



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**“DISEÑO DE UN MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELECTRICO (MABE) Y  
TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES, EN LA COMUNIDAD DE SAN  
FRANCISCO, MUNICIPIO DE ESTELÍ, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Esnider Abiel Moreno Córdoba

Br. Janeth Fernanda López Gómez

Br. Steven Elías Benavides Martínez

**Tutor**

Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga

Managua, Noviembre 2021



## **DEDICATORIA**

Este logro está dedicado primeramente a Dios por permitirme suficiente vida para poder llegar tan lejos, y tener el conocimiento suficiente.

Lo dedico a esas personas que siempre confiaron en mí, siempre me apoyaron en momentos difíciles que se presentaron a lo largo del tiempo. A mamá, que es un pilar en mi vida, sin su apoyo no hubiera sido posible cumplir esta meta, a mi abuela, me facilita la vida con su presencia.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a Dios por permitirme culminar de forma exitosa mis estudios universitarios.

Agradezco el apoyo incondicional que me dio mi mamá por siempre apoyarme de infinitas maneras, por siempre creer y confiar en mí.

Agradezco a mi abuela por sus consejos de bien y apoyo en todo momento.

Agradezco a la Sra. Areli López Rodríguez por brindarnos apoyo, consejos y un lugar para avanzar en nuestras metas profesionales.

Agradezco al Ingeniero Juan Leonardo Chow Zúñiga, por sus conocimientos y apoyo a lo largo de este proceso de la elaboración de este documento.

Agradezco a mi grupo de trabajo universitario por la ayuda a lo largo de nuestra carrera universitaria.

Br. Esnider Abiel Moreno Córdoba

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser guía y luz en mi diario vivir.

A mi padre, por ser inspiración y ejemplo constante en mi vida.

A mis tías, por el apoyo y amor que siempre me han brindado.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por darme la dicha de terminar con éxito mis estudios universitarios.

Agradezco a mi padre por el amor, el sacrificio y trabajo a lo largo de este camino todos estos años, gracias a ti he logrado llegar a este momento importante de mi vida.

A mis tías Merilú y Areli López Rodríguez, porque su apoyo en todo momento, y brindarnos un lugar para seguir logrando cada uno de los propósitos a lo largo de la carrera, gracias.

A mis abuelos y familia, quienes con sus consejos me alentaban a seguir con mi carrera para no rendirme y dar mi mayor esfuerzo.

Agradezco al Ingeniero Juan Leonardo Chow Zúñiga, por brindarnos sus conocimientos a lo largo de este proceso de la elaboración de este documento.

Agradezco a mis compañeros de trabajo universitario por su apoyo, solidaridad y responsabilidad en todos los momentos difíciles de este proceso, por sus consejos y motivaciones.

Br. Janeth Fernanda López G.

## **DEDICATORIA**

A Dios Nuestro Señor el mayor de todos los Ingeniero. Por haberme dado la vida, salud, sabiduría y entendimiento en la duración de mi carrera, así como también culminar con éxito esta monografía

A Mis Padres...Marvin I. Benavides Espinoza y Aura E. Martínez; quienes, con gran esfuerzo, estuvieron siempre a mi lado en los triunfos, logros y dificultades, dándome su apoyo y comprensión.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios nuestro Señor, por ser guía espiritual en mí camino; quien con su infinito amor me iluminó en todos estos años dándome inteligencia y sabiduría para alcanzar las metas propuestas.

A mis padres, por el apoyo incondicional y desinteresado que me han brindado en esta etapa de la vida; por darme una formación dentro de los mejores principios humanos. Por el esfuerzo que tuvieron que hacer para garantizar que este sueño no se cercenara.

A mi familia, quienes, gracias con sus apoyos puedo estar culminando esta etapa de mi vida.

A la Sra. Areli López Rodríguez por brindarnos apoyo, consejos y un lugar para avanzar en nuestras metas profesionales.

A mi tutor, Ing. Juan Leonardo Chow Zúñiga, quien estuvo presente en todo el desarrollo de mi trabajo, por su valiosa orientación, apoyo incondicional y motivación oportuna en todo momento.

A mi grupo de trabajo universitario por la ayuda a lo largo de nuestra carrera universitaria, por su solidaridad y responsabilidad en todos los momentos difíciles de este proceso.

Br. Steven Elías Benavides Martínez

## **Resumen ejecutivo**

Este trabajo describe el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad San Francisco, Departamento de Estelí, que consiste en un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE).

Para el diseño se realizó un estudio socio-económico el cual describe las características demográficas de la población, el nivel de ingreso y la demanda de servicios, también se realizó un estudio topográfico el cual describió el relieve como regular con pocas depresiones. Así mismo se realizó un análisis de la calidad de agua y aforo, encontrándose agua de buena calidad según la norma CAPRE, y un caudal suficiente para el abastecimiento de agua potable de la comunidad.

Esta propuesta se realizó con el propósito de cumplir con el objetivo de suministrar agua potable a 47 familias de la comunidad, debido a que actualmente las familias se abastecen con agua cruda y la red de agua potable brinda el servicio cada cuatro días.

El diseño del mini acueducto incluye estación de bombeo con capacidad 0.61 lps, mediante bombas sumergibles Franklin Electric de  $\frac{3}{4}$  de hp para los primeros 10 años y 1 hp a los 20 años de operación. La línea de conducción está conformada por una columna de bombeo, una sarta y una línea de impulsión con longitud total de 409.22 m.

El sistema está dotado con un tanque de almacenamiento marca Rotoplas con capacidad de 6 m<sup>3</sup> para los primeros 10 años y un tanque complementario de 1.1 m<sup>3</sup> al final de los 20 años de periodo, el agua se desinfectará con un mecanismo de hipocloración de carga constante, con el propósito de mantener un cloro residual con valores mayores 0.20 mg/l.

El tanque de almacenamiento para abastecer a una red de distribución de 1857m, a la cual se conectarán 84 familias los próximos 20 años, beneficiando a 338 habitantes.

También se diseñó un humedal sub superficial típico a escala familiar con dimensiones de 0.45 m de profundidad por 0.71 m de ancho y 6 m de largo, el cual servirá para el manejo de aguas grises (domesticas) generadas por cada familia.

El costo total para la ejecución de acueducto por bombeo eléctrico se estimó en C\$ 1,922,869.

Este documento tiene cinco capítulos obtenidos a treves de estudios realizados, a continuación, detallan:

Capítulo I. Generalidades: En este capítulo se obtuvo información de la comunidad San Francisco y del Valle el Regadío, al igual se presentan antecedentes, justificación y objetivos para el proyecto.

Capítulo II. Marco Teórico: Este capítulo detalla conceptos adecuados para proyectos de agua potable (MABE).

