dotación:	l/H/d	250
Índice de perdidas	f	1.2
Qmd	l/s	10.27
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	13.35
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	20.54

Elaboración: Autor.

Tabla 38 Caudal Actual Sector Trinidad.

CAUDAL ACTUAL TRINIDAD		
Población:	hab	4806.13
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	16.69
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	21.69
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	33.38

Elaboración: Autor.

Tabla 39 Caudal Actual Sector Pumayunga.

CAUDAL ACTUAL PUMAYUNGA		
Población:	hab	1029.94
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	3.58
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	4.65
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	7.15

Elaboración: Autor.

Tabla 40 Caudal Actual Sector Pan de Azúcar.

CAUDAL ACTUAL PAN DE AZÚCAR		
Población:	hab	7331.54
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	25.46
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	33.09
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	50.91

Elaboración: Autor.

Tabla 41 Caudal Actual Sector Sigchococha.

CAUDAL ACTUAL SIGCHOCOCHA		
Población:	hab	2749.31
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	9.55
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	12.41
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	19.09

Elaboración: Autor.

A continuación detallamos los caudales proyectados para el año 2020 y 2030 por sectores de servicio

Tabla 42 Caudal Proyectado al 2020 Sector San Pedro.

CAUDAL 2020 SAN PEDRO		
Población:	hab	3839.96
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	13.33
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	17.33
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	26.67

Elaboración: Autor.

Tabla 43 Caudal Proyectado al 2020 Sector Trinidad.

CAUDAL 2020 TRINIDAD		
Población:	hab	6213.17
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	21.57
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	28.05
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	43.15

Elaboración: Autor.

Tabla 44 Caudal Proyectado al 2020 Sector Pumayunga.

CAUDAL 2020 PUMAYUNGA		
Población:	hab	1281.26
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	4.45
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	5.78
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	8.90

Elaboración: Autor.

Tabla 45 Caudal Proyectado al 2020 Sector Pan de Azúcar.

CAUDAL 2020 PAN DE AZUCAR		
Población:	hab	9006.74
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	31.27
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	40.66
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	62.55

Elaboración: Autor.

Tabla 46 Caudal Proyectado al 2020 Sector Sigchococha.

CAUDAL 2020 SIGCHOCOCHA		
Población:	hab	3061.38
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	10.63
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	13.82
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	21.26

Elaboración: Autor.

Tabla 47 Caudal Proyectado al 2030 Sector San Pedro.

CAUDAL 2030 SAN PEDRO		
Población:	hab	4842.90
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	16.82
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	21.86
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	33.63

Elaboración: Autor.

Tabla 48 Caudal Proyectado al 2030 Sector Trinidad.

CAUDAL 2030 TRINIDAD		
Población:	hab	7719.21
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	26.80
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	34.84
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	53.61

Elaboración: Autor.

Tabla 49 Caudal Proyectado al 2030 Sector Pumayunga.

CAUDAL 2030 PUMAYUNGA		
Población:	hab	1580.23
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	5.49
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	7.13
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	10.97

Elaboración: Autor.

Tabla 50 Caudal Proyectado al 2030 Sector Pan de Azúcar.

CAUDAL 2030 PAN DE AZUCAR		
Población:	hab	10961.12
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	38.06
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	49.48
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	76.12

Elaboración: Autor.

Tabla 51 Caudal Proyectado al 2030 Sector Sigchococha.

CAUDAL 2030 SIGCHOCOCHA		
Población:	hab	3451.46
Dotación:	l/H/d	250
Índice de pérdidas	f	1.2
Qmd	l/s	11.98
Factor may. max. Diario	KMD	1.30
QMD	l/s	15.58
Factor may. max. Horario	KMH	2.00
QMH	l/s	23.97

Elaboración: Autor.

Evaluación de la Estación de Bombeo: Sigchococha.

En la siguiente tabla se detalla la evaluación de la estación de bombeo en las condiciones actuales; se ha utilizado como dato de población la información proporcionada por ETAPA EP, la que está en función del número de usuarios existentes abastecidos por bombeo (año 2015).

Tabla 52 Calculo de Caudal de Bombeo año 2015 Sector Sigchococha.

Paso	Datos	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio	Resultado	Símbolo	Valor	Unidad
1	Población Actual	Pa	624	hab					
	Periodo de diseño	n		años					
	Tasa de crecimiento anual	r	1.3	%	$P_d = P_a (1 + 0.01 r)^n$	Población de diseño	Pd	624	hab
2	Dotación futura	D	250	l/hab/día	$Q = \frac{D * P_d}{86400} * (1 + p / 100)$	Caudal medio	Q	2.17	l/s
3	Porcentaje de pérdidas	p	20	%					
	Coefficiente día máximo	K1	1.2		$Q_{mh} = Q * K_2$	Caudal máximo horario	Qmh	6.50	l/s
	Coefficiente hora máximo	K2	3		$Q_{md} = Q * K_1$	Caudal máximo diario	Qmd	2.60	l/s

Elaboración: Autor.

Tabla 53 Calculo de Potencia de la Bomba año 2015 Sector Sigchococha.

Paso	Datos	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio	Resultado	Símbolo	Valor	Unidad
1	Caudal Maximo Diario	Qmd	2.60	l/s					
	Tiempo de Bombeo (Inf. Mantenim.)	Tb	18	horas	$Q_b = \frac{Q_{md} * 24 * K_b}{T_b}$	Caudal de Bombeo	Qb	3.64	l/s
	Coefficiente de Bombeo	Kb	1.05	m/h				13.10	m3/h
2	Coefficiente de Fricción (PVC)	C	130		$hf = \frac{10665 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}}$	Pérdidas en la impulsión	hf1	1.24	m
	Longitud de la impulsión	L	675	m		Perdida en la caseta	hf2	0.21	m
					$K = \frac{T_b}{24}$	Factor Horario	K	0.7500	
	Diametro de la Impulsión	D	110	mm	$D = 1.3 * K^{1/4} * \sqrt{Ql}$	Diametro aproximado	Da	73.0	mm
					$0.6 \leq v_i \leq 0.9$	Velocidad en la impulsión	vi	0.10	m/s
3	Pérdidas de fricción accesorios								
	Lg equivalente de codo	Lg1	2						
	Lg equivalente de Tee	lg2	4.30						
	Peso específico del agua	γ	1000	kg/m3					
	Rendimiento de las bombas	η	0.6						
4	Cota de la estacion de Bombeo	Cb	2916	msnm	$H_b = C_r - C_b$	Altura de Impulsión	Hb	149.00	m
	Cota de la Reserva	Cr	3065	msnm	$H = H_b + hf1 + hf2$	Altura total de impulsión	H	150.45	m
					$P = \frac{\gamma * H * Q}{75 * \eta}$	Potencia requerida	P	12.17	Hp
						Potencia instalada	P	15.00	Hp

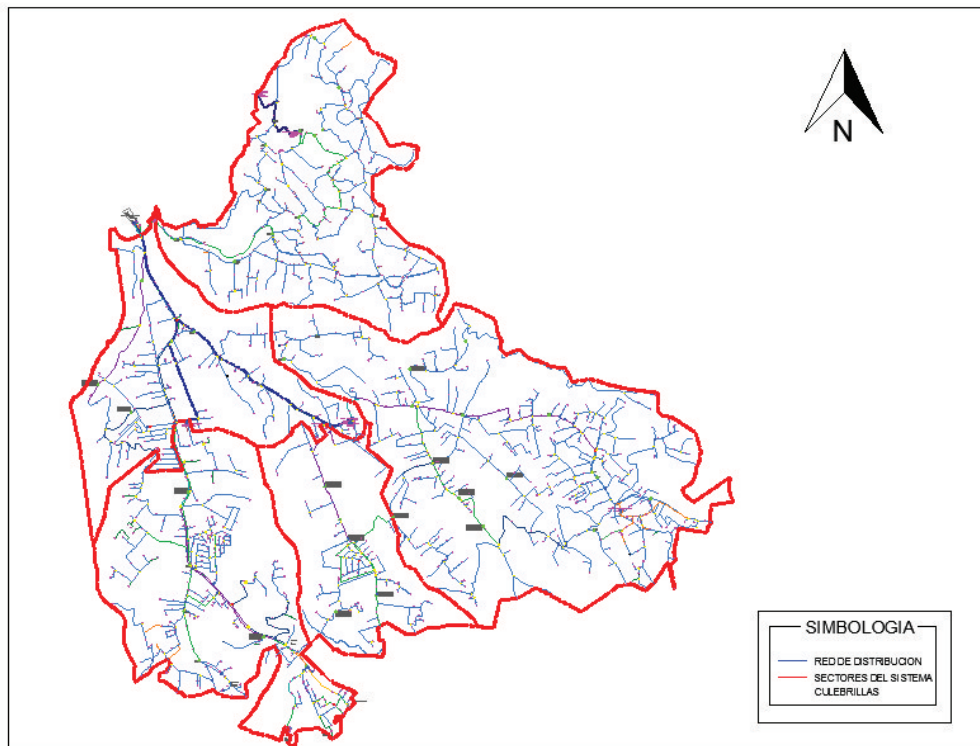
Elaboración: Autor.

3.7.3 DISCRETIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE CONSUMO

Para la discretización de las áreas de consumo de la red fue necesario digitalizar y actualizar los elementos hidráulicos del catastro actual del sector Culebrillas conocidos como nodos, los cuales nos ayudaran a marcar los límites de las áreas de consumo para cada uno de ellos.

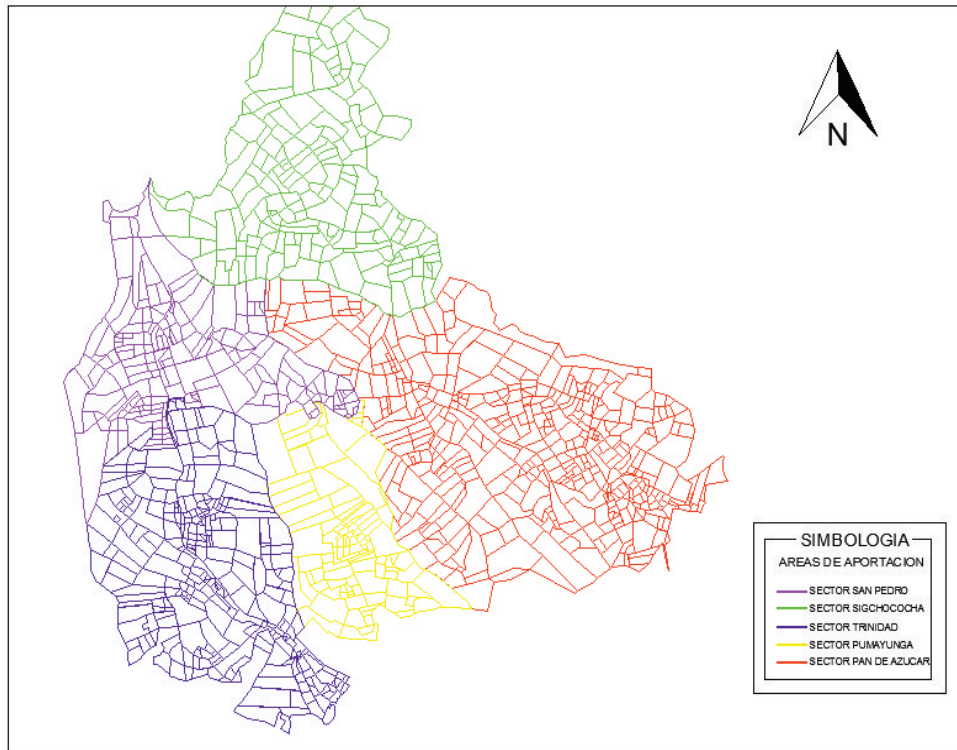
Para trabajar en el ArcMap asignamos propiedades a las tuberías y accesorios como: cotas, tipo de accesorio, material, longitud de las tuberías, etc.

Fig. 16 Esquema del Área Total del Proyecto culebrillas.



Fuente: Culebrillas ArcMap - ArcInfo.

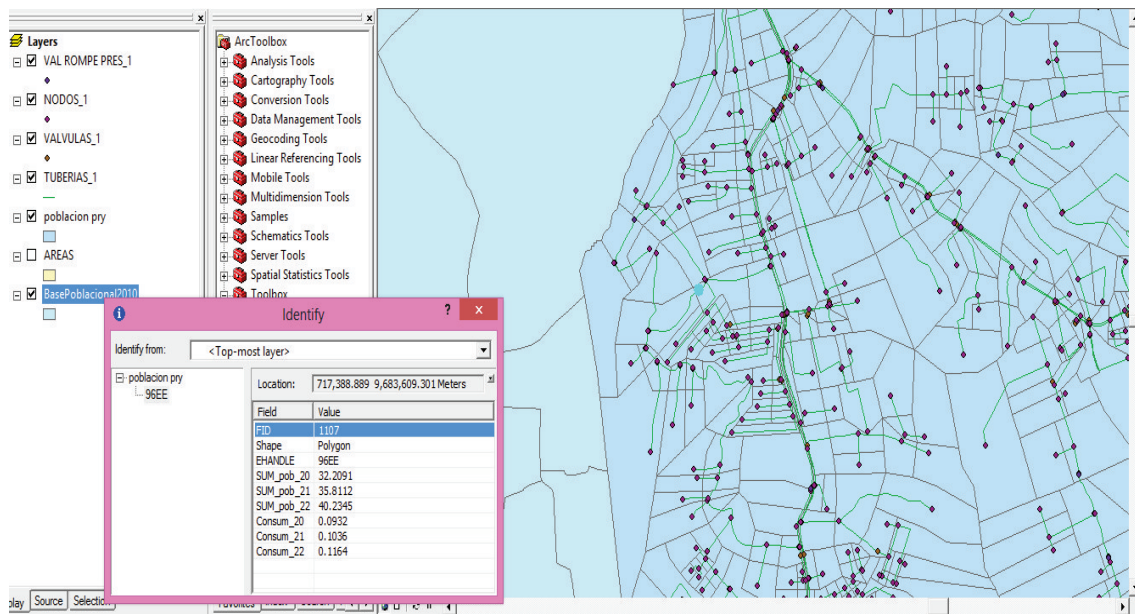
Fig. 17 Sectorización Total del Proyecto culebrillas.



Fuente: Culebrillas ArcMap - ArcInfo

En el ArcMap tenemos la facilidad de trabajar con la base de datos poblacional del cantón Cuenca, mencionada anteriormente; y la acoplamos a nuestras áreas de aporte.

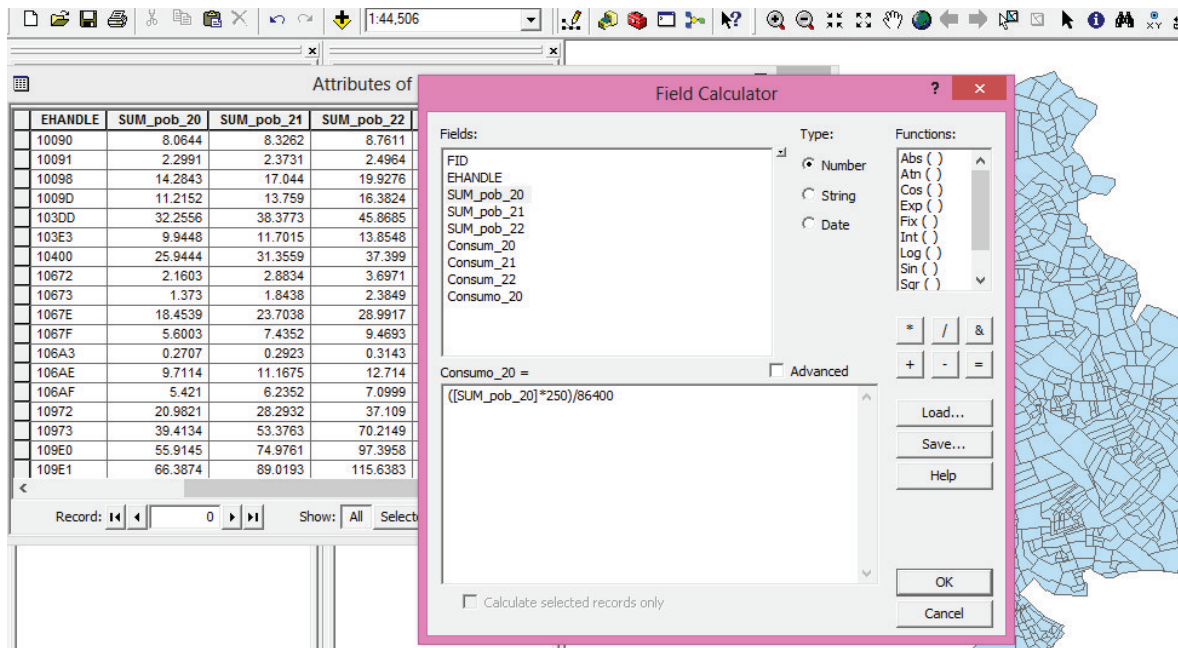
Fig. 18 Red Proyecto Culebrillas.



Fuente: Culebrillas ArcMap - ArcInfo.

Una vez creado el archivo que contiene las densidades poblacionales correspondientes a cada área, creamos tres campos para los consumos los cuales se van a calcular usando las formulas indicadas anteriormente de Consumo medio diario (Qm); (consumo_20 para el año 2015, consumo_21 para el año 2020, consumo_22 para el año 2030); con una dotación de 250 para el sector de Culebrillas, de esta manera podemos analizar cada área con su respectivo consumo por medio de la tabla de atributos, con estos resultados exportamos el archivo al WaterGEMS V8i.

Fig. 19 Visualización Comando “Field Calculator” para el Cálculo de Consumos.



Fuente: Culebrillas ArcMap - ArcInfo.

3.8 ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO PARA DISTINTOS ESCENARIOS.