Capítulo III. Diseño Metodológico: En este capítulo se presenta el desarrollo metodológico que se utilizó para desarrollar cálculos y métodos utilizados para obtener resultados precisos.

Capítulo IV. Resultados: Este capítulo presenta todos lo resultados y cálculos realizados en cada una de las etapas del diseño.

Capitulo V. Conclusiones y Recomendaciones

Anexos: Presenta el formato de censo aplicado, levantamiento topográfico, estudio físico-químico y bacteriológico, resultados de análisis hidráulico, presupuesto y planos constructivos del proyecto entre otros elementos importantes del proyecto.

## CONTENIDO

|        |                                                                          |   |
|--------|--------------------------------------------------------------------------|---|
| I.     | GENERALIDADES.....                                                       | 1 |
| 1.1    | Introducción.....                                                        | 1 |
| 1.2    | Antecedentes .....                                                       | 2 |
| 1.3    | Justificación.....                                                       | 3 |
| 1.4.   | Objetivos .....                                                          | 4 |
| 1.4.1. | Objetivo general.....                                                    | 4 |
| 1.4.2. | Objetivos específicos:.....                                              | 4 |
| II.    | MARCO TEÓRICO .....                                                      | 5 |
| 2.1.   | Estudio socioeconómico.....                                              | 5 |
| 2.2.   | Estudio topográfico.....                                                 | 5 |
| 2.3.   | Estudio de calidad de agua y aforo .....                                 | 5 |
| 2.3.1. | Calidad del agua.....                                                    | 5 |
| 2.3.2. | Aforo .....                                                              | 6 |
| 2.4.   | Diseño hidráulico de un acueducto .....                                  | 6 |
| 2.4.1. | Cálculos de población.....                                               | 6 |
| 2.4.2. | Dotación.....                                                            | 7 |
| 2.4.3. | Periodos de diseño .....                                                 | 7 |
| 2.4.4. | Factores de la demanda, variación de consumo, y pérdidas en el sistema 7 |   |
| 2.4.5. | Fuentes de abastecimiento.....                                           | 7 |
| 2.4.6. | Diseño de la línea de conducción .....                                   | 8 |
| 2.4.7. | Golpe de ariete .....                                                    | 9 |
| 2.4.8. | Tanque de almacenamiento .....                                           | 9 |

|         |                                                         |    |
|---------|---------------------------------------------------------|----|
| 2.4.9.  | Desinfección .....                                      | 9  |
| 2.4.10. | Red de distribución .....                               | 10 |
| 2.4.11. | Conexiones domiciliarias .....                          | 10 |
| 2.5.    | Sistema de tratamiento de aguas grises .....            | 10 |
| 2.5.1.  | Aguas Grises .....                                      | 11 |
| 2.5.2.  | Tratamiento preliminar .....                            | 11 |
| 2.5.3.  | Humedales para el tratamiento de aguas residuales ..... | 11 |
| 2.6.    | Presupuesto para la ejecución .....                     | 12 |
| III.    | DISEÑO METODOLÓGICO .....                               | 14 |
| 3.1.    | Ubicación del estudio .....                             | 14 |
| 3.1.1.  | Macro y micro localización .....                        | 14 |
| 3.2.    | Estudio socioeconómico .....                            | 15 |
| 3.3.    | Levantamiento topográfico .....                         | 15 |
| 3.3.1.  | Etapas de campo .....                                   | 15 |
| 3.3.2.  | Etapas de gabinete .....                                | 15 |
| 3.4.    | Estudio de calidad y aforo .....                        | 16 |
| 3.4.1.  | Aforo .....                                             | 16 |
| 3.4.2.  | Caracterización Hidrológica de la microcuenca .....     | 16 |
| 3.4.3.  | Características Hidrogeológico .....                    | 20 |
| 3.4.4.  | Calidad del agua .....                                  | 22 |
| 3.5.    | Diseño hidráulico .....                                 | 22 |
| 3.5.1.  | Periodo de diseño .....                                 | 22 |
| 3.5.2.  | Población de diseño .....                               | 23 |
| 3.5.3.  | Dotación y consumo .....                                | 23 |

|         |                                                               |    |
|---------|---------------------------------------------------------------|----|
| 3.5.4.  | Caudales de diseño .....                                      | 25 |
| 3.5.5.  | Columna de bombeo.....                                        | 25 |
| 3.5.6.  | Sarta .....                                                   | 26 |
| 3.5.7.  | Línea de conducción.....                                      | 28 |
| 3.5.8.  | Carga dinámica total .....                                    | 28 |
| 3.5.9.  | Golpe de ariete .....                                         | 29 |
| 3.5.10. | Cálculo de la potencia.....                                   | 32 |
| 3.5.11. | Selección de la bomba comercial .....                         | 32 |
| 3.5.12. | Red de distribución .....                                     | 33 |
| 3.5.13. | Tanque de almacenamiento .....                                | 34 |
| 3.5.14. | Desinfección .....                                            | 35 |
| 3.5.15. | Sistema de tratamiento de agua grises.....                    | 35 |
| 3.6.    | Presupuesto .....                                             | 38 |
| IV.     | RESULTADOS .....                                              | 39 |
| 4.1.    | Estudios socioeconómicos .....                                | 39 |
| 4.1.1.  | Aspecto Generales .....                                       | 39 |
| 4.1.2.  | Aspecto Económico .....                                       | 40 |
| 4.1.3.  | Aspectos operacionales.....                                   | 42 |
| 4.1.4.  | Aspecto de Salud.....                                         | 46 |
| 4.1.5.  | Aspecto de tratamiento de aguas grises y calidad de agua..... | 46 |
| 4.2.    | Estudio topográfico.....                                      | 49 |
| 4.3.    | Estudio de calidad y aforo .....                              | 51 |
| 4.3.1.  | Características hidrológicas .....                            | 52 |
| 4.3.2.  | Características hidrogeológicas .....                         | 60 |

|         |                                             |     |
|---------|---------------------------------------------|-----|
| 4.3.3.  | Calidad del agua.....                       | 67  |
| 4.3.4.  | Localización nuevo pozo San francisco ..... | 69  |
| 4.4.    | Diseño hidráulico .....                     | 70  |
| 4.4.1.  | Periodo de diseño .....                     | 70  |
| 4.4.2.  | Población de diseño.....                    | 70  |
| 4.4.3.  | Dotación y consumo .....                    | 71  |
| 4.4.4.  | Caudales de diseño .....                    | 73  |
| 4.4.5.  | Columna de bombeo.....                      | 73  |
| 4.4.6.  | Sarta .....                                 | 75  |
| 4.4.7.  | Línea de conducción.....                    | 77  |
| 4.4.8.  | Carga dinámica Total.....                   | 78  |
| 4.4.9.  | Golpe de ariete .....                       | 78  |
| 4.4.10. | Cálculo de la potencia.....                 | 82  |
| 4.4.11. | Selección de la bomba comercial .....       | 82  |
| 4.4.12. | Análisis hidráulico con EPANET .....        | 84  |
| 4.4.13. | Tanque de almacenamiento .....              | 105 |
| 4.4.14. | Desinfección .....                          | 106 |
| 4.4.15. | Sistema de tratamiento de agua grises.....  | 108 |
| 4.5.    | Presupuesto .....                           | 110 |
| V.      | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....         | 111 |
| 5.1.    | Conclusiones.....                           | 111 |
| 5.2.    | Recomendaciones.....                        | 112 |
|         | BIBLIOGRAFÍA.....                           | 113 |
|         | ANEXOS .....                                | I   |

|                                                                                                |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Ilustración 1 "Perfil estratigráfico" .....</i>                                             | <i>66</i>  |
| <i>Ilustración 2 "Esquema de energía en el golpe de ariete " .....</i>                         | <i>81</i>  |
| <i>Ilustración 3 "Curva de rendimiento de bomba a 10 años" .....</i>                           | <i>83</i>  |
| <i>Ilustración 4 "Índice de ilustraciones" .....</i>                                           | <i>85</i>  |
| <i>Ilustración 5 "Vista en planta de línea de conducción" .....</i>                            | <i>86</i>  |
| <i>Ilustración 6 "Perfil longitudinal de terreno natural de línea de conducción" .....</i>     | <i>89</i>  |
| <i>Ilustración 7 "Perfil longitudinal de altura piezométrica en línea de conducción" .....</i> | <i>90</i>  |
| <i>Ilustración 8 "Perfil longitudinal de presiones en línea de conducción" .....</i>           | <i>90</i>  |
| <i>Ilustración 9 "Vista en planta de red de distribución" .....</i>                            | <i>92</i>  |
| <i>Ilustración 10 "Perfil longitudinal de terreno natural de perfil A" .....</i>               | <i>94</i>  |
| <i>Ilustración 11 "Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil A " .....</i>          | <i>95</i>  |
| <i>Ilustración 12 "Perfil longitudinal de presiones del perfil A" .....</i>                    | <i>95</i>  |
| <i>Ilustración 13 "Perfil longitudinal de terreno natural de perfil B" .....</i>               | <i>96</i>  |
| <i>Ilustración 14 "Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil B " .....</i>          | <i>96</i>  |
| <i>Ilustración 15 "Perfil longitudinal de presiones del perfil B" .....</i>                    | <i>97</i>  |
| <i>Ilustración 16 "Perfil longitudinal de terreno natural de perfil C" .....</i>               | <i>97</i>  |
| <i>Ilustración 17 "Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil C " .....</i>          | <i>98</i>  |
| <i>Ilustración 18 "Perfil longitudinal de presiones del perfil C" .....</i>                    | <i>98</i>  |
| <i>Ilustración 19 "Perfil longitudinal de terreno natural de perfil D" .....</i>               | <i>99</i>  |
| <i>Ilustración 20 "Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil D" .....</i>           | <i>99</i>  |
| <i>Ilustración 21 "Perfil longitudinal de presiones del perfil D" .....</i>                    | <i>100</i> |
| <i>Ilustración 22 "Perfil longitudinal de terreno natural de perfil E" .....</i>               | <i>100</i> |
| <i>Ilustración 23 "Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil E " .....</i>          | <i>101</i> |

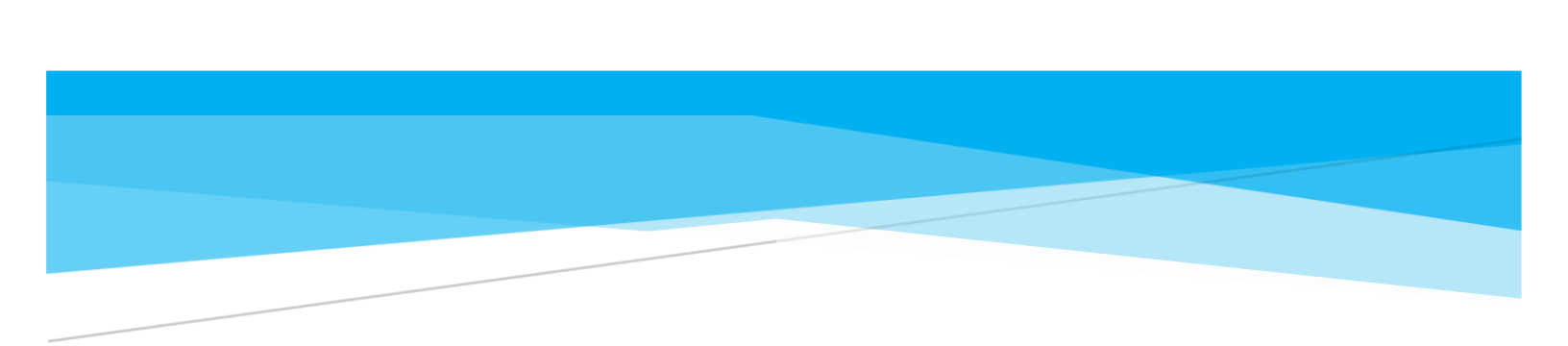
|                                                                                                                          |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <i>Ilustración 24 "Perfil longitudinal de presiones del perfil E"</i> .....                                              | 101    |
| <i>Ilustración 25 "Limpieza del lugar 1m2 y profundidad de 30 cm donde se aplicará el método de porchet"</i> .....       | XV     |
| <i>Ilustración 26 "Material extraído"</i> .....                                                                          | XV     |
| <i>Ilustración 27 " Medición de diámetro del agujero"</i> .....                                                          | XV     |
| <i>Ilustración 28 "Tipos de estratos del agujero"</i> .....                                                              | XV     |
| <i>Ilustración 29 "Vista del agujero en el centro del área delimitada"</i> .....                                         | XVI    |
| <i>Ilustración 30 " Mediciones de la superficie a la niveleta y la altura del fondo del agujero a la niveleta"</i> ..... | XVI    |
| <i>Ilustración 31 "Medición de cuánta agua se infiltro en el lapso de 10 minutos"</i>                                    | XVI    |
| <i>Ilustración 32 "Llenado de agua en la perforación para saturar el suelo"</i> .....                                    | XVI    |
| <i>Ilustración 33 " Limpieza del lugar 1m2 y profundidad de 30 cm donde se aplicara el metodo porchet"</i> .....         | XVII   |
| <i>Ilustración 34 "Medicion de diametro del agujero"</i> .....                                                           | XVII   |
| <i>Ilustración 35 "Medición de altura del fondo del agujero a la niveleta"</i> .....                                     | XVII   |
| <i>Ilustración 36 "Vista del agujero en el centro del área delimitada"</i> .....                                         | XVII   |
| <i>Ilustración 37 "Medición de cuánta agua se infiltro en el lapso de 10 minutos"</i> .....                              | XVIII  |
| <i>Ilustración 38 "Llenado de agua en la perforación para saturar el suelo"</i> .....                                    | XVIII  |
| <i>Ilustración 39 "Presiones y velocidades de línea de conducción por bombeo"</i> .....                                  | XXXII  |
| <i>Ilustración 40 "Presiones y velocidades de línea de conducción por bombeo"</i> .....                                  | XXXIII |
| <i>Ilustración 41 "Presiones y velocidades de línea de conducción por bombeo"</i> .....                                  | XXXIV  |