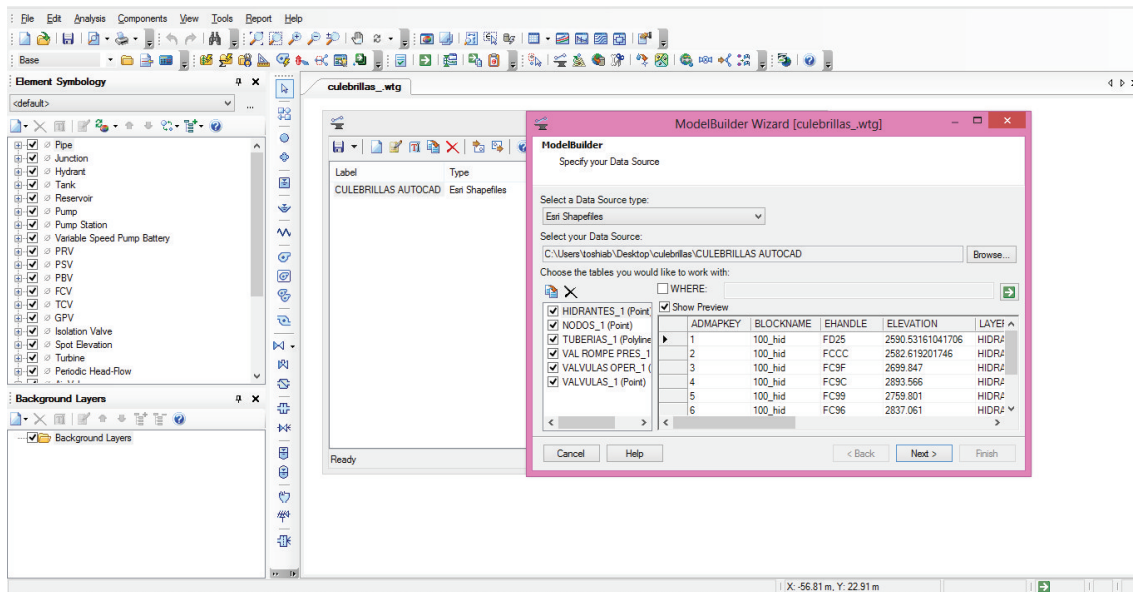
El modelo hidráulico es una herramienta que nos facilita trabajar en un medio dinámico y más real.

Es importante elegir las unidades con las que deseamos trabajar, en nuestro caso elegimos metros (m). Este programa nos da la facilidad de elegir que elementos van a ser creados, removidos, actualizados y las unidades con las que deseamos trabajar.

El WaterGEMS es compatible con otros programas por lo que hay que definir qué campo va a ser la conexión entre el modelo en WaterGEMS y los archivos de shape files de ArcMap, en este caso usaremos el campo “Label” ya que es el común entre estos archivos.

En este paso unimos los atributos de cada nodo, tubería, accesorio, etc. usados en el ArcMap; con los atributos campos correspondientes del ModelBuilder del WaterGEMS; se puede decir que este paso es el más importante de todo el proceso, necesario para que nuestro sistema de distribución modelado en el ArcMap pueda funcionar correctamente en este nuevo programa.

Fig. 20 Visualización Programa WaterGEMS, Comando “ModelBuilder”.



Fuente: Culebrillas- WaterGEMS V8i.

Al poner en marcha nuestra modelación se ven reflejados los nodos con sus respectivas demandas, tanques, tuberías y accesorios con todas sus propiedades como coordenadas, cotas, en caso de las tuberías podemos ver los diámetros, longitud, velocidad, etc.

El programa nos ayuda a visualizar como está funcionando toda la red actualmente, de una forma dinámica y así poder detectar en donde se encuentran los errores.

3.9 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.

Una vez realizada la modelación, se evaluaron todas las tuberías existentes en la red de distribución, tomando en cuenta que los resultados generados por el programa están basados en la obtención de la demanda de cada nodo. Es por esto que se procesó la información digital de las áreas de distribución asignándoles un número o ID correspondiente a cada nodo; pero siempre basándose en la distribución de la tubería, la densidad poblacional de las zonas de catastro y los consumos de los usuarios.

Dentro de esta modelación se han creado tres escenarios los cuales corresponden a los años 2015, 2020 y 2030.

En el escenario 2015 podemos ver como se encuentra la capacidad de distribución actual y en donde se ubican los puntos críticos con presiones que se encuentran fuera

de los parámetros aceptables, es decir son los que están generando falencias en la distribución de agua potable.

Para solución de este exceso de presión se debe colocar válvulas reductoras de presión como se observa en el Anexo 1, de esta manera se corrigen las altas presiones en cada sector.

A continuación se detalla en una tabla la variación de presiones en cada punto crítico.

Tabla 56 Análisis de Alternativas Presiones Actuales y Corregidas por Sectores.

SECTOR SIGCHOCOCHA				
NODO	RANGO PRESIONES ACTUALES (m.c.a.)		RANGO PRESIONES CORREGIDAS(m.c.a.)	
	P. MIN	P. MAX	P. MIN	P. MAX
3663NOD	72.1	117.2	30.4	75.5
3685NOD	88.6	168.9	34.9	45.6
3682NOD	57.6	100.2	34.8	60
3710NOD	58.8	85.9	41.3	68.4
3694NOD	42.3	77.1	24.7	59.5
3653NOD	67.8	96.2	34.9	63.4
3730NOD	168.9		45.6	
SECTOR SAN PEDRO				
3509NOD	61.7	75	38.7	52.1
3572NOD	52.7	90.9	32	70
3588NOD	77.9	84.1	40.8	47
SECTOR TRINIDAD				
J-247	50.2	84.8	44.6	79.7
3494NOD	71	85.7	28.8	43.5
3550NOD	139.9	172.8	42.4	75.3
3437NOD	101.5	145.8	22.9	67.1
3864NOD	111.4	164	32.6	85.4
3487NOD	70.2	71.7	66.6	68.1
3488NOD	86.8	94.1	38	45.3
3424NOD	87	113.3	32.1	56.4
3464NOD	73.9		36.7	
3490NOD	102.8	128.2	36.7	62.1
3394NOD	63.9	79.4	28.2	43.7
3961NOD	98.6		49.8	
SECTOR PAN DE AZUCAR				
3124NOD	68	95.1	33.1	60.2

3139NOD	65.9	97.9	31.6	63.6
3130NOD	75.6	106.7	37	68
4203NOD	75.2	105.3	36.9	66.9
3010NOD	81.2	91.9	43.6	54.2
3037NOD	94.7		48.1	

Elaboración: Autor.

De esta manera ha sido como se ha efectuado las correcciones para que el sistema funcione de mejor manera luego de haber hecho un estudio para encontrar los sitios estratégicos para la adición de las válvulas rompe presiones y válvulas de control, cabe mencionar que las válvulas rompe presiones han sido calibradas de tal manera para que su presión de salida sea de 20 y 30 (m.c.a).

Para solucionar las bajas presiones en el sector Pan de Azúcar la válvula reductora de presión VRP6001 ubicada en la "Y" de la vía a El Carmen a una cota de 2877.23msm. con presión aguas arriba de 38.3 m.c.a. y aguas abajo de 9.2 m.c.a, está provocando presiones bajas en las viviendas cercanas a la reserva de Pan de Azúcar R2 puesto que en su trazado existe un tramo con cotas de 2870 msnm valor cercano al de la válvula reductora de presión. Como solución de este caso eliminamos la válvula reductora de presión y de esta manera se tiene presiones aceptables agua abajo de la misma.

En esta evaluación encontramos tramos de tuberías con velocidades bajas en el sector de Sigchococha, esto se debe a que en esta zona existen medidores que marcan un caudal cero por lo tanto la velocidad será cero.

Para los escenarios 2020 y 2030 podemos indicar que las velocidades en la mayor parte de la red disminuyeron poco en comparación al 2015 debido al aumento de la demanda; pero se mantiene en rangos de velocidad aceptable.

En los tramos donde la velocidad aumento se propuso cambio de tubería de tal forma que se encuentren dentro de los límites de velocidad. Los cambios realizados son los siguientes:

Tabla 57 Cambio de Tuberías.

CAMBIO DE TUBERIA			
TUBERIA	DIAMETRO ANTERIOR (mm)	DIAMETRO NUEVO (mm)	LONGITUD (m)
8039TUB	32	63	81.66
7211TUB	32	63	80.07
8084TUB	32	63	171.72
P-114	63	200	305.77
P-108	63	160	169.61
P-107	63	90	88.11
7775TUB	63	160	123.29
7668TUB	63	160	140.45
7673TUB	63	90	355.65
7690TUB	63	90	56.28

Elaboración: Autor.

CAPÍTULO 4 ESTUDIO ECONÓMICO Y AMBIENTAL

4.1 PRESUPUESTO.

Para el presupuesto a invertir en ampliaciones y cambios que vayan a realizarse en los diferentes componentes del sistema, se utilizó el programa utilizado por la empresa ETAPA EP. para los rubros respectivos.

Los precios unitarios usados en esta evaluación hidráulica han sido tomados de la base de datos “B-FEB-2015” de la Empresa Etapa Ep.

A continuación se detallan los precios unitarios de los rubros y el presupuesto estimativo de la ampliación y cambios a realizarse en la red de distribución.

4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Disposiciones Generales

Las especificaciones técnicas que se describen a continuación se encuentran disponibles en la Empresa ETAPA EP. y sirven de guía para la construcción de las obras civiles que ., realiza en el Cantón Cuenca.

Estas especificaciones tienen el carácter de generales y cumplirán su objetivo cuando se complementen con especificaciones técnicas particulares para cada proyecto que la empresa lleve adelante.

Si no consta en este documento especificación técnica que regule una o más actividades, se consideraran incluidas las especificaciones del Reglamento de Construcciones de Concreto Reforzado (ACI318-83) y Comentarios, Especificaciones Técnicas de la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental.

Replanteo

El emplazamiento de la obra se realizará con las alineaciones y cotas que constan en los planos.

El emplazamiento, con los requerimientos que esta actividad demande, será de cuenta del Constructor y constarán en el rubro único de replanteo.

La verificación de los datos y el control horizontal y vertical de obra es de responsabilidad del Contratante a través de la fiscalización.

Antes de procederse al movimiento de tierras, deben identificarse las interferencias que pudieran darse con las obras existentes, y la elaboración de un programa para evitar daños en las obras y/o terceros.

Medición y forma de pago

Cuando se trate de áreas, la unidad de medida será el metro cuadrado y en el caso de ser lineal, la unidad de medida será el metro lineal para preparar las planillas se considerara como válido.

Excavaciones

Excavaciones de zanjas a máquina

La excavación se clasificará en los siguientes rubros como:

- Excavación sin clasificar
- Excavación en conglomerado

Excavación mecánica sin clasificar

Es la remoción de suelo mediante la utilización de maquinaria tales como: retroexcavadora, Bulldozer, etc., en estratos de baja consolidación de clasificación como suelo común, arcillas, linos, arenas y que puede existir presencia de molones de roca sueltos que no requieran de actividades complementarias para su remoción.

Excavación mecánica en conglomerado

Es la remoción del estrato de mediana consolidación y que se reconocen por la presencia de destritos, molones, arcillas, areniscas, suelo y que para el corte presenta mayor dificultad que el suelo anterior, permitiendo conseguir taludes de inclinación, sin peligro de mayores desprendimientos, el grado de consistencia es de fácil apreciación al momento de realizar el corte, y no requiere de ninguna acción complementaria para su movimiento.

Medición y forma de pago

De acuerdo con las dimensiones especificadas las excavaciones se pagarán por metro cúbico, y la medición se la realizará en obra y serán válidas únicamente las establecidas por los planos de diseño y lo señalado en las especificaciones técnicas generales.

Profundidad de la excavación mecánica

Cuando la excavación se realiza a cielo abierto, dependiendo del estudio de suelos, se fijarán las inclinaciones de taludes.

Se entiende como profundidad de la excavación, la extracción de material hasta conseguir llegar al plano de asentamiento de la estructura, y en función del rendimiento de la maquinaria, se establecen los siguientes niveles.

Excavación a máquina de 0 a 2 m: se conceptúa como la extracción de material desde el nivel del terreno en condiciones originales, hasta una profundidad de 2 m.

Excavación a máquina de 2 a 4 m: se conceptúa como la extracción de material desde el nivel del terreno a una profundidad de 2 m. hasta una profundidad de 4 m.

Excavación de 4 a 6 m: se conceptúa como la extracción de material desde el nivel del terreno a una profundidad de 4 m. hasta una profundidad de 6 m.

Excavación a mano

Comprende las actividades para remover el suelo utilizando herramientas manuales, como picos, palas, puntas, combos, etc., y que están supeditadas exclusivamente al esfuerzo humano.

Esta excavación se reconoce en todos los niveles (0-2 m, 2-4 m y 4-6 m), en presencia de agua y en las clasificaciones del suelo. El fiscalizador determinará el tipo de excavación en cada obra.

Instalación de tuberías

El Constructor está obligado a cumplir las especificaciones del fabricante respecto al manipuleo, transporte, y bodegaje, y responderá desde la fábrica hasta el sitio de instalación. Cualquier deformación, fractura, golpes o mal funcionamiento, el Constructor está obligado a realizar el cambio del o de los tubos y accesorios calificados como no aptos.

Los empalmes instalados de accesorios, cámaras de medición, etc., tienen que realizarse en el mismo plano horizontal, debiendo considerarse los niveles de llegada para planificar los empalmes.

Cuando debe empalmarse un sistema existente con uno nuevo, será condición principal iniciar los trabajos de excavación e instalación, desde el punto del sistema existente y la tubería nueva y los accesorios deben ir en un solo plano horizontal.

La profundidad proyectada para la matriz de agua potable será de 1.20m, dependiendo del tipo de vía que se instale. En el caso de caminos en tierra y sin proyecto vertical, la profundidad mínima es de 1.80 m, para evitar daños en la tubería al momento de la conformación de la estructura de la vía.

La tubería deberá asentarse sobre material granular, previamente aprobado por fiscalización, de 0.10 m. de espesor y cuyo costo se considera incluido en la instalación.

Para la junta y/o unión de los tramos de tubería, el Constructor estará obligado a cumplir las especificaciones del fabricante de acuerdo al tipo de unión; y presentará a la fiscalización los manuales, catálogos, normas del fabricante antes de iniciar la excavación.

No se realizarán instalaciones bajo el agua o en condiciones de no poder verificar visualmente, y todo accesorio será comprobado para evitar fugas a la presión de trabajo.

Es obligación del Constructor, el almacenamiento de tubería y accesorios, cumpliendo las especificaciones del fabricante, la conservación y vigilancia los realizará el Constructor sin que esta actividad represente costo adicional al proyecto, entendiéndose que están incluidos en los costos indirectos.

La tubería instalada no puede quedar expuesta a la intemperie, porque el relleno y las pruebas deben ser inmediatos, si se incumplieren de esta especificación y la tubería y/o accesorios sufrieren daños por acciones naturales, ambientales o humanas, la responsabilidad será del Constructor y los arreglos hará el contratista a su costa.

Luego de realizadas las pruebas hidrostáticas y antes de cubrirse las tuberías deberá procederse a inspeccionar las juntas para verificar si las uniones se encuentran dentro de las marcas.

Antes de realizar la instalación debe retirarse las rebabas, limpiarlas secar, revisar y corregir el bisel de ser necesario y la longitud de entrada debe marcarse con claridad.

En el caso de unión la elastomérica, el caucho debe estar limpio y colocado correctamente en la ranura y asegurarse que bien asentado, lubricado uniformemente la longitud de la espiga para alinear la tubería en ambos planos, y no se debe tratarse de introducirse en ángulo, para empujar el tramo hasta la marca prefijada.

La tubería debe probarse después de unas cuantas uniones y con una longitud máxima de 1.000 m, y la presión de prueba de la red debe ser 1.5 veces la presión de trabajo de la misma.

La instalación para las pruebas hidrostáticas debe ser continuas, sin que sea buena práctica instalar primero varios tramos, para luego de las pruebas unir la red con neoplos y uniones.

Como regla general no debe adelantarse demasiado la excavación respecto de la colocación de la tubería, estableciéndose una longitud máxima no mayor a un día de avance de la instalación. La zanja tendrá un ancho de la base de $A=D+0.5$, hasta una profundidad de 1.80 m, las paredes serán verticales y no se reconocerán sobre anchos en la excavación.

Para impedir la entrada en la tubería de objetos extraños que pueden producir obstrucciones, se colocarán tapones adecuadas en los extremos de la tubería al final de cada tarea. La inobservancia a esta especificación por parte del Constructor será

considerada como negligencia y los costos de reparación de los daños serán por su cuenta.

Ventajas de la tubería PVC:

- Resistente a la presión hidrostática y a temperaturas extremas.
- Alta flexibilidad
- Bajo módulo de elasticidad y alta resistencia al golpe de ariete
- No acumula sedimentos
- No sufre reacción electrolítica.
- No se corroe
- Máxima seguridad en la unión
- Diámetros: 25 mm, 32 mm, 63 mm, 90 mm, 100 mm, 110 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm.

Medición y forma de pago

Será por metro de tubería instalada de acuerdo al diámetro y material.

Cajas de válvulas

Comprende la construcción de la estructura de protección de la válvula y sirve para efectuar las labores de operación y mantenimiento, del elemento o de la red de agua potable.

La estructura está compuesta por:

La cámara en donde se aloja la válvula, tendrá en su base un diámetro de 0.90 m y las paredes serán cónicas, con una parte vertical en donde se vaciarán los peldaños de hierro de 18 mm de diámetro para facilitar el ingreso de personal.

La paredes cierran en una boca circular de 0.60 m de diámetro, para albergar una tapa de 0.70 m de diámetro.

Las paredes de la cámara pueden ser fundiciones de hormigón en sitio, o se utilizarán anillos prefabricados. En el primer caso se utilizará cofre de madera con la cara de fundición en duela machimbrada o con madera contrachapada, o pueden ser moldes metálicos.

El espesor de la pared será en 0.10 m y el hormigón tendrá una resistencia igual o mayor a 210 kg/cm² cumpliendo con lo especificado en el capítulo de hormigones.