|                                                                                   |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <i>Ilustración 42 "Presiones y velocidades de línea de conducción por bombeo"</i> | XXXV    |
| <i>Ilustración 43 "Presiones y velocidades de línea de conducción por bombeo"</i> | XXXVI   |
| <i>Ilustración 44 "Presiones y velocidades del perfil A"</i>                      | XXXVII  |
| <i>Ilustración 45 "Presiones y velocidades del perfil A"</i>                      | XXXVIII |
| <i>Ilustración 46 "Presiones y velocidades del perfil A"</i>                      | XXXIX   |
| <i>Ilustración 47 "Presiones y velocidades del perfil A"</i>                      | XL      |
| <i>Ilustración 48 "Presiones y velocidades del perfil A"</i>                      | XLI     |
| <i>Ilustración 49 "Presiones y velocidades del perfil A"</i>                      | XLII    |
| <i>Ilustración 50 "Presiones y velocidades del perfil A"</i>                      | XLIII   |
| <i>Ilustración 51 "Presiones y velocidades del perfil A"</i>                      | XLIV    |
| <i>Ilustración 52 "Presiones y velocidades del perfil A"</i>                      | XLV     |
| <i>Ilustración 53 "Presiones y velocidades del perfil A"</i>                      | XLVI    |
| <i>Ilustración 54 "Presiones y velocidades del perfil A"</i>                      | XLVII   |
| <i>Ilustración 55 "Presiones y velocidades del perfil A"</i>                      | XLVIII  |
| <i>Ilustración 56 "Presiones y velocidades del perfil A"</i>                      | XLIX    |
| <i>Ilustración 57 "Presiones y velocidades del perfil B"</i>                      | L       |
| <i>Ilustración 58 "Presiones y velocidades del perfil C"</i>                      | LI      |
| <i>Ilustración 59 "Presiones y velocidades del perfil D"</i>                      | LII     |
| <i>Ilustración 60 "Presiones y velocidades del perfil E"</i>                      | LIII    |
| <i>Ilustración 61 "Simulación de cloro residual a 7 hrs "</i>                     | LVIII   |
| <i>Ilustración 62 "Simulación de cloro residual a 16 hrs "</i>                    | LIX     |
| <i>Ilustración 63 "Simulación de cloro residual a 24 hrs "</i>                    | LX      |

|                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Tabla 1 " Porcentaje poblacional por sexo" .....</i>                                              | <i>39</i> |
| <i>Tabla 2 " Porcentajes de Ingresos Remunerados" .....</i>                                          | <i>40</i> |
| <i>Tabla 3 " Trabajos Remunerados" .....</i>                                                         | <i>41</i> |
| <i>Tabla 4 "Porcentaje de población que posee agua potable" .....</i>                                | <i>42</i> |
| <i>Tabla 5 "Servicio de Agua potable" .....</i>                                                      | <i>43</i> |
| <i>Tabla 6 " Porcentaje de familias que disponen con suficiente agua" .....</i>                      | <i>44</i> |
| <i>Tabla 7 "Distancia que recorren para obtener agua" .....</i>                                      | <i>45</i> |
| <i>Tabla 8 " Porcentaje de la población que afectada por la contaminación del agua" .....</i>        | <i>46</i> |
| <i>Tabla 9 " Porcentaje de familias que poseen tratamiento de aguas grises" .....</i>                | <i>47</i> |
| <i>Tabla 10 "Porcentaje de construcción de humedal para aguas grises" .....</i>                      | <i>48</i> |
| <i>Tabla 11 "Porcentaje según los rangos de calidad de agua" .....</i>                               | <i>48</i> |
| <i>Tabla 12 "Coordenadas de puntos geodésicos" .....</i>                                             | <i>50</i> |
| <i>Tabla 13 " Índice de Planos topográficos" .....</i>                                               | <i>51</i> |
| <i>Tabla 14 "Morfometría de cuenca la Sirena" .....</i>                                              | <i>52</i> |
| <i>Tabla 15 "Temperaturas y precipitaciones series de tiempo 1998 a 2019" .....</i>                  | <i>57</i> |
| <i>Tabla 16 "Evapotranspiración potencial método de Thornthwait" .....</i>                           | <i>58</i> |
| <i>Tabla 17 "Balance hídrico" .....</i>                                                              | <i>59</i> |
| <i>Tabla 18 "Datos obtenidos en campo aplicando método de Porchet Valle Regadio" .....</i>           | <i>62</i> |
| <i>Tabla 19 "Datos obtenidos en campo aplicando método de Porchet comunidad San Francisco" .....</i> | <i>64</i> |
| <i>Tabla 20 "Proyección poblacional" .....</i>                                                       | <i>71</i> |
| <i>Tabla 21 "Valores K por accesorios" .....</i>                                                     | <i>76</i> |

|                                                                                                      |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <i>Tabla 22 "Velocidades, diámetros y perdidas en de la línea de conducción por bombeo"</i> .....    | 87    |
| <i>Tabla 23 "Presiones en la línea de conducción"</i> .....                                          | 88    |
| <i>Tabla 24 "Distribución Nodal"</i> .....                                                           | 91    |
| <i>Tabla 25 "Longitudes y diámetros de la red"</i> .....                                             | 92    |
| <i>Tabla 26 "Velocidades mínimas y máximas"</i> .....                                                | 93    |
| <i>Tabla 27 "Presiones en perfil A"</i> .....                                                        | 94    |
| <i>Tabla 28 "Presiones sin demanda en red de distribución"</i> .....                                 | 104   |
| <i>Tabla 29 "Dosificación de cloro para la desinfección de agua con hipoclorador"</i><br>.....       | 107   |
| <i>Tabla 30 "Formato de censo"</i> .....                                                             | I     |
| <i>Tabla 31 "Formato de encuesta"</i> .....                                                          | VI    |
| <i>Tabla 32 "Elevaciones y coordenadas del levantamiento topográfico"</i> .....                      | VII   |
| <i>Tabla 33 "Parámetros para estudios fisicoquímico, bacteriológico y metales pesados"</i> .....     | XI    |
| <i>Tabla 34 "Resultado de estudio fisicoquímicos de la muestra de agua"</i> .....                    | XII   |
| <i>Tabla 35 "Resultado de estudio bacteriológico de la muestra de agua"</i> .....                    | XIII  |
| <i>Tabla 36 "Resultado de metales pesados de la muestra de agua"</i> .....                           | XIV   |
| <i>Tabla 37 "Aforo el regadío"</i> .....                                                             | XIX   |
| <i>Tabla 38 "Población y demanda proyectada a 20 años"</i> .....                                     | XXII  |
| <i>Tabla 39 "Longitud, diámetro, caudal, velocidades y perdidas en la red de distribución"</i> ..... | XXIII |
| <i>Tabla 40 "Presiones en la red de distribución"</i> .....                                          | XXVI  |
| <i>Tabla 41 "Presiones sin demanda"</i> .....                                                        | XXIX  |
| <i>Tabla 42 "Simulación de cloro residual en la red a 7 hrs, 16 hrs y 24 hrs"</i> .....              | LIV   |

*Tabla 43 "Presupuesto" .....LXI*



# **CAPITULO I. GENERALIDADES**

---

## **I. GENERALIDADES**

### **1.1 Introducción**

La comunidad de San Francisco cuenta con una extensión territorial de 3 Km<sup>2</sup>, tiene una población de 206 habitantes, la cual está ubicada a 21 kilómetro de la cabecera departamental Estelí, en las coordenadas 13.170742, -86.4332911.

Así mismo, goza de un clima de sabana tropical seco con precipitaciones anuales de 924 mm, y con temperaturas que oscilan entre los 24° - 34° C, es de las zonas más áridas del país (INIDE-MAGFOR, 2013).

La economía del municipio está centrada en el comercio, se destacan la artesanía, negocios locales como panadería, así como el cultivo de granos básico de frijol y maíz (INIDE-MAGFOR, 2013).

Actualmente, la comunidad San Francisco se abastece a través de la captación de agua por medio de una pileta, la cual se recarga mediante un manantial, no obstante, el sistema es deficiente debido al crecimiento poblacional y al deterioro por falta de mantenimiento.

El presente documento contiene una propuesta de tratamiento de aguas grises (domesticas) y el diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico MABE, tomando en cuenta la proyección de la población actual a un periodo de 20 años y las normas vigentes. El proyecto antes mencionado favorecerá el desarrollo socio-económico de la comunidad, solucionara los problemas de abastecimiento de agua potable que afectan a 47 familias, mejorarán la calidad de vida y contribuirán a la reducción de enfermedades de origen hídrico.

## **1.2 Antecedentes**

En Nicaragua, se suministra anualmente a la población alrededor de 220 millones de metros cúbicos, de ellos el 82 % son de origen subterráneo y el 18% provienen de otros tipos de fuentes. En el país se tiene una alta disponibilidad de agua por habitante estimada en 38 mil 668 m<sup>3</sup> per cápita, sin embargo, la calidad de los recursos hídricos ha sido afectada en todo el país (ENACAL, 2008).

En la ciudad de Estelí los habitantes cuentan con agua potable la mayor parte del día esto se debe a la explotación de recursos hidrológicos subterráneos con que cuentan en la ciudad, lo que se hace con pozos perforados construidos en sitios aledaños a la ciudad.

No obstante, el agua que se consume en la comunidad de San Francisco proviene de una captación, actualmente no abastece la demanda de la población, situación que se agudiza en la época de verano especialmente para los residentes de las zonas altas de la comunidad (Lazo, 2020).

Por lo anterior la comunidad en reiteradas ocasiones ha solicitado a las autoridades municipales que se realice un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable y tratamiento de agua grises, debido a que el sistema de captación no cumple con la demanda de la población actual, y también no existe un sistema de tratamiento de aguas grises. La falta de los mencionados servicios según los líderes comunales, favorecen la proliferación de enfermedades en todos los habitantes de la comunidad.

### **1.3 Justificación**

El presente proyecto se propone para solucionar la necesidad de agua potable en la comunidad de San Francisco municipio de Estelí que ya cumplió con su vida útil, el cual fue construido en 1995, por ello hay una demanda insatisfecha de agua potable en una población creciente, que actualmente se abastece de la captación de agua proveniente de un manantial, así mismo carecen de tratamiento necesario para su potabilización.

Según testimonio de los residentes, los pobladores de la comunidad de San Francisco reciben un suministro escaso de agua potable, con un mínimo de 2 horas por día y un máximo de 4 horas por día, valores muy debajo de las 24 horas que manda la norma (INAA, 1999a, pág. 20).

Lo anterior se debe a que el sistema de agua potable de la comunidad ha sufrido un considerable deterioro debido a 25 años de operación, con escaso mantenimiento. Por tanto, los frecuentes desperfectos han provocado desabastecimientos especialmente a los residentes de la zona alta del pueblo, durante buena parte del verano.

Además, en la comunidad de San Francisco los hogares no cuentan con un tratamiento de aguas grises, las cuales son depositadas en el patio de las viviendas, lo que favorece la proliferación de enfermedades diarreicas y afines.

Debido a lo anterior se propone el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable (MABE) y sistemas de tratamiento de aguas grises por viviendas, con la finalidad de tener servicios de agua y saneamiento, adecuado a las demandas de la población.

Por tanto, se contribuirá en la mejora del nivel de vida de la población, reduciendo el trabajo infantil y el excesivo trabajo de las mujeres quienes actualmente se encargan de recolectar el 80% del agua para sus hogares, también se incidirá en la reducción de las enfermedades de origen hídrico, donde cada día mueren 800 niños mueren debido a enfermedades diarreicas asociadas a la falta de higiene según (PNUD, s.f).

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Realizar diseño de Mini-acueducto por bombeo eléctrico (MABE) y tratamiento de aguas grises en la comunidad de San Francisco, Estelí, 2020.

### **1.4.2. Objetivos específicos:**

- Realizar estudio Socioeconómico en la comunidad de San Francisco, con el propósito de conocer las características demográficas, económicas y las demandas por servicio.
- Hacer un estudio topográfico con el propósito de conocer las características del relieve de la localidad, necesarias para diseño de un acueducto.
- Estudiar la calidad de agua de la fuente y realizar un aforo de la misma, con el propósito de conocer la cantidad disponible y calidad según la norma.
- Diseñar todos los componentes hidráulicos del sistema de agua potable, basado en las normas rurales, con el propósito de satisfacer la demanda con agua de buena calidad.
- Proponer sistema de tratamiento de aguas grises para las viviendas, con la finalidad de incidir en la reducción de enfermedades de origen hídrico.
- Realizar presupuesto para la ejecución del MABE, basado en los precios unitarios del FISE.



## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

---

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Estudio socioeconómico**

Estudio socioeconómico, es un informe técnico que reúne la información mediante encuestas (o censos) y entrevistas para caracterizar y conocer las condiciones en que viven las familias de la zona estudiada que será objeto de la intervención, así como el estado ambiental del territorio, las necesidades de salud, educación y otros servicios, así mismo se consideran los aspectos comerciales, industriales o de servicio (CENEPRED, 2016).

### **2.2. Estudio topográfico**

Una vez reconocida el área perimetral de la población y preseleccionados los sitios convenientes para estaciones de bombeo, planta de tratamiento y lugar para descarga de las aguas residuales, se procederá a efectuar los levantamientos topográficos de conjunto (INAA, 2006, pág. 16).

Los levantamientos topográficos deben dar una perfecta idea de conjunto y tener detalles suficientes para una ejecución posterior bien ubicada. Se deberá utilizar como punto de partida de cualquier levantamiento topográfico, la Red Geodésica Nacional, tanto en el levantamiento planimétrico como altimétrico y deberá cumplir con las recomendaciones que al respecto indique el INETER. Según (INAA, 2006, pág. 16)

### **2.3. Estudio de calidad de agua y aforo**

#### **2.3.1. Calidad del agua**

Las normas de calidad del agua establecen los requisitos básicos, a los cuales debe responder la calidad del agua suministrada en los servicios para consumo humano y para todo uso doméstico. Esta Norma establece tres etapas de Control de Calidad del Agua (CAPRE, 1993).

Primera etapa: Los parámetros en esta etapa son coliforme total o coliforme fecal, olor, color, sabor, turbiedad, temperatura, concentración de iones, hidrogeno (ph), conductividad y cloro residual. (CAPRE, 1993)

Segunda etapa: Corresponde al análisis de la primera etapa ampliado con aluminio, cloruros, cobre, dureza, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, nitrato, nitrito, amonio, hierro, magnesio, fluoruro, arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, plomo, antimonio, selenio, sulfuro de hidrogeno y zinc. (CAPRE, 1993)

Tercera etapa: Corresponde al análisis avanzado del agua potable y comprende los parámetros de la segunda etapa, ampliando con sólidos totales disueltos, desinfectantes, subproductos de la desinfección y sustancias orgánicas (plaguicidas) de significado para la salud. (CAPRE, 1993)

### **2.3.2. Aforo**

Según FAO, (1997) existen diferentes métodos de aforo como:

Método volumétrico, esta es la forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido.

Método de velocidad/superficie: Este método depende de la medición de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal.

Para el aforo en pozos profundos de acuerdo con INAA (1999b, pág. 29) se requiere un bombeo de prueba, para ello pueden utilizarse los pozos de prueba, o un pozo permanente con uno o más pozos de observación, que estarán a 4 ó 5 metros de distancia de la perforación principal y tendrán diámetro mínimo de 100 mm (4"). La duración mínima del bombeo de prueba será de 48 horas.

## **2.4. Diseño hidráulico de un acueducto**

El análisis hidráulico de la red y de la línea de conducción, permite dimensionar los conductos que integran dichos elementos (INAA, 1999a, pág. 34).

### **2.4.1. Cálculos de población**

La población a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que constituyen el sistema. La metodología generalmente aplicada, requiere la

investigación de las tasas de crecimiento histórico. Las informaciones de datos poblacionales se pueden obtener de las siguientes fuentes de información tales como: Censos Nacionales de 1950, 1963 y 1995, INEC Y EL MINSA. Para el cálculo de las poblaciones futuras se usará el método geométrico (INAA, 1999a, pág. 9).

#### **2.4.2. Dotación**

Para sistemas de abastecimiento de agua potable con población rural dispersa, se asignará una dotación 80 lppd para conexiones domiciliarias. (NTON 09 007 , 2019, pág. 10).

#### **2.4.3. Periodos de diseño**

Según INAA (1999b, pág. 23), cuando se trata de diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, es obligatorio fijar la vida útil de todos los componentes del sistema; debe definirse hasta qué punto estos componentes pueden satisfacer las necesidades futuras de la localidad.

#### **2.4.4. Factores de la demanda, variación de consumo, y pérdidas en el sistema**

Las variaciones de consumo estarán expresadas como factores de la demanda promedio diario, se considera 1.5 para consumo máximo diario y 2.5 para el consumo máximo horario. También cuándo se proyectan sistemas de abastecimiento de agua potable, es necesario considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes, la cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20%. Todos estos factores sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de: obras de captación, línea de conducción y red de distribución (INAA, 1999a, pág. 15).

#### **2.4.5. Fuentes de abastecimiento**

La fuente de abastecimiento para agua potable, constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto, debe estar lo suficientemente protegida

y debe cumplir dos propósitos fundamentales. Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población durante el período de diseño considerado. Mantener las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad de la misma. (INAA, 1999a, pág. 18)

#### **2.4.6. Diseño de la línea de conducción**

La línea de conducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto de máximo día (INAA, 1999a, pág. 32)

- **Columna de bombeo**

El diámetro de la columna de bombeo dentro del pozo acoplado a la bomba, será diseñada para una pérdida de fricción no mayor del 5% de su longitud, por lo cual se recomiendan utilizar los diámetros para columnas de bombeo en relación al caudal que recomienda la norma (INAA, 1999a, pág. 22).

- **Sarta**

El diámetro de la sarta estará definido por el diámetro del medidor de agua. La válvula de retención debe colocarse entre la bomba y la válvula de compuerta, se deberá considerar una válvula de alivio para proteger la instalación del golpe de ariete recomendándose los diámetros que manda la norma (INAA, 1999a, pág. 24)

- **Línea de conducción**

Según INAA (1999a, pág. 33) en el diseño de una línea de conducción por bombeo, se hará uso de una fuente externa de energía, para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las pérdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo. Deberá considerarse los siguientes aspectos:

- a. Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen-William u otra similar.
- b. Para determinar el mejor diámetro económico puede aplicarse la formula recomendada por la norma similar a la ecuación Bresse, ampliamente usada en los Estados Unidos de Norte América.

#### **2.4.7. Golpe de ariete**

Este fenómeno transitorio, se observa cuando repentinamente se cierran las válvulas de compuerta de un sistema de conducción o también cuando bruscamente se apagan unidades de un sistema de bombeo. En estos casos aparece el fenómeno físico denominado “golpe de ariete”, el cual viene caracterizado por una variación considerable y repentina de la presión. (Campos, Sinichenko, & Gritsuk, 2016).

La sobrepresión en dependencia del tiempo de parada según la ecuación de Mendeluce, puede calcularse con la ecuación de Michaud o Allievi según sea cierre lento o rápido respectivamente (Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real, 2010, pág. 13)

#### **2.4.8. Tanque de almacenamiento**

De acuerdo a INAA (1999a, pág. 38), son depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua, tienen como objetivos suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua.