La tapa llevará doble armadura, una superior y otra inferior, con los diámetros y dimensiones del hierro, según consta en el diseño. Tendrá en su borde una platina perimetral de hierro de 4 mm de espesor.

La tapa llevará instalada una caja de válvulas, ubicada en línea directa hacia el vástago de la válvula, situación que obligará a tomar precauciones en la construcción de la cámara.

El fondo de la cámara, estará al nivel del plano de asentamiento de la válvula y será a este nivel que se llene con ripio o grava, no se construirá pisos de hormigón, sino únicamente el material granular para permitir infiltraciones que impedirán el anegamiento por lluvia de la cámara, para el anillo se construirá un cimiento de H.C.

Para iniciar la construcción de la cámara, se replanteara respecto al eje del vástago de tal forma que al terminar la caja de válvula de la tapa, coincida con el vástago.

Medición y forma de pago

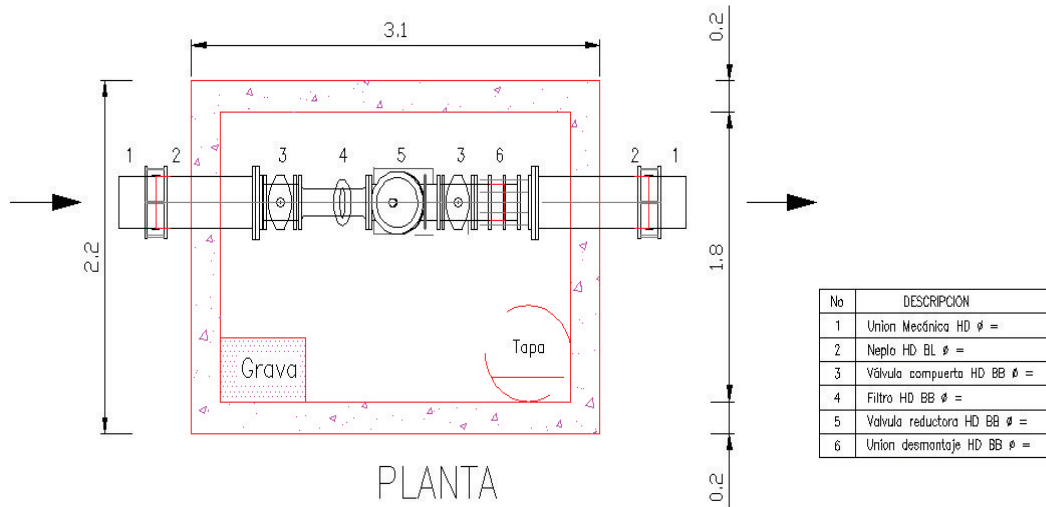
La forma de pago será por unidad terminada, incluyendo la tapa con la caja de válvula.

En el caso de cajas de válvulas que en los planos de diseño indiquen que serán contruidos únicamente con tubería de hormigón y tapa de hormigón, estas estarán sujetas a la aprobación de la fiscalización, y el pago se realizará de acuerdo a los rubros del contrato.

Queda indicado que los materiales que conformen la caja de válvulas serán de probada calidad y para su instalación debe contarse primero con la aprobación de la fiscalización.

Fig. 21 Esquema Estación Reductora de Presión.

ESQUEMA GENERAL DE LA ESTACION REDUCTORA DE PRESION



Fuente: ETAPA EP.

Válvula reductora de presión

WATTS:

La válvula reductora de presión modelo 720 es una válvula de control de operación hidráulica accionada por diafragma, que reduce la presión alta aguas arriba a una presión menor y constante aguas abajo, sin que le afecten las fluctuaciones en la demanda o en la presión aguas arriba.

Características y Ventajas:

- Reducción de caudales y fugas
- Protección contra los daños por cavitación
- Amortiguación del ruido
- Protección contra roturas

- Ahorro en el mantenimiento del sistema
- Características y ventajas
- Impulsada por la presión en la línea: Operación independiente
- Mantenimiento sencillo en línea
- Cámara doble
- Reacción moderada de la válvula
- Diafragma protegido
- Diseño flexible: Permite incorporar funciones adicionales
- Variedad de accesorios – Perfecta adaptación
- Cuerpo ancho en “Y” o angular – Mínima pérdida de presión
- Flujo semirrecto, no turbulento
- Asiento elevado de acero inoxidable: Resistencia a los daños por cavitación
- Cavidad libre de obstáculos: Absoluta confiabilidad
- Tapón regulador V-Port: Estabilidad con bajos caudales

Relleno de zanjas para tuberías de agua potable

Realizada la excavación a máquina o a mano hasta el nivel de rasante en terreno natural; y para iniciar la instalación de la tubería será necesario colocar una altura igual a 10 cm de material granular (sin compactar), que servirá de lecho suave para que se asiente la tubería. El material usado para la conformación del lecho, se considerará incluido en el costo de instalación de la tubería, sin que tenga derecho el constructor a pago adicional por este concepto.

Solo en casos específicos de calidad de suelos granulares, o arcillas limo-arenosas, sin presencia de terrones y piedras y previa autorización del fiscalizador se podrá colocar directamente la tubería sobre la rasante del fondo de la zanja y debidamente alineada.

Instalada las tuberías de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante para cada caso, se procederá a rellenar la zanja con material clasificado, libre de terrones y piedras hasta 0.30 m. sobre la clave de la tubería, siempre que el material cumpla condiciones para el relleno.

La etapa de relleno se realizará colocando capas de 0.15 m de alto y compactadas mediante sistemas manuales o mecánicos, cuidando de que la tubería instalada no reciba impactos directos en el proceso de compactación que se regirá por lo especificado en el proyecto.

Cumplido este nivel se procederá a rellenarlo cumpliendo las especificaciones de compactación como consta en el proyecto.

El relleno en estas condiciones dejará libre las juntas, entre tramo y tramo de la tubería y quede libre hasta que se realicen las pruebas hidrostáticas de las tuberías.

El Constructor está obligado a observar las recomendaciones y especificaciones del fabricante, referente a deformaciones tolerables, ángulos máximos de instalación, y deflexiones y otras condiciones de cargas muertas y vivas que actúan en la red de tuberías.

Los rellenos en zanjas para tubería de agua potable, cumplirán lo que indica el capítulo de rellenos.

La altura mínima de relleno sobre la clave de la tubería será de 0.30m

Rellenos

Se define en el capítulo de rellenos, como el conjunto de actividades que se realizan para colocar material en las zanjas, desde el nivel del plano de asentamiento hasta el nivel original del suelo y/o hasta el nivel de la calzada de la vía, o hasta el nivel que ordene el Contratante.

Se especifica al relleno de acuerdo a su compactación: En relleno al volteo y relleno compactado, dependiendo del sitio en el que se realice la obra.

Relleno compactado.

Es el conjunto de actividades para rellenar las zanjas y terraplenes dentro de un proyecto específico.

No se efectuará el relleno de excavaciones sin antes no se cuenta con la aprobación escrita del Contratante y la calificación del material a utilizar, de lo contrario, el

Contratante se reserva el derecho de ordenar la extracción del material utilizando en los rellenos y no aprobados. El Constructor no tendrá derecho a retribución económica ni compensatoria por este trabajo.

Con la autorización para iniciar las labores de relleno el Contratante, a través de la Fiscalización comprobará pendientes, alineamiento y cotas del tramo que se rellenará.

El Constructor será responsable de cualquier desplazamiento o daño de la tubería y/o estructura que pudiera ser causado por procedimientos inadecuados de relleno, y el arreglo no concede derecho al Constructor para reconocerle pago adicional por los trabajos que efectúe para corregir el daño.

La tubería o estructura fundidas en sitio, no serán cubiertas de relleno, hasta que el hormigón adquiera suficiente resistencia para soportar las cargas. En el caso de tubería o estructuras prefabricadas, se esperará para que el mortero utilizado en las uniones adquiera la resistencia suficiente y pueda soportar la carga del relleno en condiciones óptimas.

Para obtener una densidad de acuerdo con lo especificado, el contenido de humedad del material a ser usado en el relleno debe ser óptimo. Si el material se encuentra demasiado seco, se añadirá la cantidad necesaria de agua y si existe exceso de humedad será necesario secar el material.

Para adicionar agua al material, se la realizará antes de que el material sea colocado en la zanja, debiendo ser mezclado con el agua fuera de la zanja hasta conseguir la humedad óptima. En caso contrario para eliminar el exceso de agua, el secado del material se realizará extendiendo en capas delgadas para permitir la evaporación del exceso de agua.

No se autorizará la colocación del material de relleno en condiciones de saturación o sobresaturación, ni permitir que el exceso de agua ceda por filtración en la zanja.

Cuando el relleno se efectúe en la calle o en los caminos sujetos a tráfico vehicular, serán rellenados utilizando compactadores mecánicos, como: rodillo compactador, compactador de talón o rodillo pata de cabra.

Para iniciar el relleno de las zanjas el Fiscalizador verificará, las paredes para que el relleno se realice cuidando que tengan un plano vertical desde el fondo hasta la superficie; y en caso de haberse producido derrumbes o defectos en el proceso de excavación originándose socavaciones o bóvedas que han impedido una correcta compactación del material de relleno, serán eliminadas mediante sobrexcautación; y

en caso de que el material lateral no sea apto para el relleno, se colocará en la zanja como material para las primeras capas.

Las primeras capas de relleno se las realizarán empleando tierra fina seleccionada, exenta de piedras, ladrillos o estructuras y el talud de la zanja se rellenará cuidadosamente con pala para darle un apisonamiento hasta alcanzar un nivel de 30 cm sobre la clave del tubo o de la estructura. Hasta este nivel el apisonamiento será manual o con un compactador de talón, cuidando de provocar deslizamientos y daños a la tubería o estructura. Luego en capas sucesivas, con un máximo de 0.3 m de material antes de compactar pero dependiendo de la calidad de material y equipo. La compactación será mecánica utilizando lo técnicamente aconsejable en cada caso.

Los rellenos en las zanjas, ubicadas en calles de fuerte pendiente superior al 5%, se cuidará que al término de cada capa superficial se utilice material que contenga piedras grandes para evitar el deslave del relleno, por el escurrimiento de aguas pluviales. Este de relleno será aplicado en tiempo de invierno y ante la amenaza de lluvias.

La construcción del terminado de pozos de revisión, incluyendo la instalación de sus cercos y tapas, se realizará simultáneamente con el terminado del relleno y/o capa de rodadura de la vía.

Material de relleno

En el proceso de relleno se utilizará de preferencia el material de la excavación, y cuando no fuese apropiado se seleccionará el que cumpla las condiciones técnicas con el visto bueno del Contratante por medio de la fiscalización.

El material de relleno puede ser cohesivo, pero cumplirá los siguientes requisitos:

1.- No contendrá material orgánico, ni residuos de plásticos u otros elementos que alteren la condición del material a usarse en el relleno.

2.- El Constructor no podrá utilizar el material ni iniciar las tareas de relleno sin la expresa autorización del Contratante, que puede ser a través del libro de obra o de una comunicación escrita.

3.- En rellenos de vías y caminos, el material a usarse en las últimas capas, será igual al empleado en la estructura del camino pero conservando los mismos espesores, y los rangos de compactación en cada caso, hasta recuperar el camino en sus condiciones originales, y las planillas se aplicaran a los rubros correspondientes.

Medición y forma de pago

La unidad de medida para el material a utilizarse en el relleno compacto será el metro cúbico, medido con las dimensiones de la excavación de la zanja, deduciéndose que se reconocerá el material colocado. El precio deberá considerar el volumen adicional de material para conseguir el grado de compactación especificado.

Desalojo

El desalojo consiste en la eliminación del sitio de la obra de todo residuo de material, sobrantes excavación o productos de demolición de estructuras. Para que se considere efectuado el rubro la Fiscalización constatará que el sitio de la obra y la zona de influencia este completamente limpia.

El desalojo se realizará únicamente a los sitios que fije la fiscalización y el pago se realizará por metro cúbico con los componentes cargados y transportados que consten en el contrato; así como los porcentajes por esponjamiento serán los que están determinados en estas especificaciones.

Coeficiente de esponjamiento.

Para establecer los volúmenes de transporte de materiales, el Contratista se sujetará a la clasificación establecida en estas especificaciones que se establece en los siguientes índices:

ROCA	40%
CONGLOMERADO	30%
TIERRA	25%
ARENISCA	20%
BASE, SUBBASE Y MEJORAMIENTO	28%

4.3 ANÁLISIS AMBIENTAL.

4.3.1 LOCALIZACIÓN Y ÁREA DE INFLUENCIA

El proyecto al encontrarse ubicado en el sector Noroccidente de la ciudad de Cuenca, comprende en gran parte la parroquia de Sinincay Norte y Este, en el Oeste

por una parte de la parroquia Sayausí, y en el Sur por la parroquia urbana de Bellavista.

Según la Ordenanza de Ordenamiento Territorial, aprobada en Julio de 1998 y su reforma del año 2002, este proyecto se encuentra dentro de los sectores de expansión urbana que por razones socioeconómicas y costumbres locales acogerán una parte del incremento poblacional urbano; dentro de la cual se ubican parte de las cabeceras y zonas periféricas de las parroquias de Baños, San Joaquín, Sayausí, Sinincay, Sidcay, Octavio Cordero,, Checa, Chiquintad, Llacao, Nulti, Paccha, El Valle, Turi y Tarqui. (Sáenz, 2008).

El proyecto Culebrillas comprende una extensión total de $A= 1524.97$ Ha, tiene una densidad poblacional actual de 12.97 Hab/Ha. Y una densidad poblacional futura al año 2030 de 19.84 Hab/Ha

Fig. 22 Zona de Influencia del Proyecto "Culebrillas".



Fuente: Google maps, ©2015 Google.

4.3.2 TOPOGRAFÍA

El proyecto Culebrillas se encuentra ubicado en la parte Norte – Oeste de la ciudad de Cuenca, aproximadamente a una distancia de 8 Km. del centro de la ciudad. El sector presenta cotas que varían entre los 2922 y 2670 metros sobre el nivel del mar; por lo que esta topografía presenta un relieve irregular el cual es común de la sierra Ecuatoriana.

4.3.3 USO DE SUELO

Con el transcurso del tiempo este sector tuvo un cambio muy importante con respecto al uso de suelo. Años atrás era usado en su mayoría como zona de cultivo, posteriormente como consecuencia del incremento de la demanda de los habitantes aparecieron nuevas zonas comerciales entre ellas la más representativa es el “Racar Mall” y la construcción de nuevas Urbanizaciones.

4.3.4 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

La metodología que se utilizó en esta evaluación para identificar los impactos positivos y negativos fue mediante la realización de una matriz simple de Leopold, la cual fue acoplada al proyecto Culebrillas, en donde se comparó las actividades del proyecto en las fases de construcción y funcionamiento y los aspectos ambientales como medio ambiente, medio biótico, medio perceptual y medio socio económico; determinándose así los impactos que se generan por las acciones del proyecto.

Los impactos generados han sido valorados de manera cuantitativa, dando valores en donde se indica que tan significativo fue el impacto.

A continuación se presentan las matrices de Importancia, Intensidad y Total.

4.3.5 MATRICES DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN

Matriz Total.

Tabla 59 Matriz General Impacto Ambiental.

IMPACTO TOTAL $I = +(3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$			FASE I: CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO											FASE II: FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO								TOTAL FUNCIONAMIENTO	TOTAL GENERAL			
			DESBROSE Y LIMPIEZA	ENTRADA Y SALIDA DE VEHICULOS	EXCAVACIONES Y RELLENOS	EMPLEO DE MAQUINARIA PESADA	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	COLOCACION DE TUBERIA	ORDENAMIENTO DE AREAS VERDES	COLOCACION DE ACCESORIOS	DESALOJOS	EMPLEO DE PROFESIONALES Y MANO DE OBRA NO CALIFICADA	PRECAUCIONES DE SEGURIDAD Y REDUCCION DE RIESGOS	COLOCACION DE SEÑALIZACION	TOTAL CONSTRUCCION	GENERACION Y EMISION DE RESIDUOS	RUIDO	EMISIONES GASEOSAS	SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD	NORMATIVA LEGAL	ALTERACION AL TRAFICO			GENERACION DE TRABAJO		
FACTORES DEL MEDIO QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS POR LAS ACCIONES DEL PROYECTO	MEDIO FÍSICO	MEDIO AMBIENTE	AIRE	0	-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3	0	0	-6	0	0	0	0	-6	-9		
			SUELO	0	-6	-6	0	0	-3	-3	-3	0	0	0	0	-21	-6	0	0	0	0	-3	0	-9	-30	
			AGUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6	0	0	0	0	0	0	-6	-6	
		MEDIO BIÓTICO	FLORA	0	0	-3	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6
			FAUNA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		MEDIO PERCEPTUAL	PAISAJE	0	0	-6	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-9
	TOTAL			0	-9	-15	0	0	-3	-9	-3	0	0	0		-12	0	-6	0	0	-3	0			0	
	MEDIO SOCIOECONÓMICO	MEDIO SOCIO CULTURAL	INFRAESTRUCTURA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	3	
			USO DEL SUELO	0	0	-6	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	0	-3	-3	
			CULTURALES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	-12	-6	0	-3	-3	3	-21	-18	
			HUMANO Y ESTÉTICO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	-12	0	0	0	0	0	-12	-9	
		TOTAL			0	0	-6	0	0	3	0	3	0	3	3	0		-3	-24	-6	3	-3	-3	3		0

Impacto menor a -6.5	ALTAMENTE SIGNIFICATIVO
Impacto entre -6.5 y -4.5	SIGNIFICATIVO
Impacto entre -4.5 y -1.0	DESPRECIABLE
Impacto mayor a 1	BENEFICO

Elaboración: Autor.

4.3.6 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS GENERADOS

En base a la matriz propuesta a continuación se describe de los impactos ambientales más significativos.

4.3.6.1 Medio Ambiente

Aire:

La calidad del aire tiene una afección mínima por la utilización de maquinaria pesada como volquetas que constantemente están transportando el material que ha sido excavado para la colocación de la tubería, generando así polvo y humo afectando a los moradores del sector, a los cultivos, vegetación, etc.

Existe un incremento en el tráfico vehicular por lo que genera congestionamiento y aumento en las emisiones de gases.

Suelo:

La calidad de suelo se ve afectado debido al movimiento de tierras necesario para la colocación de tuberías y accesorios.

La apertura de zanjas y la disposición final de material sobrante, provocan la desaparición de la capa vegetal y erosión del lugar, dando lugar a un impacto de duración temporal.

Agua:

La calidad del agua se ve afectada por la generación de residuos generados por el mantenimiento de la maquinaria siendo un impacto de duración temporal, con una afección mínima.

4.3.6.2 Medio Biótico

Flora:

La generación de residuos produce un deterioro en la vegetación del entorno por lo que el impacto será puntual y tendrá una afección mínima.

Fauna:

En este proyecto la Fauna no tendrá ningún impacto ya que no existe ninguna alteración de su entorno.

4.3.6.3 Medio Perceptual

Paisaje:

Los residuos sólidos producidos por la construcción del proyecto degradan el paisaje del entorno de la obra por lo que este sufrirá un impacto temporal, con una afección mínima.

4.3.6.4 Medio Socio-Cultural

Infraestructura:

El tráfico provocado por la salida de maquinaria pesada provoca congestión vehicular y malestar a los moradores provocando alteración al tránsito normal, lo que produciría un impacto negativo sobre la salud ocupacional y seguridad.

Uso del Suelo:

El movimiento de tierras afectara a la producción agrícola del sector, provocando un impacto temporal pero con una afección mínima.

El tráfico provocara congestión vehicular en ciertas horas del día, por lo que las actividades comerciales no se verán afectadas en su totalidad.

Culturales:

No sufrirá impacto significativo.

Humano y Estético:

No sufrirá ningún impacto.

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

Gracias a las bondades del programa utilizado WaterGEMS se pudo encontrar y solucionar averías desde los catastros que se tenían tuberías desconectadas, nodos que no estaban trabajando, fallas en las cotas, etc. que fueron de vital importancia para desarrollar esta evaluación.

Con los datos registrados podemos observar que en la urbanización Mutualista Azuay localizada en el sector de San Pedro así como la urbanización Manuel Jaramillo ubicada en el sector de Trinidad existen nodos con presiones de hasta 173 m H₂O, esto se da ya que en un principio estas urbanizaciones iban a ser abastecidas por la reserva de Santísima Trinidad, pero analizando la topografía del lugar se llegó a la conclusión de que no sería factible el abastecimiento desde esta reserva ya que se encontraban a la misma cota, es por esto que se construyó un By-pass desde la Planta de tratamiento de San Pedro hacia cada urbanización, por lo tanto las presiones van aumentando a través de las tuberías, por lo que se sugiere las siguientes recomendaciones.

Después de realizar un profundo estudio de alternativas y gracias a la guía de los técnicos de la empresa ETAPA EP se pudo hallar la solución más beneficiosa para corregir las presiones en los tres sectores afectados como son: Trinidad, Pumayunga y Pan de Azúcar, ubicando en las zonas estratégicas las válvulas rompe presiones que iban a corregir el sistema de distribución de agua potable. De esta manera se logró que la red de distribución trabaje de correctamente para todo el sector de Culebrillas. En compatibilidad de los objetivos específicos y análisis de resultados.

5.2 RECOMENDACIONES.

Es recomendable la adición de válvulas reductoras de presión, las cuales dispongan de una presión de salida de 20 y 30 m H₂O debido a que estos accesorios están contruidos para resistir esas presiones con el objetivo de reducir las presiones en nodos hasta los niveles recomendados.

Para futuras ampliaciones de la red; necesarias para abastecer más locales comerciales, nuevas urbanizaciones, condominios y la implementación de fábricas e industria en general, se recomienda tener muy en cuenta los siguientes parámetros:

- Las velocidades en todos los tramos de la red.
- Las presiones para que estén dentro de los parámetros aceptables para las tuberías y nodos existentes.
- Una revisión minuciosa de todo el catastro para que este en perfecto funcionamiento y de esa manera se facilite el trabajo venidero.

Por último se recomienda realizar más campañas de socialización a todas las personas no solo del sector sino de toda la ciudad para que den un buen uso al agua potable.

BIBLIOGRAFIA

[1] Sáenz, C., & Parra, A. (Enero de 2009). PLANES MAESTROS DE AGUA POTABLE Y SANAMIENTO PARA CUENCA – II FASE. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL. Cuenca: 2009. 72 h. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/237048685/Plan-de-Manejo-Ambiental-Conduccion>

[2] Sáenz, C., & Parra, A. (Julio de 2013). PLANES MAESTROS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO FASE II (TERCERA ETAPA). PLAN DE MANEJO AMBIENTAL. OBRAS DE ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO SAYAUSI Y SAN JOAQUIN. OBR / E3 – AL – REDES 2. Cuenca: 2013. 136 h. Disponible en: <https://www.devex.com/projects/tenders/consultancy-services-for-supervision-of-the-construction-of-sewage-systems-of-the-third-stage-of-the-program-in-ecuador/122280>

[3] Alcocer, V., & Tzatzgkov, V. (Diciembre de 2007). MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO. Mexico: 2007. 270h. Disponible en: <tp://ftp.cna.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Modelaci%F3n%20Hidr%E1ulic%20y%20de%20Calidad%20del%20Agua%20en%20Redes%20de%20Agua%20Potable.pdf>

[4] Arapa, J. (Noviembre de 2013). MANUAL Y USO DE SOFTWARE WATERCAD. Disponible en: http://es.slideshare.net/alucarddns/modelamiento-de-redes-de-agua-a-presinhttp://es.slideshare.net/LESLIEPAIZ/manual-software-watercad?next_slideshow=1

[5] García, D., & Puga, R. (Octubre de 2011). EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE CASHAPAMBA PARROQUIA SANGOLQUÍ, CANTON RUMIÑAHUI PROVINCIA DE PICHINCHA. Ecuador: 2011. 9h.

[6] Gutiérrez, J. (Mayo de 2011). HISTORIA DE LOS METODOS DE ANALISIS Y MODELOS COMPUTACIONALES PARA ANALISIS DE REDES DE DISTRIBUCION. Disponible en:
http://communities.bentley.com/other/old_site_member_blogs/bentley_employees/b/juan_gutierrez_blog/archive/2011/05/19/historia-de-los-metodos-de-analisis-y-modelos-computacionales-para-an-193-lisis-de-redes-de-distribuci-211-n-a-presi-211-n?pi21437=7

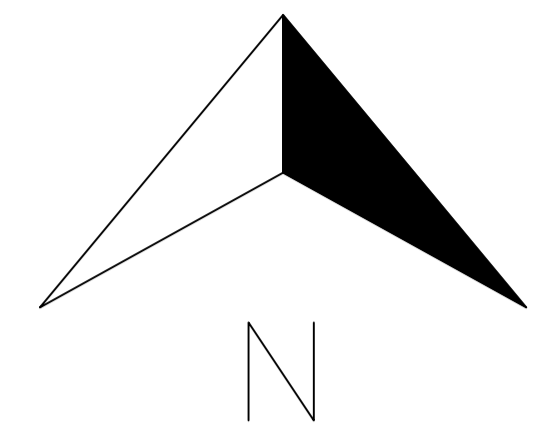
ANEXOS

ANEXO A PLANOS ESCENARIO 2015

ANEXO B PLANOS ESCENARIO 2015 MODIFICADO

ANEXO C PLANOS ESCENARIO 2030 MODIFICADO

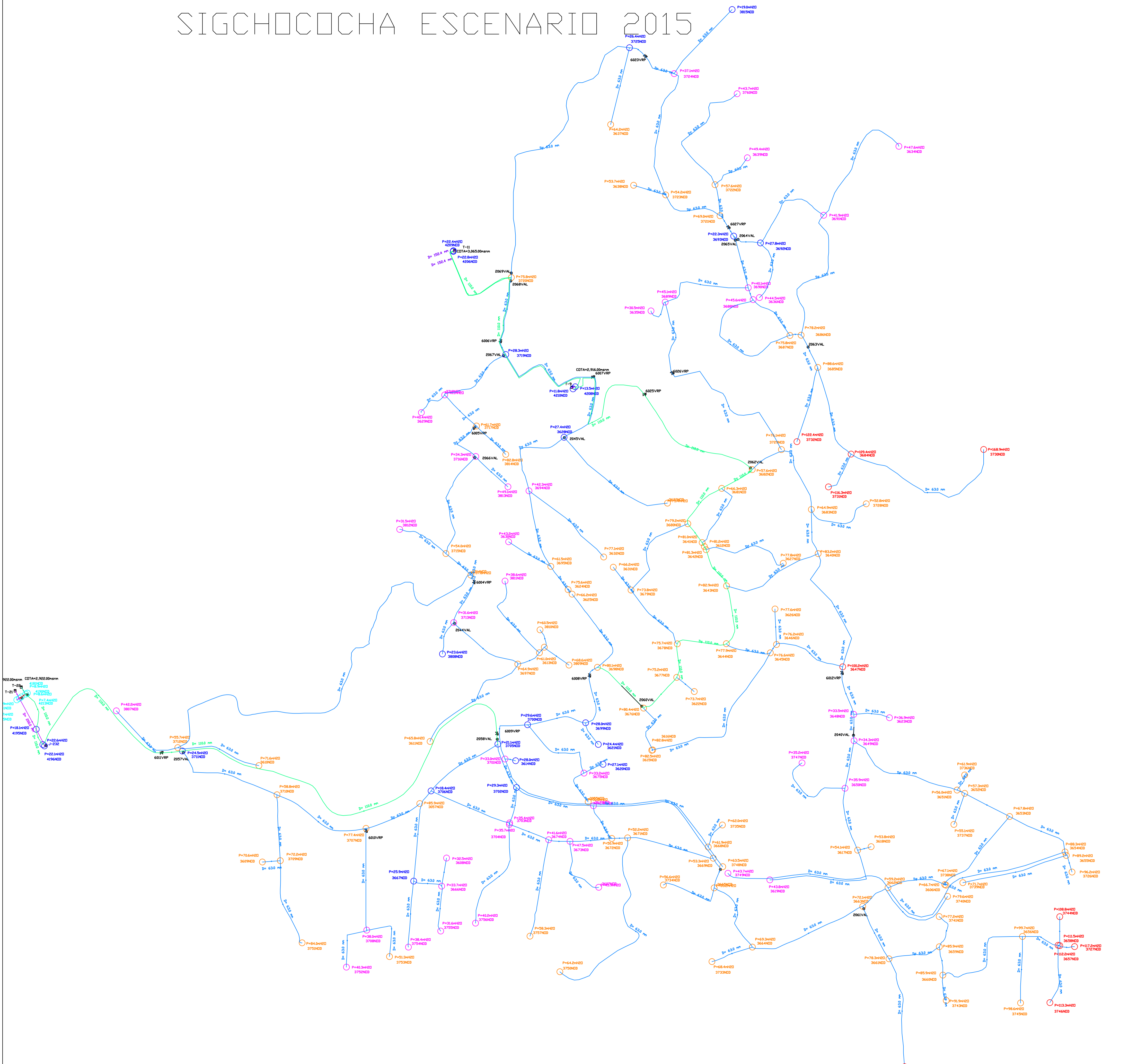
SIGCHOCCHA ESCENARIO 2015



SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES	
	103_cat_dst_32
	103_cat_dst_63
	103_cat_dst_90
	103_cat_dst_100
	103_cat_dst_110
	103_cat_dst_180
	103_cat_dst_200
	103_cat_dst_250

AGUA POTABLE (m H2O)	
	RED DE AGUA POTABLE
	PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
	PRESION MENOR DIEZ
	PRESION MENOR A TREINTA
	PRESION MENOR A SETENTA
	PRESION MENOR A CIEN



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Escala: _____ 1:1

RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA CULEBRILLAS

Dis. ANDREA RENGL C.
Dib. A.R.C.
Rev.

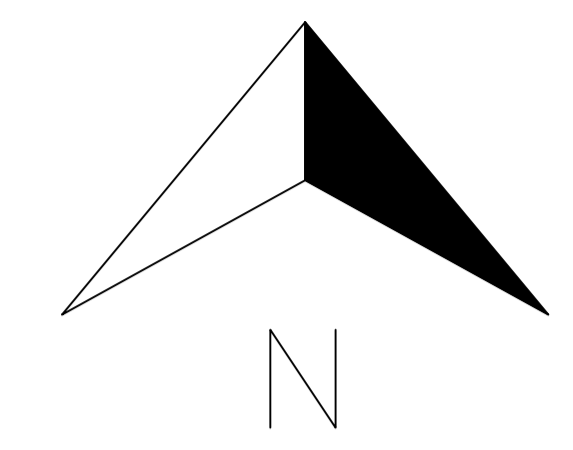
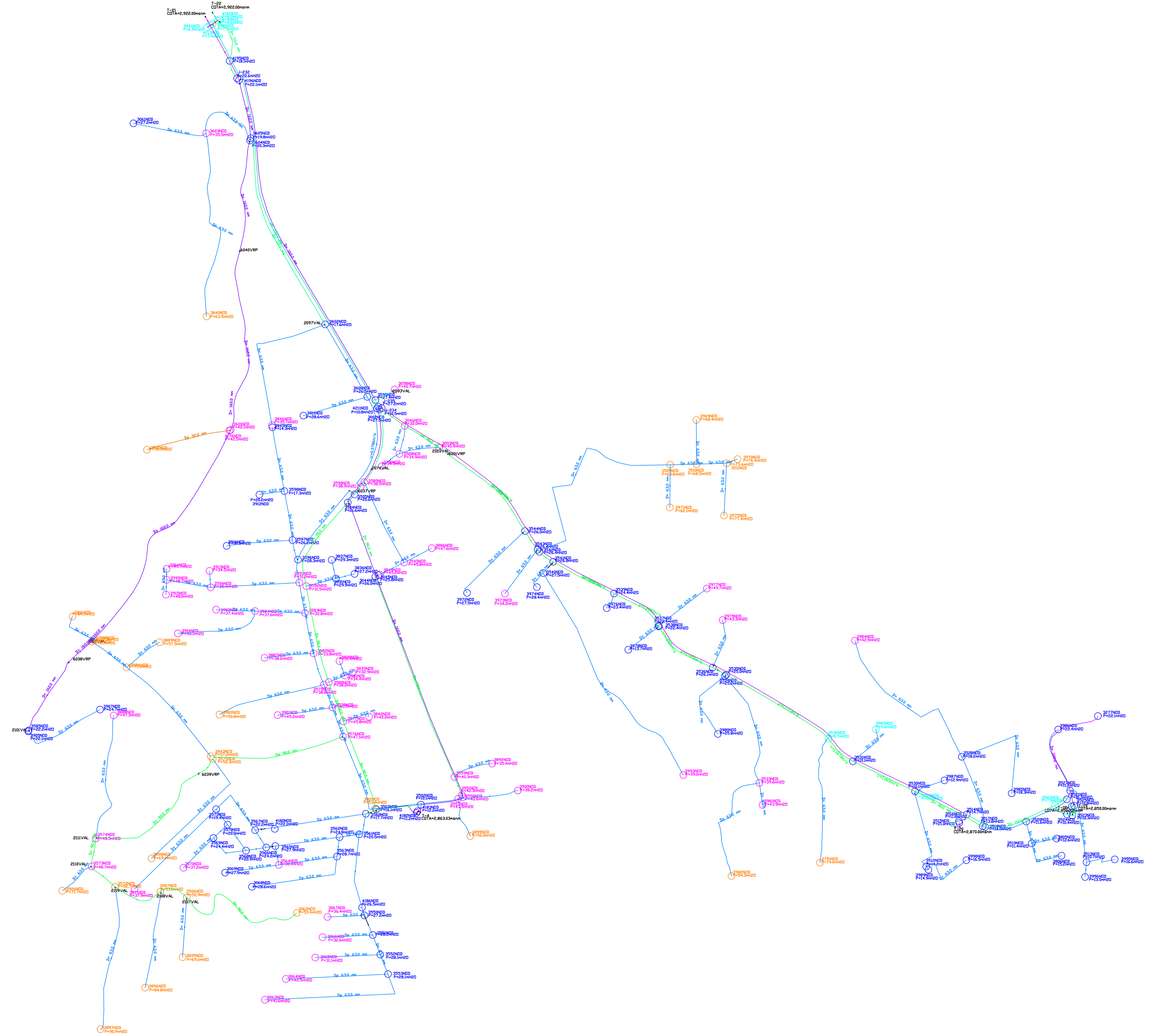
ANDREA RENGL C.