#### **2.4.9. Desinfección**

El agua que se utiliza para el abastecimiento de una población, para usos básicamente domésticos, debe ser específicamente un agua exenta de organismos patógenos que evite brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico (INAA, 1999a, pág. 50).

Si la calidad del agua no satisface las normas recomendadas deberá someterse a un proceso de potabilización. Toda agua que se abastece para consumo humano debe someterse a desinfección; incluso la de origen subterráneo para prevenir cualquier contaminación durante su distribución. El cloro usado nacionalmente para desinfección del agua puede ser como solución de hipoclorito de sodio (liquido) o como cloro gas. En general, el hipoclorito se recomienda para abastecimiento de pequeñas poblaciones (INAA, 1999b, pág. 96)

#### **2.4.10. Red de distribución**

La red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos.

Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario más las pérdidas o fugas. El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos (INAA, 1999a, pág. 34).

Para el análisis hidráulico de la red deben considerarse los casos de red abierta (Ramificada) y de malla cerrada. Pueden utilizarse el método Hunter o el método de Hardy –Cross, también se puede analizar por medio de programas para computadoras basados en la fórmula de Hazen-Williams, o cualquier otra ampliamente conocida (INAA, 1999a, pág. 37).

#### **2.4.11. Conexiones domiciliarias**

Son tomas de agua que se aplican en el sector rural, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como disponibilidad suficiente de agua, bajos costos de operaciones, capacidad de pago de la población, y número de usuarios del servicio. (INAA, 1999a, pág. 13)

### **2.5. Sistema de tratamiento de aguas grises**

El agua residual cruda es putrescible, de malos olores, ofensiva y un riesgo para la salud y el ambiente, por consiguiente, el objetivo básico del tratamiento de las

mismas es proteger la salud y el bienestar de los individuos miembros de la sociedad, mediante diferentes procesos de tratamiento (INAA, 2006, pág. 74).

La selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales, o de la combinación adecuada de ellos, depende principalmente de las características del agua cruda, la calidad requerida del efluente, la disponibilidad de terreno, los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento, la confiabilidad del sistema de tratamiento (INAA, 2006, pág. 74).

#### **2.5.1. Aguas Grises**

Las aguas grises son aguas provenientes de las lavadoras, regaderas, tinas y lavabos. Son agua residual es que tuvieron un uso ligero, que pueden contener jabón, cabello, suciedad o bacterias, según (Allen, 2015, pág. 2).

#### **2.5.2. Tratamiento preliminar**

El tratamiento preliminar es el proceso de eliminación de aquellos constituyentes de las aguas residuales, que pudieren interferir con los procesos subsecuentes del tratamiento. (INAA, 2006, pág. 57)

#### **2.5.3. Humedales para el tratamiento de aguas residuales**

Los humedales, naturales o artificiales, son sistemas de tratamiento acuático en los cuales se usan plantas y animales para el tratamiento de aguas residuales.

Los humedales artificiales son de superficie libre de agua, es decir, con espejo de agua; o de flujo subsuperficial sin espejo de agua. Los humedales artificiales se han utilizado en el tratamiento de aguas residuales municipales, para tratamiento secundario y avanzado, tratamiento de aguas de irrigación, para tratar lixiviados de rellenos sanitarios, tratamiento de efluentes de tanques sépticos, etc.

- **Humedales con espejo de agua**

El humedal con espejo de agua es un pantano o ciénaga en el que la vegetación emergente está inundada hasta una profundidad de 10 a 45 cm. La vegetación incluye juncos, cañas, espadaña y anea. Algunos humedales artificiales se

construyen con revestimientos de material impermeable para impedir la percolación, otros para retención completa del afluente y pérdida por percolación y evapotranspiración (INAA, 2006, pág. 80).

- **Humedales de flujo subsuperficiales**

En este tipo de humedales el agua fluye por debajo de la superficie de un medio poroso sembrado de plantas emergentes. El medio poroso es comúnmente grava gruesa y arena con espesores de 0.45 a 1.0 m y pendiente de 0.00 a 0.005. Estos humedales requieren menos áreas que los anteriores y no tienen problemas de malos olores y mosquitos. La vegetación es similar a la utilizada en los humedales con espejo de agua y no se requiere cosechar las plantas (INAA, 2006, pág. 82).

## **2.6. Presupuesto para la ejecución**

El presupuesto es el cálculo anticipado del costo total estimado para ejecutar la construcción, reparación o mantenimiento de un proyecto en un período de tiempo fijado. El presupuesto es la resultante de sumar los cinco elementos que componen el cálculo del costo estimado de la obra y que son: Costo Directo (CD) + Costo Indirecto (CI) + Costo de Administración Central (CAC) + Utilidad (U) + Impuestos (I) (MTI, 2008, pág. 5).

A continuación, se describen cada uno de los cinco elementos componen el costo estimado de la obra:

Costo directo: Son los costos previstos en que se debe incurrir directamente para utilizar o adquirir e integrar los recursos necesarios, en la cantidad o en el tiempo que sean necesarios, para realizar una actividad de construcción (MTI, 2008)

Costo indirecto: Son los costos previstos en que se debe incurrir de manera global o generalizada para realizar la construcción, mantenimiento o reparación de un “sitio crítico” de la red en la jurisdicción de una municipalidad en un plazo establecido (MTI, 2008).

Costos de administración: Son los costos en que se incurre por mantener el personal administrativo de campo el tiempo que dure el proyecto. (MTI, 2008)

Impuestos: Son los costos previstos en que debe incurrir un contratista como carga impositiva en cumplimiento de las leyes tributarias vigentes por ejecutar la construcción, reparación o mantenimiento de un “sitio crítico” de la red (terrestre o acuática) en la jurisdicción de una municipalidad en un plazo establecido (MTI, 2008, pág. 23)

Utilidades: Son los costos previstos que un contratista espera obtener como ganancia por ejecutar la construcción, reparación o mantenimiento, de un “sitio crítico” de la red (terrestre o acuática) en la jurisdicción de una municipalidad en un plazo establecido. Este costo se presenta en forma de porcentaje de la sumatoria de los costos directos, indirectos y de administración central, con un rango entre el 3% y el 10% según (MTI, 2008, pág. 23).