Contiene:
 . RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2015
 . SIMBOLOGIA
 . UBICACIÓN

CUENCA, MARZO DE 2016

LÁMINA 1/15

SAN PEDRO ESCENARIO 2015



SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES	
	103_cat_dst_32
	103_cat_dst_63
	103_cat_dst_90
	103_cat_dst_100
	103_cat_dst_110
	103_cat_dst_160
	103_cat_dst_200
	103_cat_dst_250

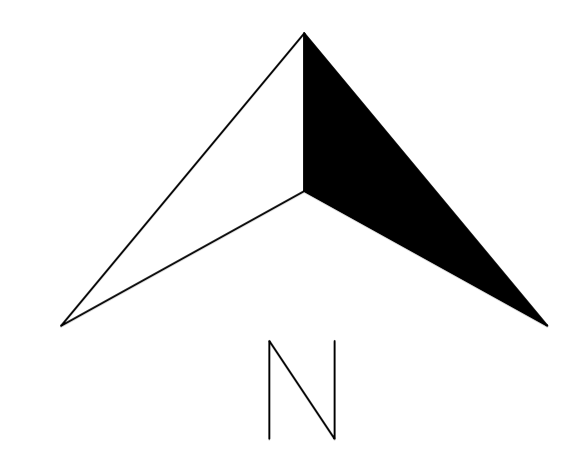
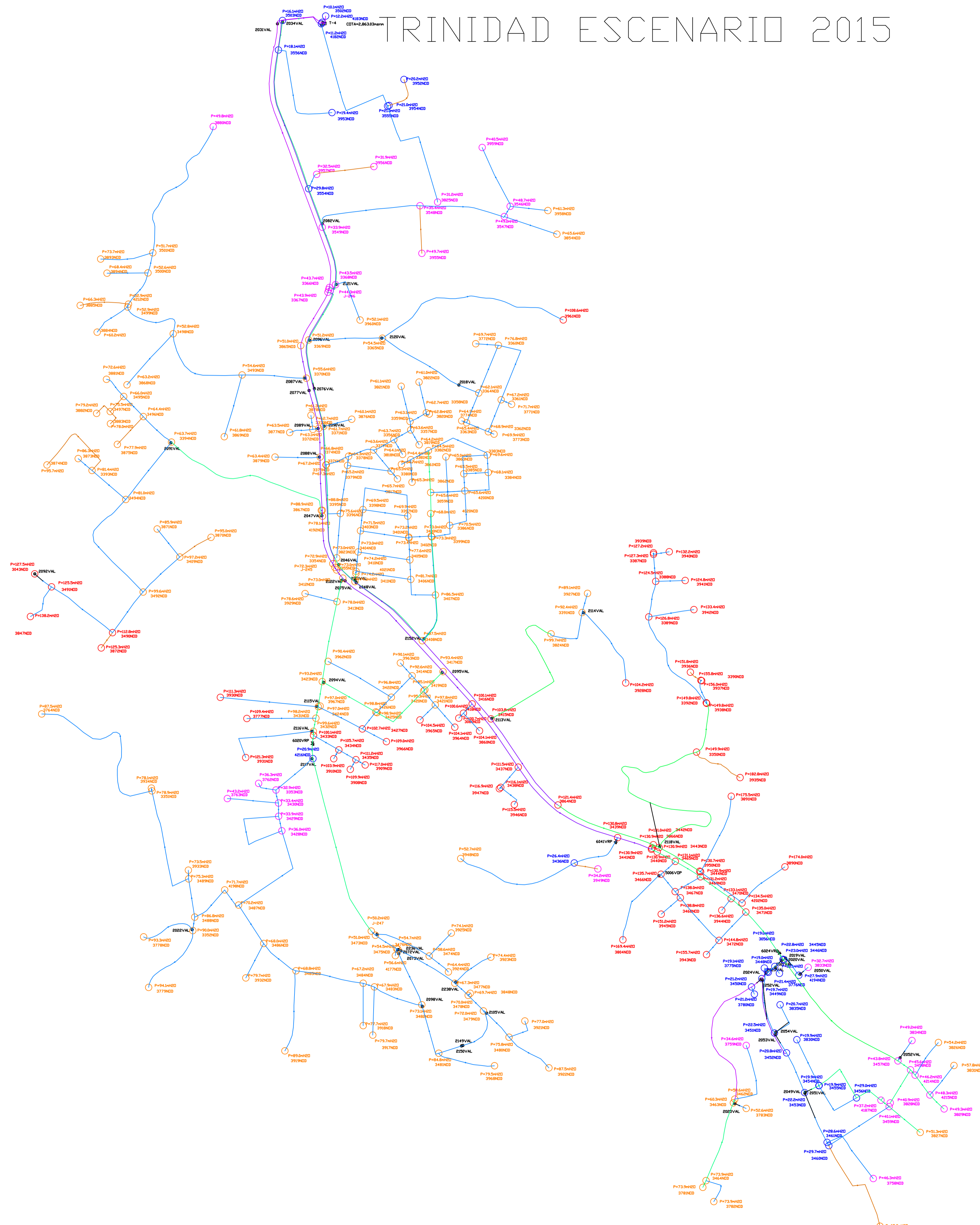
AGUA POTABLE (m H2O)	
	63PVC RED DE AGUA POTABLE
	PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
	PRESION MENOR DIEZ
	PRESION MENOR A TREINTA
	PRESION MENOR A SETENTA
	PRESION MENOR A CIEN


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Escala: _____ 1:1	RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA CULEBRILLAS
Dis. _____ Dib. _____ Rev. _____	Dis. ANDREA RENGEL C. Dib. A.R.C. Rev. _____
ANDREA RENGEL C.	

Contiene: . RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2015 . SIMBOLOGIA . UBICACION	CUENCA, MARZO DE 2016 <hr/> LÁMINA 2/15
--	---

TRINIDAD ESCENARIO 2015



SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES

- 103_cat_dst_32
- 103_cat_dst_63
- 103_cat_dst_90
- 103_cat_dst_100
- 103_cat_dst_110
- 103_cat_dst_160
- 103_cat_dst_200
- 103_cat_dst_250

AGUA POTABLE (m H2O)

- 63PVC RED DE AGUA POTABLE
- PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
- PRESION MENOR DIEZ
- PRESION MENOR A TREINTA
- PRESION MENOR A SETENTA
- PRESION MENOR A CIEN

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Escala: _____ 1:1

RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA CULEBRILLAS

Dis. _____ ANDREA RENGEL C.
 Dib. _____ A.R.C.
 Rev. _____

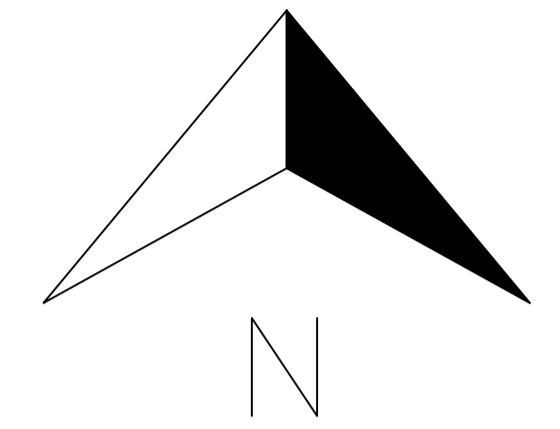
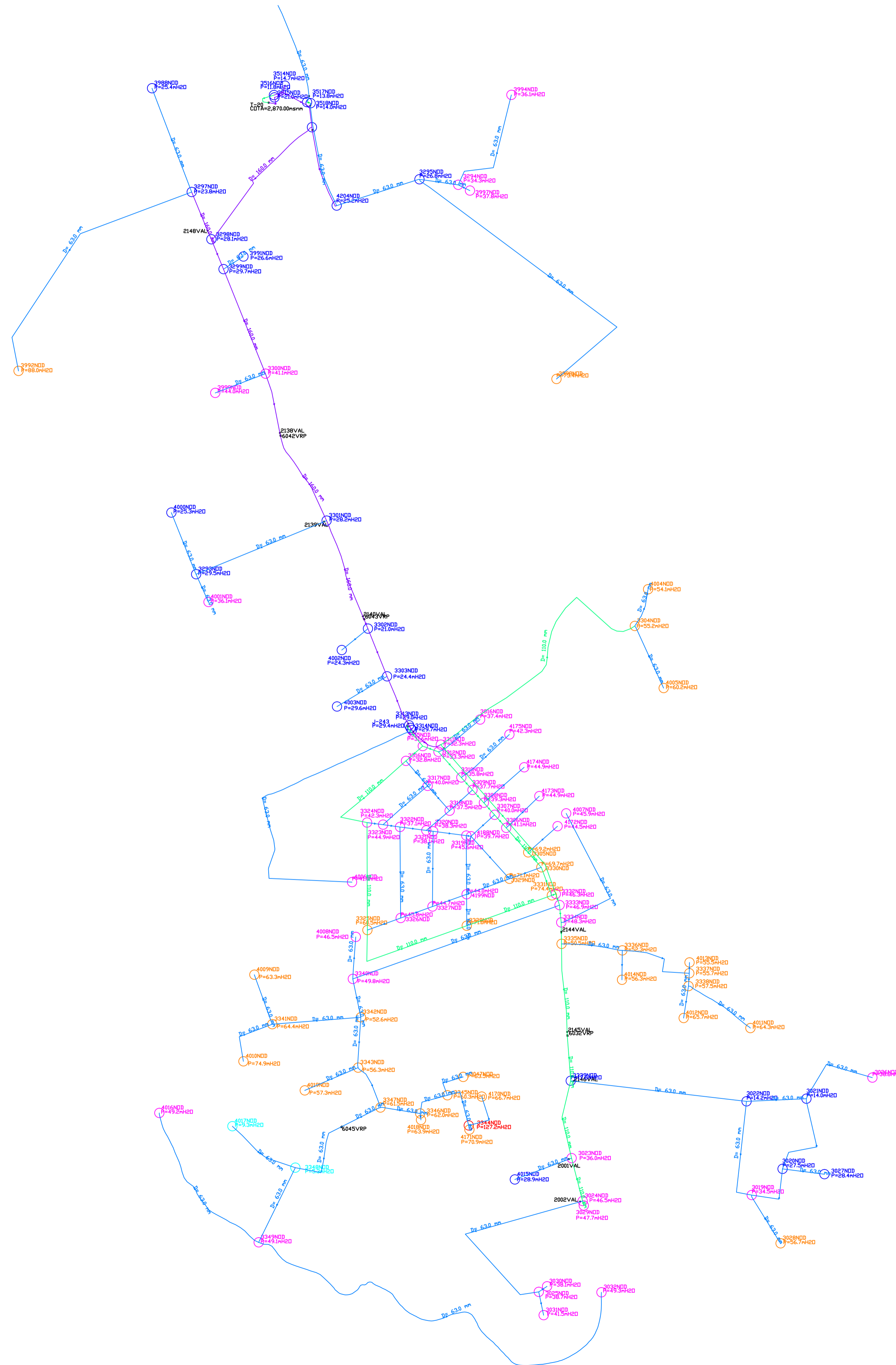
ANDREA RENGEL C.

Contiene:
 . RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2015
 . SIMBOLOGIA
 . UBICACIÓN

CUENCA, MARZO DE 2016

LÁMINA 3/15

PUMAYUNGA ESCENARIO 2015



SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES

	103_cat_dst_32
	103_cat_dst_63
	103_cat_dst_90
	103_cat_dst_100
	103_cat_dst_110
	103_cat_dst_160
	103_cat_dst_200
	103_cat_dst_250

AGUA POTABLE (m H2O)

	63PVC	RED DE AGUA POTABLE
		PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
		PRESION MENOR DIEZ
		PRESION MENOR A TREINTA
		PRESION MENOR A SETENTA
		PRESION MENOR A CIEN



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Escala: _____ 1:1

RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA CULEBRILLAS

Dis. ANDREA RENGEL C.
Dib. A.R.C.
Rev.

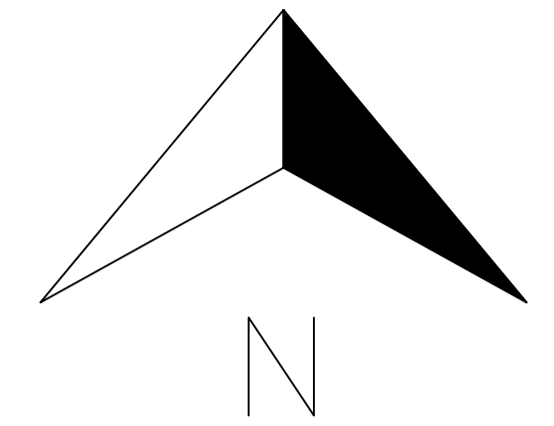
ANDREA RENGEL C.

Contiene:
· RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2015
· SIMBOLOGIA
· UBICACIÓN

CUENCA, MARZO DE 2016









LÁMINA 4/15

PAN DE AZUCAR ESCENARIO 2015




SIMBOLOGIA

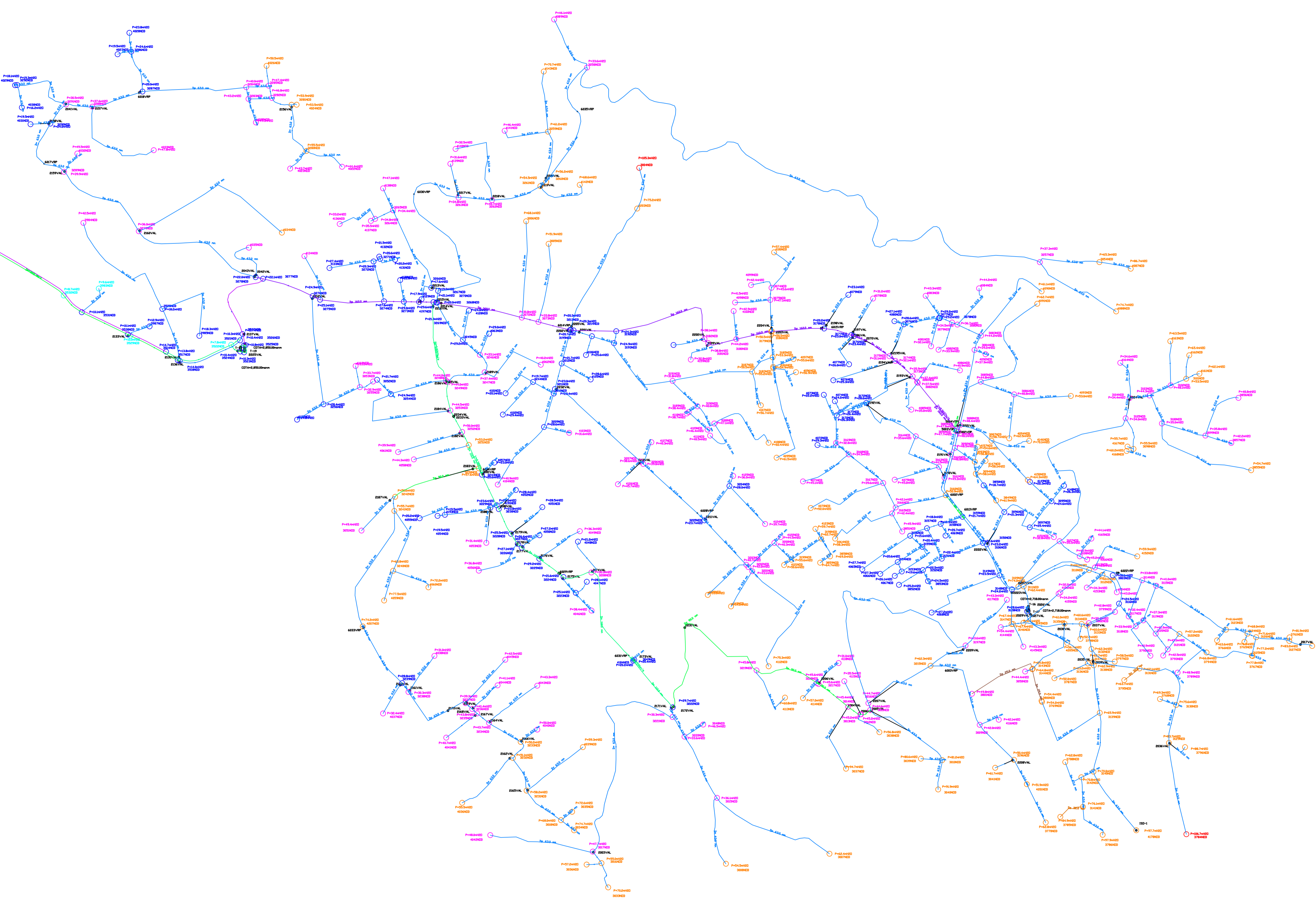
CAPAS DE REDES

-  103_cat_dst_32
-  103_cat_dst_63
-  103_cat_dst_90
-  103_cat_dst_100
-  103_cat_dst_110
-  103_cat_dst_160
-  103_cat_dst_200
-  103_cat_dst_250

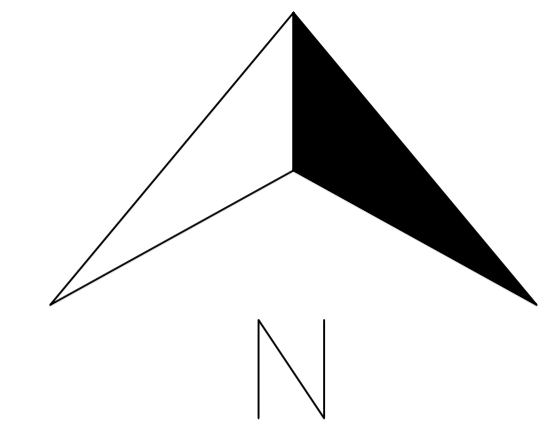
AGUA POTABLE (m H2O)

-  63PVC RED DE AGUA POTABLE
-  PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
-  PRESION MENOR DIEZ
-  PRESION MENOR A TREINTA
-  PRESION MENOR A SETENTA
-  PRESION MENOR A CIEN

 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA	
Escala: _____ 1:1	RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA CULEBRILLAS
	Dis. ANDREA RENGEL C. Dib. A.R.C. Rev.
ANDREA RENGEL C.	
Contiene: · RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2020 · SIMBOLOGIA · UBICACIÓN	CUENCA, MARZO DE 2016 LÁMINA 5/15









SIGCHOCOCHA ESCENARIO MODIFICADO 2015



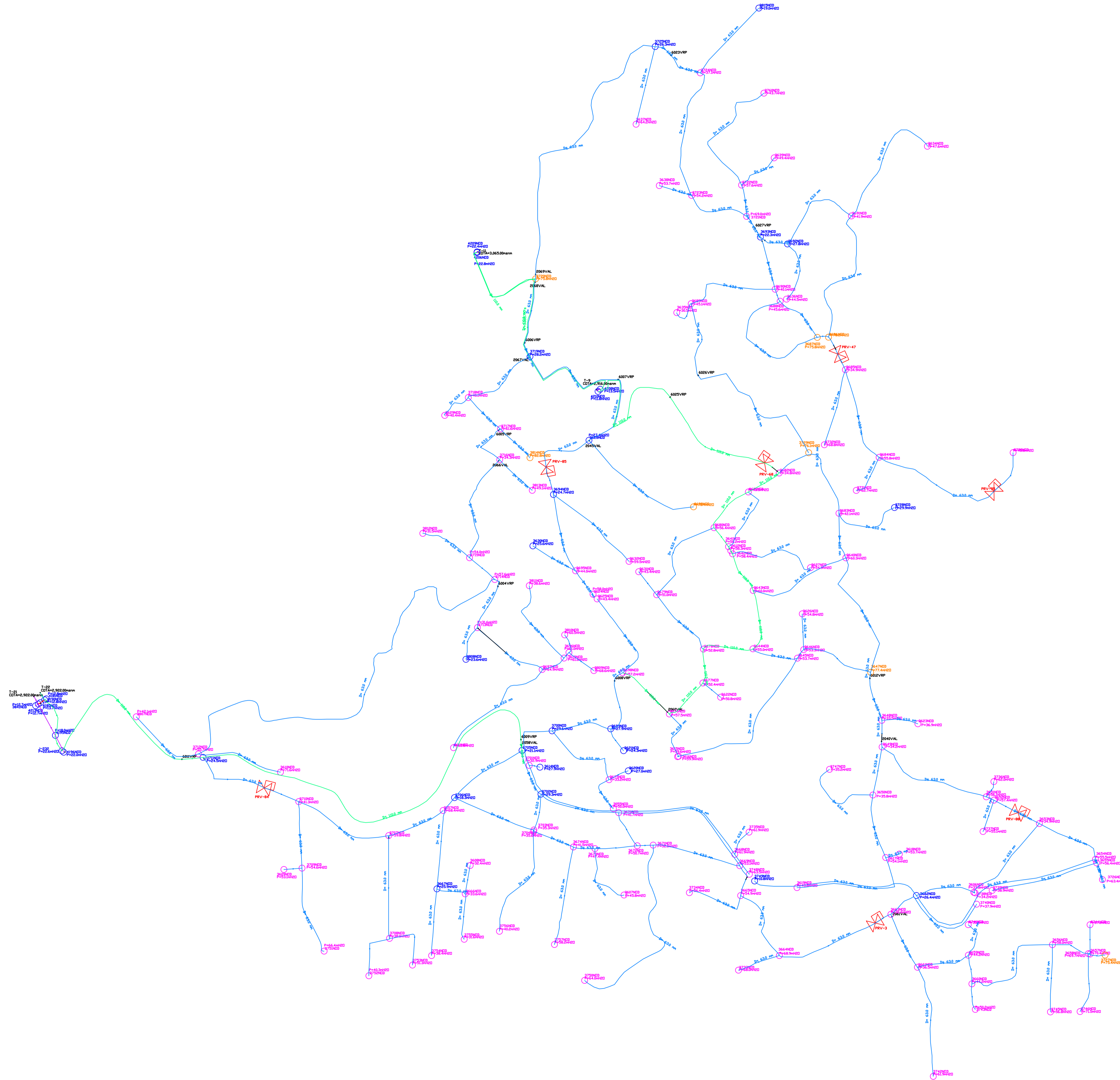
SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES

-  103_cat_dst_32
-  103_cat_dst_63
-  103_cat_dst_90
-  103_cat_dst_100
-  103_cat_dst_110
-  103_cat_dst_160
-  103_cat_dst_200
-  103_cat_dst_250

AGUA POTABLE (m H2O)

-  63PVC RED DE AGUA POTABLE
-  PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
-  PRESION MENOR DIEZ
-  PRESION MENOR A TREINTA
-  PRESION MENOR A SETENTA
-  PRESION MENOR A CIEN
-  VALVULA ROMPRE PRESION NUEVA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Escala: _____ 1:1

RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA CULEBRILLAS

Dis. ANDREA RENGEL C.
Dib. A.R.C.
Rev.

ANDREA RENGEL C.

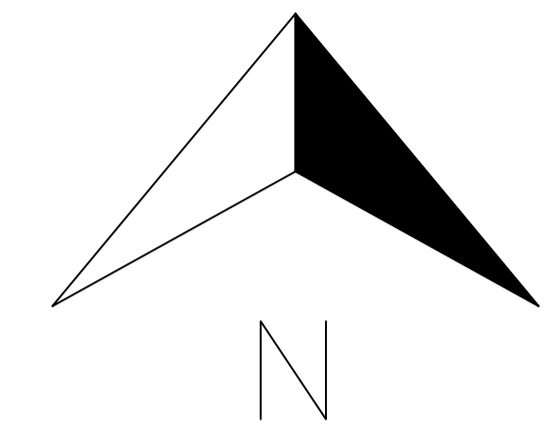
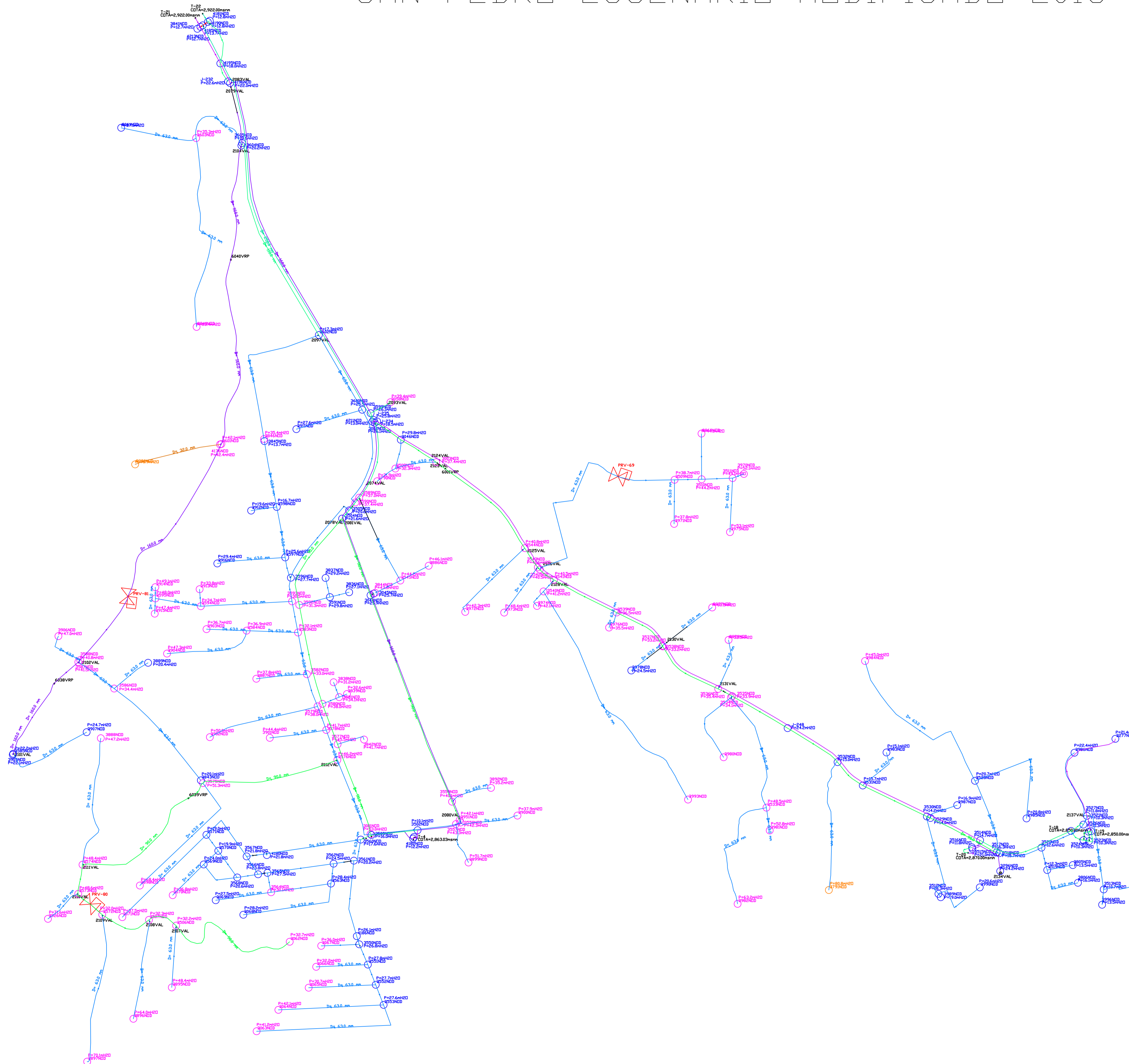
Contiene:

. RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2015
. MODIFICADO
. SIMBOLOGIA
. UBICACIÓN

CUENCA, MARZO DE 2016

LÁMINA 6/15

SAN PEDRO ESCENARIO MODIFICADO 2015



SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES

- 103_cat_dst_32
- 103_cat_dst_63
- 103_cat_dst_90
- 103_cat_dst_100
- 103_cat_dst_110
- 103_cat_dst_160
- 103_cat_dst_200
- 103_cat_dst_250

AGUA POTABLE (m H2O)

- 63PVC RED DE AGUA POTABLE
- PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
- PRESION MENOR DIEZ
- PRESION MENOR A TREINTA
- PRESION MENOR A SETENTA
- PRESION MENOR A CIEN
- ✕ VALVULA ROMPRE PRESION NUEVA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Escala: _____ 1:1

RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA CULEBRILLAS

Dis. ANDREA RENDEL C.
Dib. A.R.C.
Rev. _____

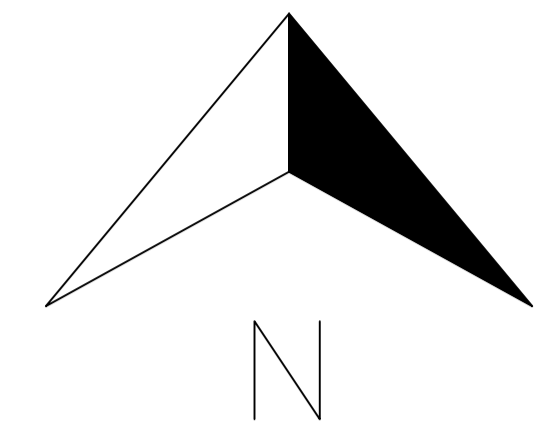
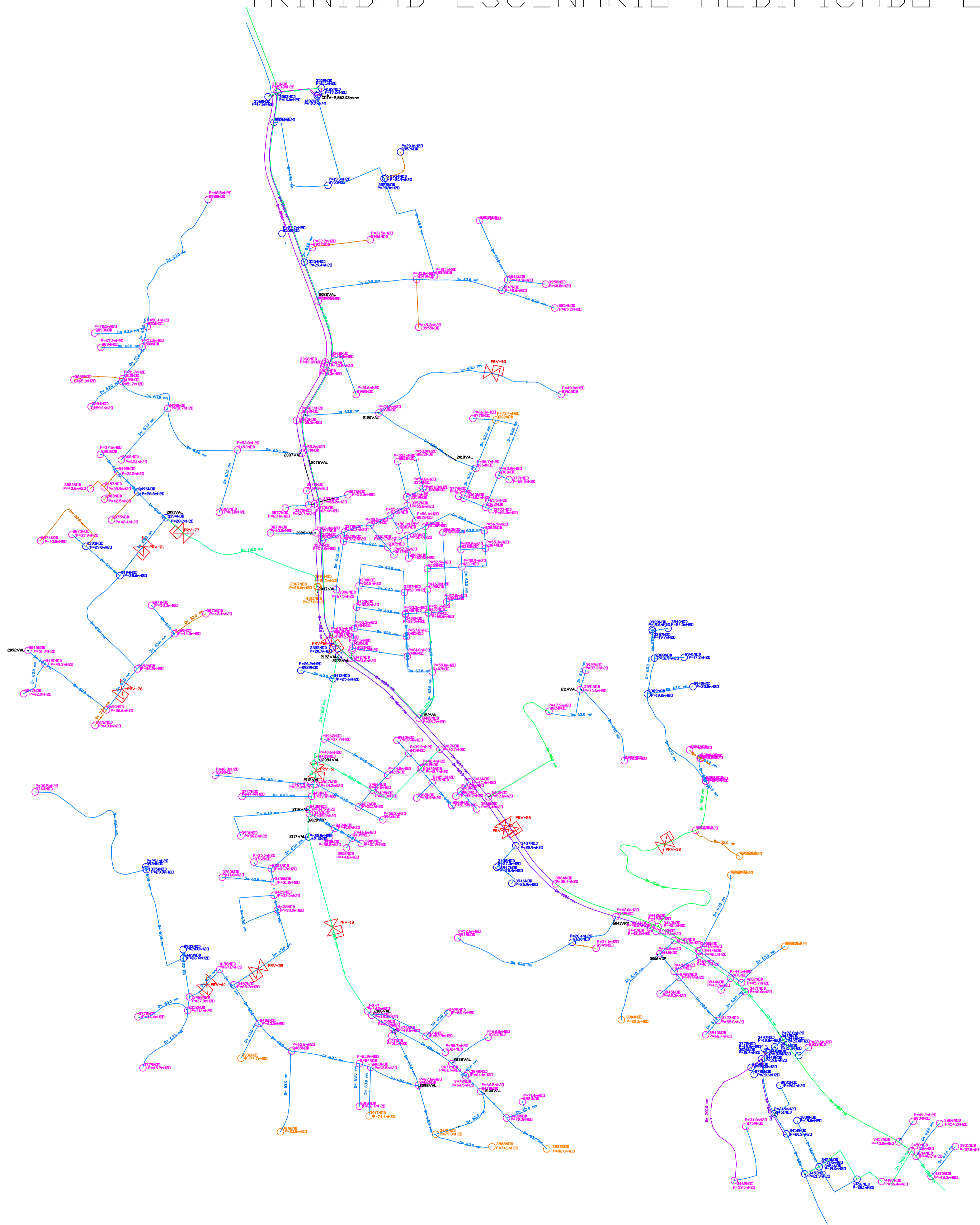
ANDREA RENDEL C.

Contiene:
· RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2015
· MODIFICADO
· SIMBOLOGIA
· UBICACIÓN

CUENCA, MARZO DE 2016

LÁMINA **7/15**

TRINIDAD ESCENARIO MODIFICADO 2015



SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES

- 103_cat_dst_32
- 103_cat_dst_63
- 103_cat_dst_90
- 103_cat_dst_100
- 103_cat_dst_110
- 103_cat_dst_160
- 103_cat_dst_200
- 103_cat_dst_250

AGUA POTABLE (m H₂O)

- 63PVC RED DE AGUA POTABLE
- PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
- PRESION MENOR DIEZ
- PRESION MENOR A TREINTA
- PRESION MENOR A SETENTA
- PRESION MENOR A CIEN
- ⊗ VALVULA ROMPRE PRESION NUEVA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Escala: _____ 1:1

RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA CULEBRILLAS

Dis. ANDREA RENDEL C.
Dib. A.R.C.
Rev.

ANDREA RENDEL C.

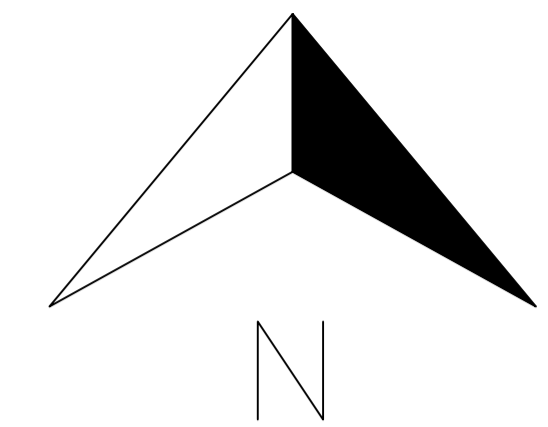
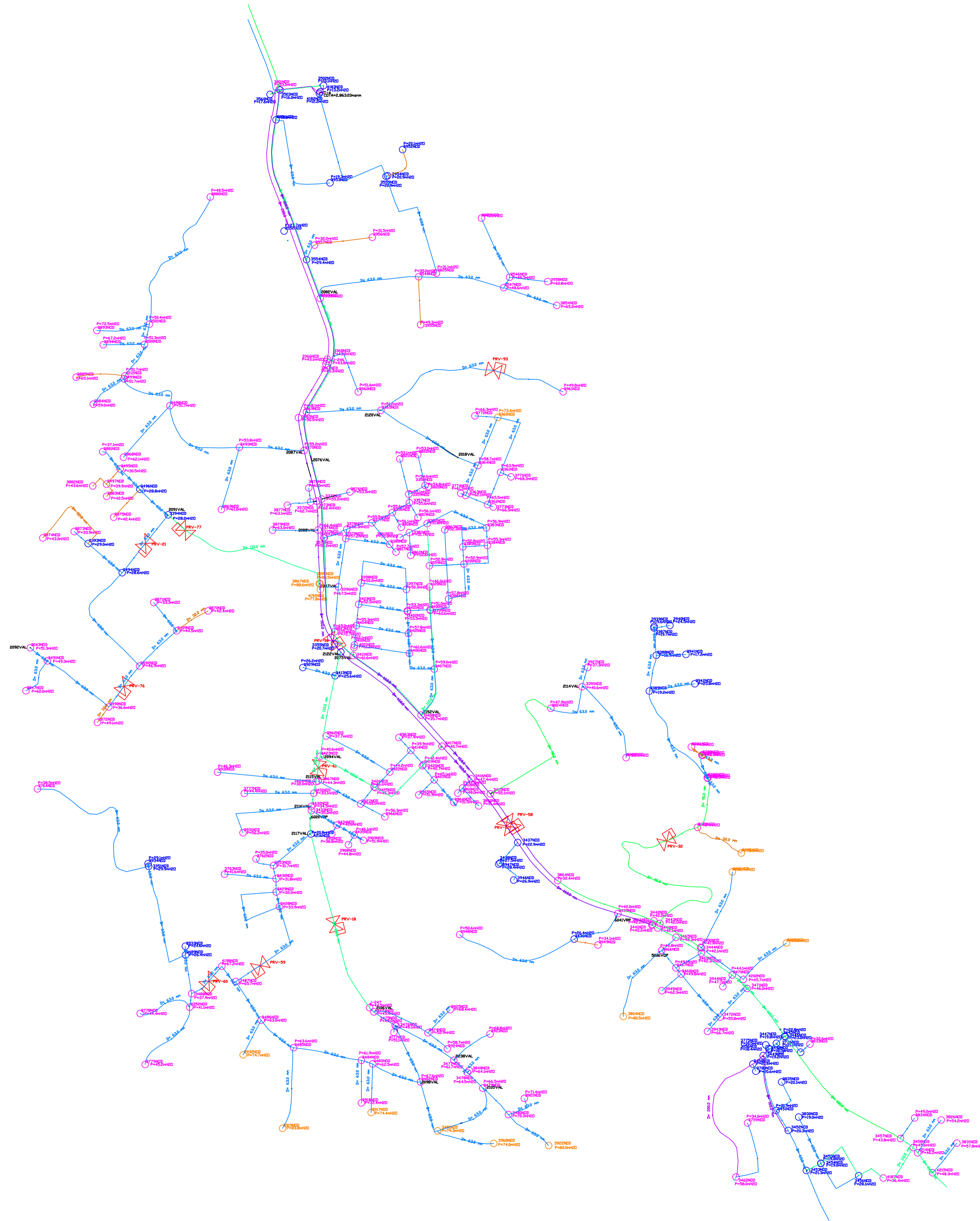
Contiene:

. RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2015
MODIFICADO
. SIMBOLOGIA
. UBICACION

CUENCA, MARZO DE 2016

LÁMINA 8/15

PUMAYUNGA ESCENARIO MODIFICADO 2015



SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES

- 103_cat_dst_32
- 103_cat_dst_63
- 103_cat_dst_90
- 103_cat_dst_100
- 103_cat_dst_110
- 103_cat_dst_160
- 103_cat_dst_200
- 103_cat_dst_250

AGUA POTABLE (m H2O)

- 63PVC RED DE AGUA POTABLE
- PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
- PRESION MENOR DIEZ
- PRESION MENOR A TREINTA
- PRESION MENOR A SETENTA
- PRESION MENOR A CIEN
- ✕ VALVULA ROMPRE PRESION NUEVA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Escala: _____ 1:1

RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA CULEBRILLAS

Dis. ANDREA RENGEL C.
Dib. A.R.C.
Rev.

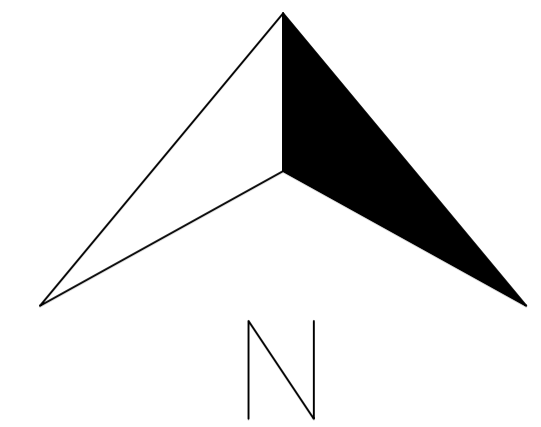
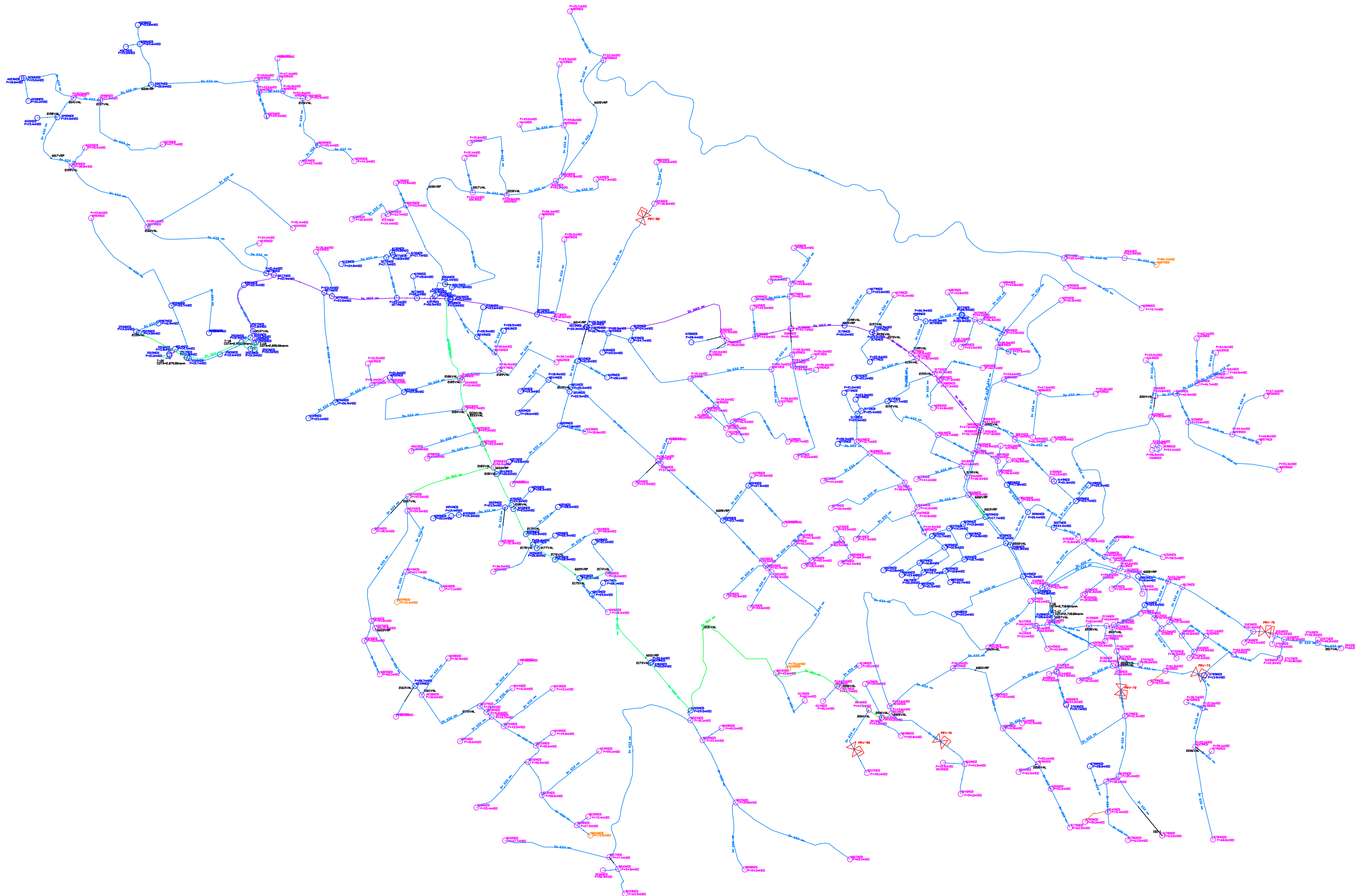
ANDREA RENGEL C.

Contiene:
· RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2015
· MODIFICADO
· SIMBOLOGIA
· UBICACION

CUENCA, MARZO DE 2016

LÁMINA 9/15

PAN DE AZUCAR ESCENARIO MODIFICADO 2015



SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES

- 103_cat_dst_32
- 103_cat_dst_63
- 103_cat_dst_90
- 103_cat_dst_100
- 103_cat_dst_110
- 103_cat_dst_160
- 103_cat_dst_200
- 103_cat_dst_250

AGUA POTABLE (m H2O)

- 63PVC RED DE AGUA POTABLE
- PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
- PRESION MENOR DIEZ
- PRESION MENOR A TREINTA
- PRESION MENOR SETENTA
- PRESION MENOR A CIEN
- ⊗ VALVULA ROMPRE PRESION NUEVA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Escala: _____ 1:1

RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA CULEBRILLAS

Dis. ANDREA RENDEL C.
Dib. A.R.C.
Rev.

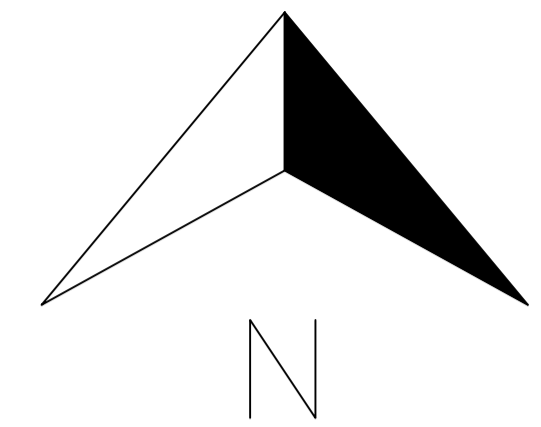
ANDREA RENDEL C.

Contiene:
· RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2015
· MODIFICADO
· SIMBOLOGIA
· UBICACIÓN

CUENCA, MARZO DE 2016

LÁMINA 10/15

SIGCHOCOCHA ESCENARIO 2030 MODIFICADO



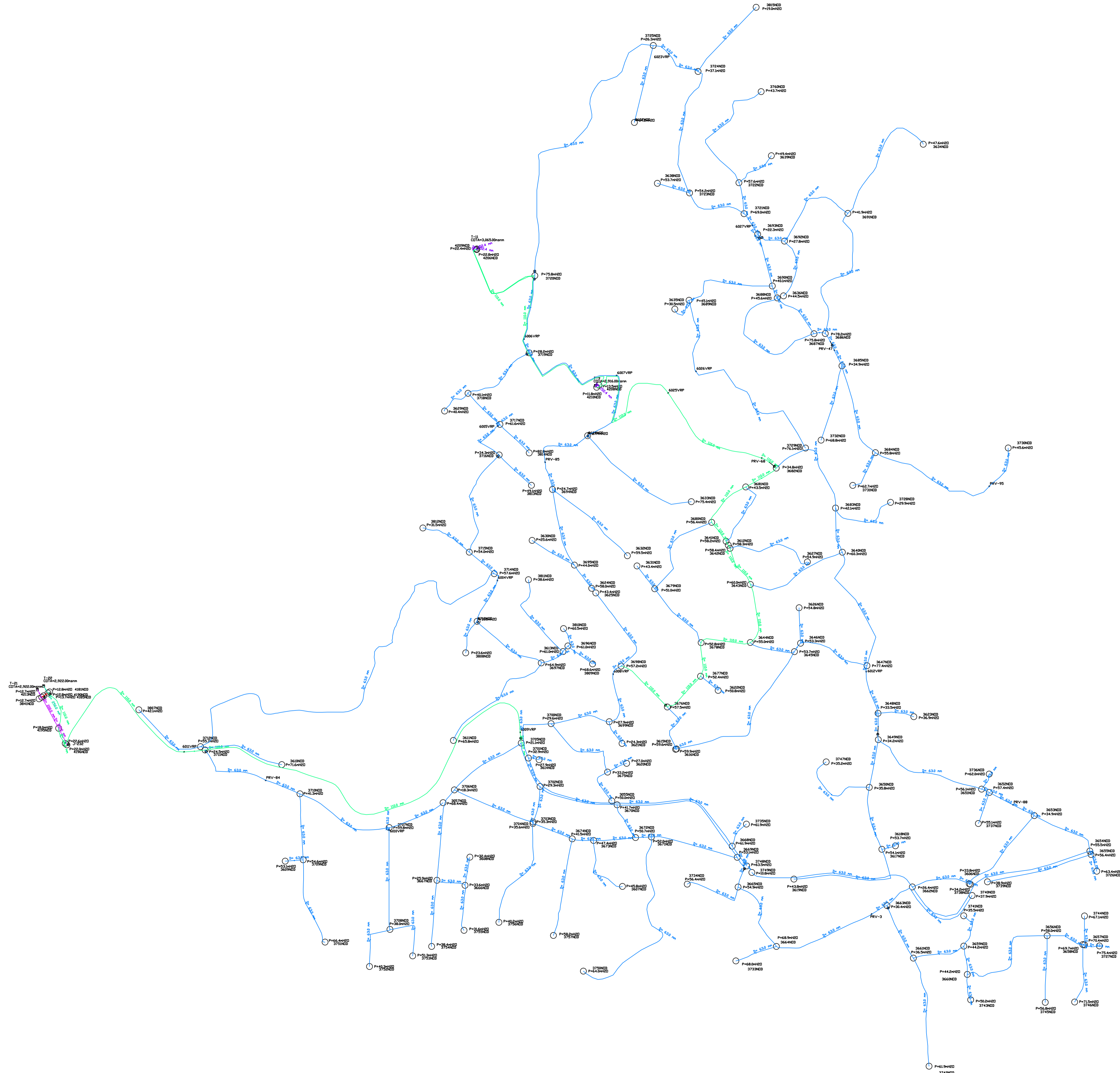
SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES

- 103_cat_dst_32
- 103_cat_dst_63
- 103_cat_dst_90
- 103_cat_dst_100
- 103_cat_dst_110
- 103_cat_dst_160
- 103_cat_dst_200
- 103_cat_dst_250

AGUA POTABLE (m H2O)

- 63PVC RED DE AGUA POTABLE
- PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
- PRESION MENOR DIEZ
- PRESION MENOR A TREINTA
- PRESION MENOR SETENTA
- PRESION MENOR A CIEN
- ✕ VALVULA ROMPRE PRESION NUEVA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Escala: 1:1

RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA CULEBRILLAS

Dis. ANDREA RENGL C.
Dib. A.R.C.
Rev.

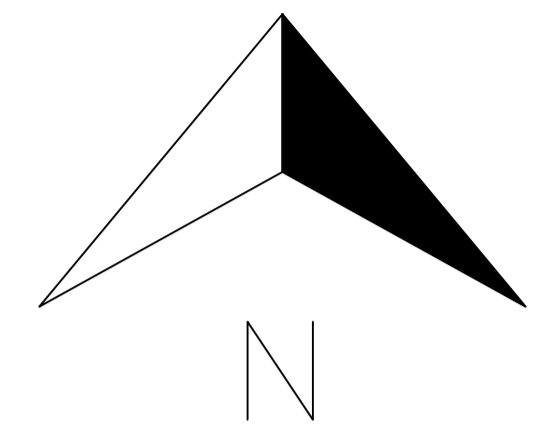
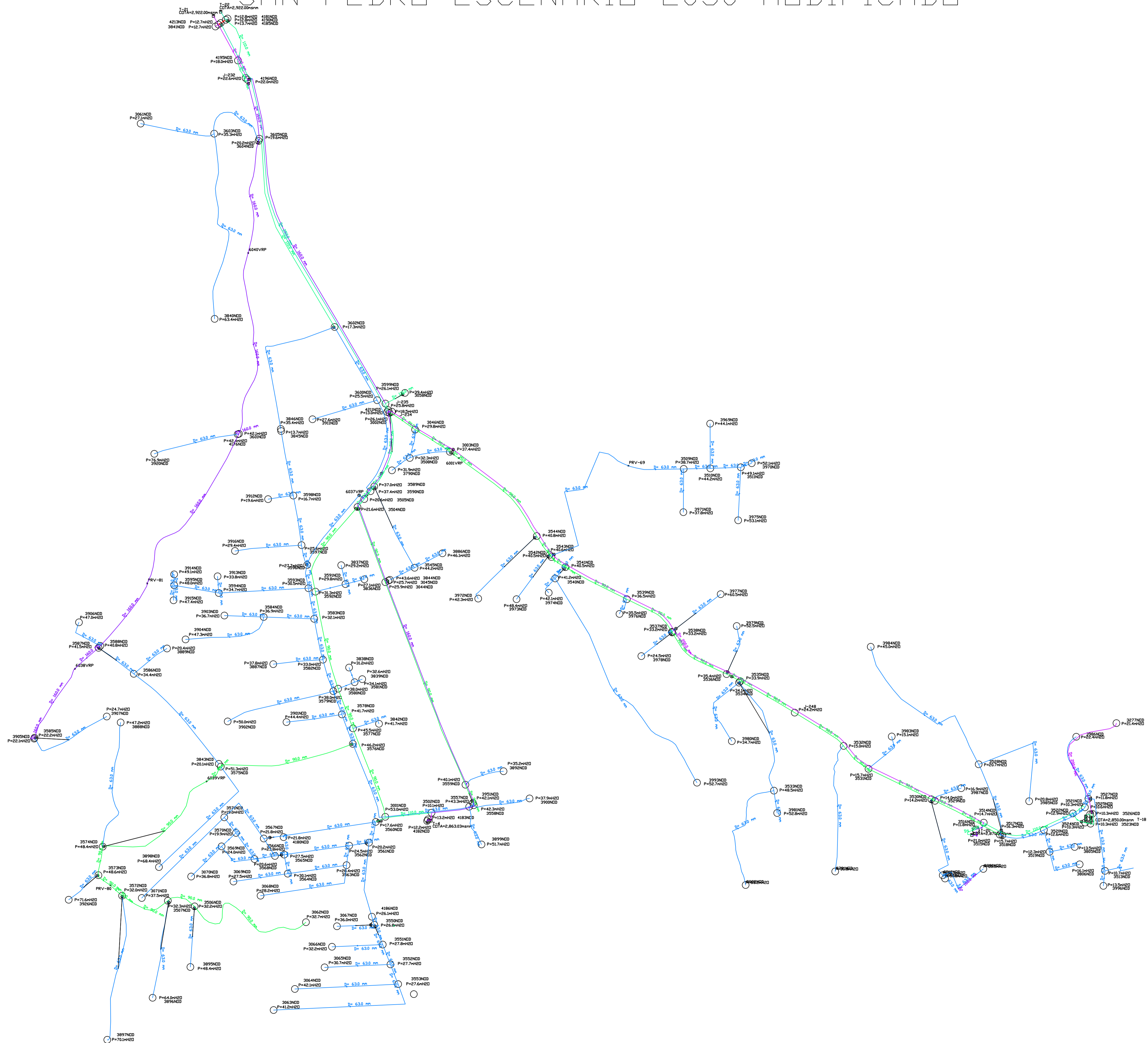
ANDREA RENGL C.

Contiene:
- RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2030 MODIFICADO
- SIMBOLOGIA
- UBICACIÓN

CUENCA, MARZO DE 2016

LÁMINA 11/15

SAN PEDRO ESCENARIO 2030 MODIFICADO



SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES

- 103_cat_dst_32
- 103_cat_dst_63
- 103_cat_dst_90
- 103_cat_dst_100
- 103_cat_dst_110
- 103_cat_dst_160
- 103_cat_dst_200
- 103_cat_dst_250

AGUA POTABLE (m H2O)

- 63PVC RED DE AGUA POTABLE
- PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
- PRESION MENOR DIEZ
- PRESION MENOR A TREINTA
- PRESION MENOR SETENTA
- PRESION MENOR A CIEN
- ✕ VALVULA ROMPRE PRESION NUEVA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Escala: _____ 1:1

RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA CULEBRILLAS

Dis. ANDREA RENDEL C.

Dib. A.R.C.

Rev. _____

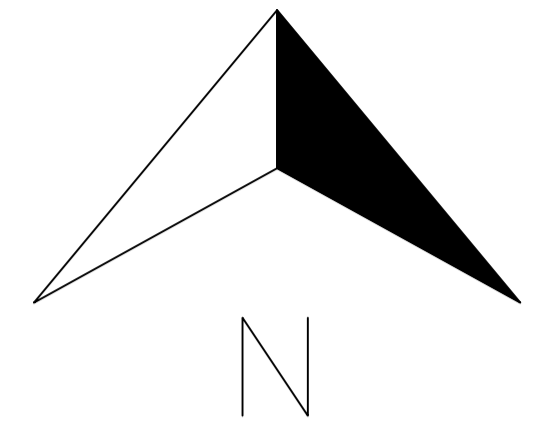
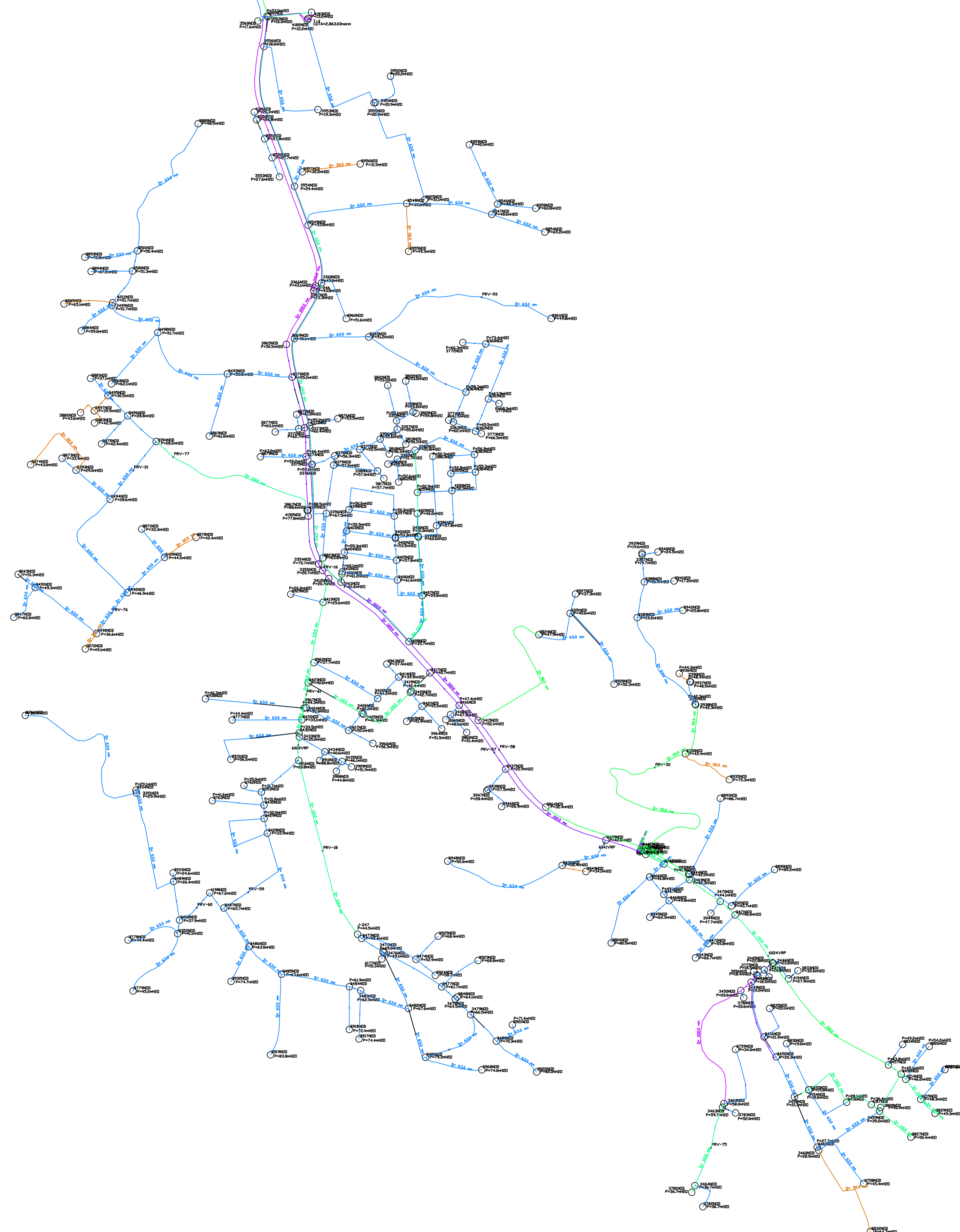
ANDREA RENDEL C.

Contiene:
 . RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2030 MODIFICADO
 . SIMBOLOGIA
 . UBICACIÓN

CUENCA, MARZO DE 2016

LÁMINA 12/15

TRINIDAD ESCENARIO 2030 MODIFICADO



SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES	
	103_cat_dst_32
	103_cat_dst_63
	103_cat_dst_90
	103_cat_dst_100
	103_cat_dst_110
	103_cat_dst_160
	103_cat_dst_200
	103_cat_dst_250

AGUA POTABLE (m H2O)	
	63PVC RED DE AGUA POTABLE
	PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
	PRESION MENOR DIEZ
	PRESION MENOR A TREINTA
	PRESION MENOR SETENTA
	PRESION MENOR A CIEN
	VALVULA ROMPRE PRESION NUEVA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Escala: _____ 1:1

RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA CULEBRILLAS

Dis. ANDREA RENGEL C.
Dib. A.R.C.
Rev. _____

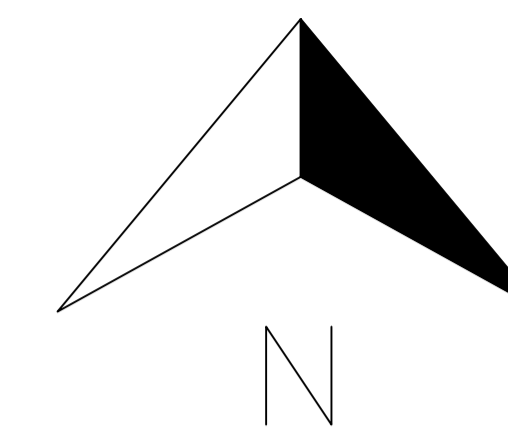
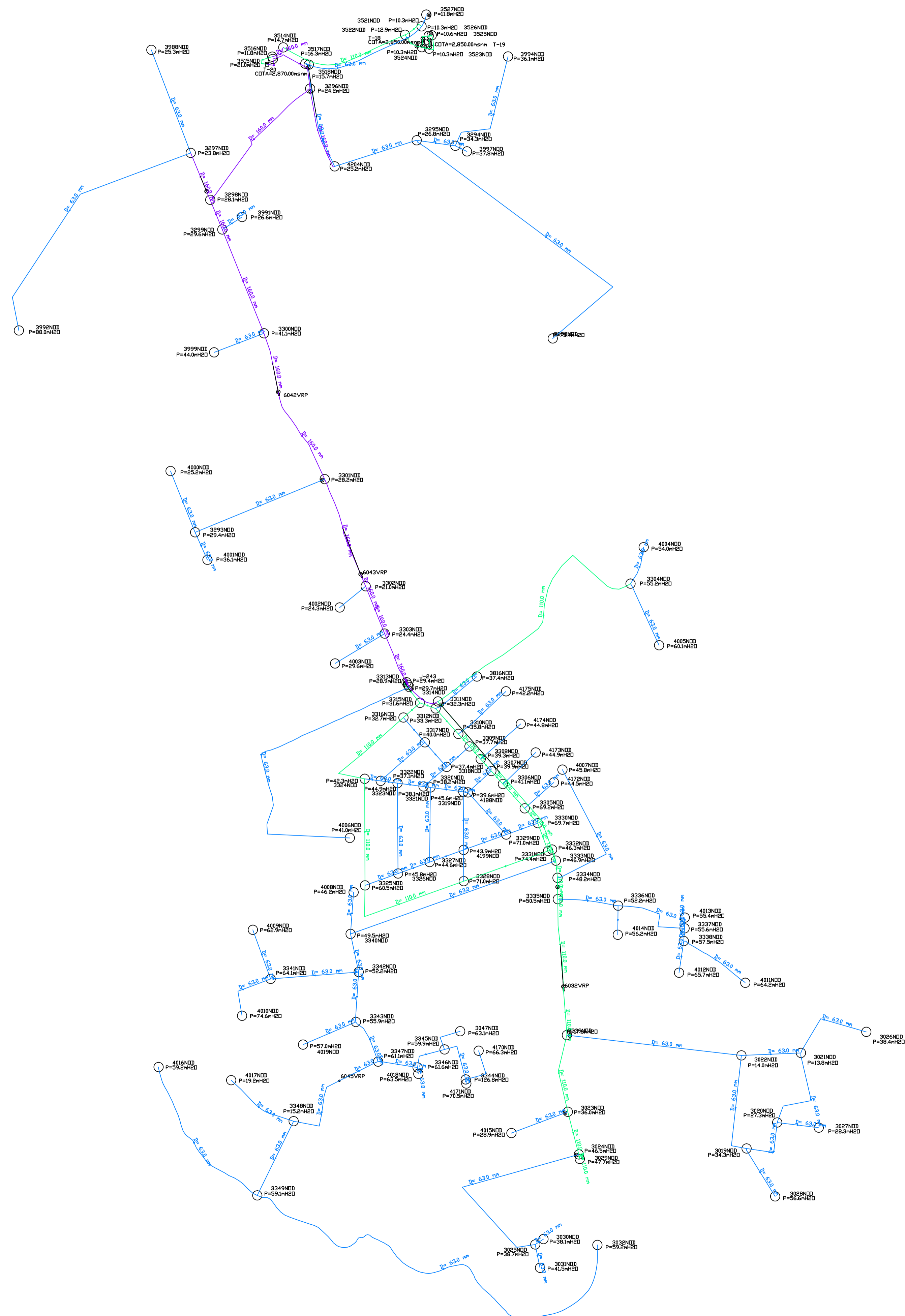
ANDREA RENGEL C.

Contiene:
- RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2030 MODIFICADO
- SIMBOLOGIA
- UBICACIÓN

CUENCA, MARZO DE 2016

LÁMINA 13/15

PUMAYUNGA ESCENARIO 2030 MODIFICADO



SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES	
	103_cat_dst_32
	103_cat_dst_63
	103_cat_dst_90
	103_cat_dst_100
	103_cat_dst_110
	103_cat_dst_160
	103_cat_dst_200
	103_cat_dst_250

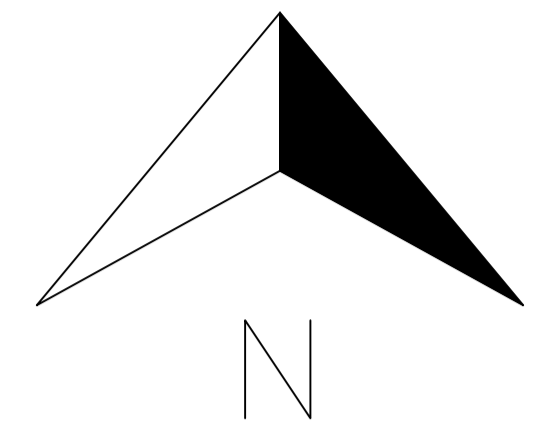
AGUA POTABLE (m H2O)	
	RED DE AGUA POTABLE
	PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
	PRESION MENOR DIEZ
	PRESION MENOR A TREINTA
	PRESION MENOR SETENTA
	PRESION MENOR A CIEN
	VALVULA ROMPRE PRESION NUEVA

 **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

Escala: _____ 1:1	RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA CULEBRILLAS
	Dis. ANDREA RENGEL C.
	Dib. A.R.C.
	Rev. _____
	ANDREA RENGEL C.

Contiene:	CUENCA, MARZO DE 2016
· RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2030 MODIFICADO	
· SIMBOLOGIA	
· UBICACIÓN	
	LÁMINA 14/15

PAN DE AZUCAR ESCENARIO 2030 MODIFICADO



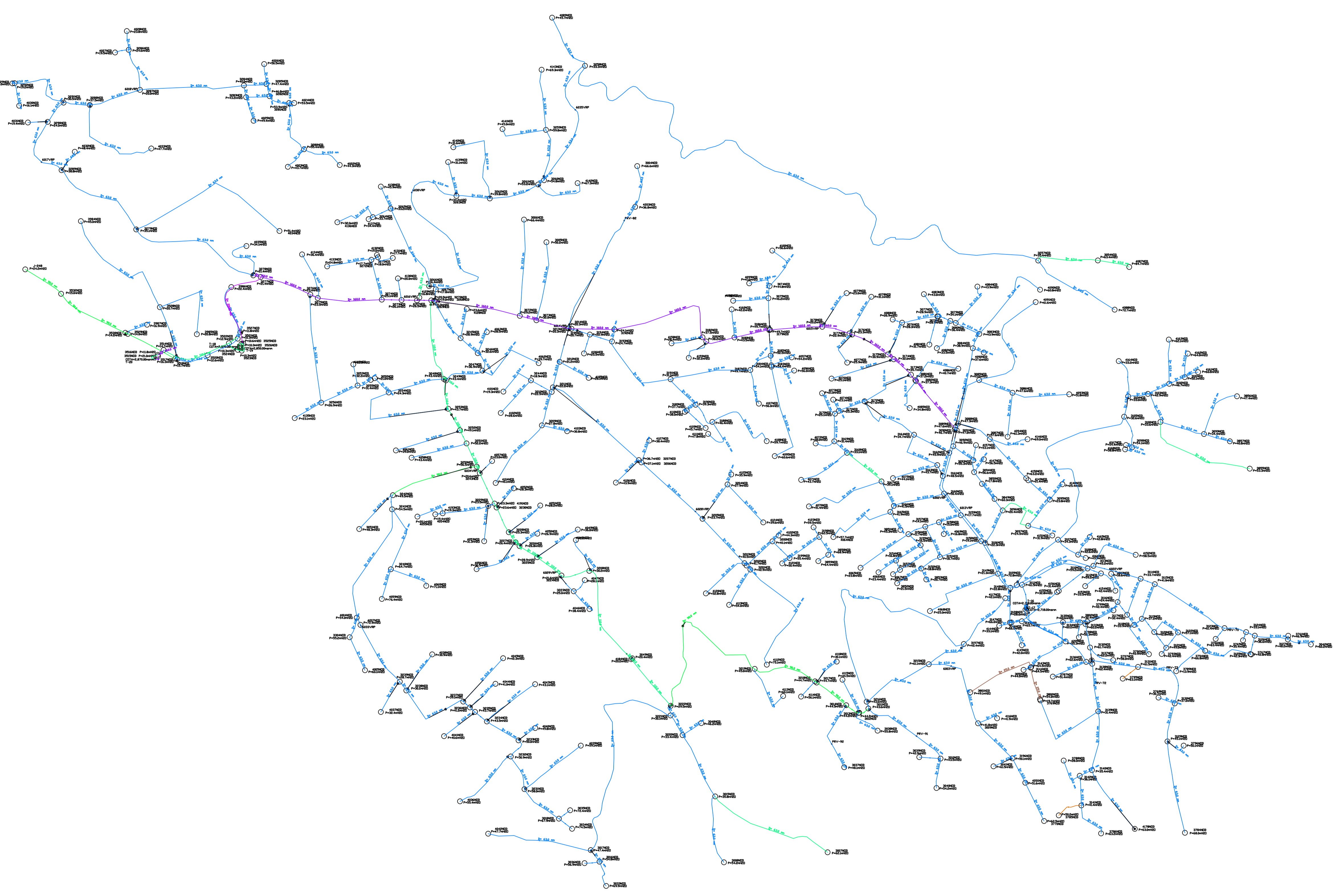
SIMBOLOGIA

CAPAS DE REDES

- 103_cat_dst_32
- 103_cat_dst_63
- 103_cat_dst_90
- 103_cat_dst_100
- 103_cat_dst_110
- 103_cat_dst_160
- 103_cat_dst_200
- 103_cat_dst_250

AGUA POTABLE (m H₂O)

- 63PVC RED DE AGUA POTABLE
- PRESION MENOR A CERO Y MAYOR A 100
- PRESION MENOR DIEZ
- PRESION MENOR A TREINTA
- PRESION MENOR SETENTA
- PRESION MENOR A CIEN
- ✕ VALVULA ROMPRE PRESION NUEVA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Escala: _____ 1:1

RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA CULEBRILLAS

Dis. ANDREA RENGEL C.

Dib. A.R.C.

Rev.

ANDREA RENGEL C.

Contiene:

- . RED DE DISTRIBUCIÓN ESCENARIO 2030 MODIFICADO
- . SIMBOLOGIA
- . UBICACIÓN

CUENCA, MARZO DE 2016

LÁMINA 15/15