## **Capítulo III. DISEÑO METODOLÓGICO**

---

### III. DISEÑO METODOLÓGICO

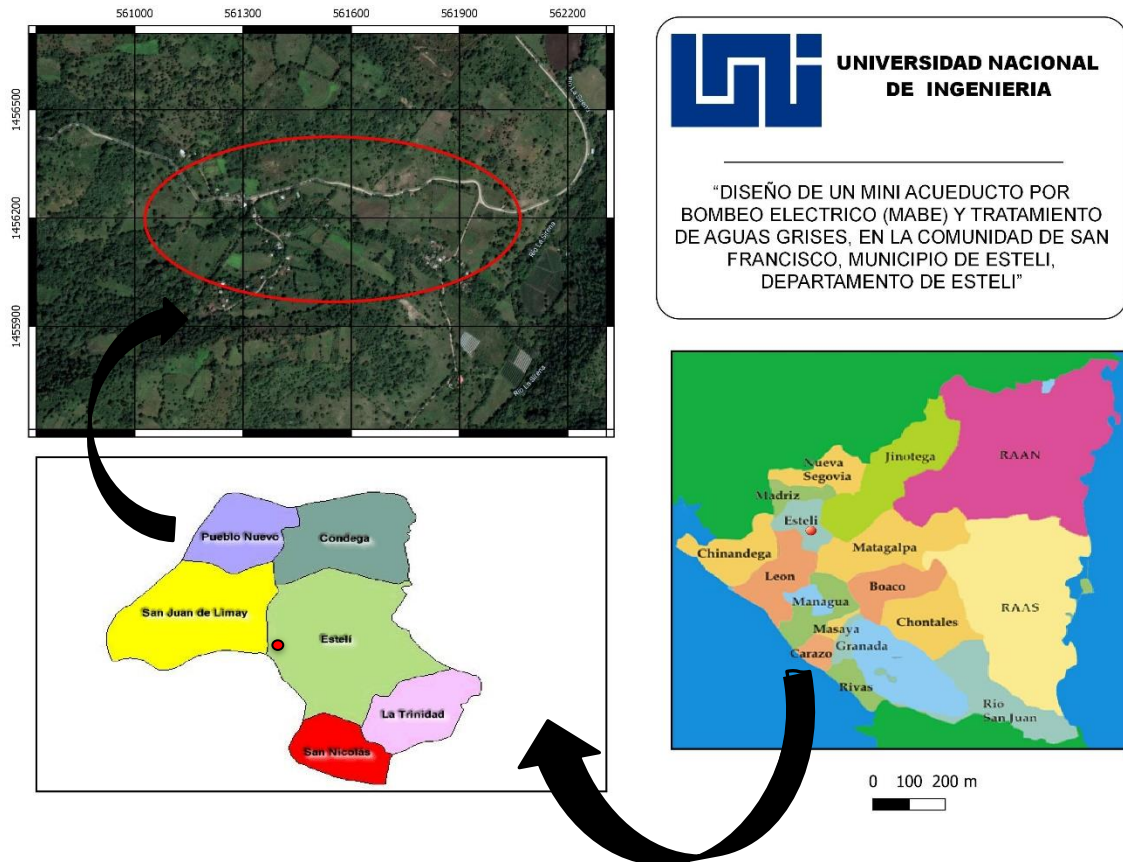
A continuación, se presenta la metodología que se llevara a cabo en el presente estudio, la cual se describe de acuerdo a la particularidad de cada objetivo a cumplir.

#### 3.1. Ubicación del estudio

El estudio se realizará en la comunidad de San Francisco municipio de Estelí departamento de Estelí con coordenadas "13.017742 -86.4332911"

##### 3.1.1. Macro y micro localización

**Mapa 1 "Macro y Micro Localización"**



### **3.2. Estudio socioeconómico**

Se aplicarán censos y entrevistas, en ambos casos se tomaron datos de campo, observar Anexos tabla 28,29.

Los datos se procesaron en una hoja de cálculo Excel con el fin de elaborar cálculos de frecuencia, histogramas de frecuencia y promedios de variables estudiadas. Los parámetros anteriores permitieron describir las características de la población, en relación a su entorno socio-económico.

### **3.3. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico se realizará en dos etapas, una de campo y otra de gabinete:

#### **3.3.1. Etapa de campo**

En la etapa de campo se cumplirá con la norma INAA (2004, pág. 2), la cual menciona que los levantamientos topográficos para realizar el diseño correspondiente deberán cumplir con los requisitos de precisión, cierre.

- 1- El levantamiento altimétrico se referenciará a un BM Geodésico. Se harán estacionamientos no mayores de 20 m y se tomarán todos los accidentes que se presenten entre estos estacionamientos, tales como cauces, depresiones, cunetas, alcantarillas y otras tuberías existentes, etc.
- 2- En lugares convenientemente ubicados que garanticen su conservación, se colocarán mojones que permitan el replanteo del polígono.
- 3- El levantamiento se hará con una estación total SOKKIA: TS 550RX

#### **3.3.2. Etapa de gabinete**

En la etapa de gabinete, se descargarán los datos en formato csv, para ser exportados a Civil 3D, software con el que se realizara lo siguiente:

- Planos topográficos y perfiles del proyecto
- Planos constructivos

Todos los planos y perfiles se presentarán en las escalas que recomienda la norma en el capítulo planos (INAA, 2006, pág. 3).

### **3.4. Estudio de calidad y aforo**

#### **3.4.1. Aforo**

En el protocolo aprobado con fecha (12 febrero 2021) se había previsto el aforo de un pozo que haría la Alcaldía de Estelí en la comunidad de San Francisco el mes de noviembre 2020, no obstante, el pozo hasta la fecha (09/08/2021) no se ha construido. Por tanto, se decidió hacer un estudio para ubicar el nuevo pozo a construirse en la comunidad, cuya información servirá de base para que la Alcaldía municipal, tenga los criterios técnicos necesarios para el emplazamiento del pozo a construirse. A continuación, se describen los estudios que se realizarán:

#### **3.4.2. Caracterización Hidrológica de la microcuenca**

Se delimitará la microcuenca a utilizar el modelo de elevación digital (DEM) de la NASA, denominado Alos Pasar (AP\_27571\_PLR\_F0250\_RT1.dem), estimando los parámetros morfométricos basado el libro hidráulica e hidrología para ingenieros (Campos, Sinichenko, & Gritsuk, 2016, págs. 182-186).

También se describirán régimen de precipitaciones, evaporación, escurrimiento e infiltración basado en datos de TRMM del servidor NASA Giovanni, obteniendo un balance hídrico.

- **Parámetros morfométricos**

- a. Coeficiente de forma**

$$k_F = \frac{A}{L^2}$$

*Ecuación 1*

Donde:

K<sub>F</sub>: Coeficiente de forma

A: Área de cuenca, km<sup>2</sup>

L: Longitud máxima de la cuenca, km

- b. Coeficiente de compacidad**

$$K_c = 0.28 \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

*Ecuación 2*

Donde:

$K_c$ : Coeficiente de compacidad

P: Perímetro, km

A: Área de cuenca, km<sup>2</sup>

#### **c. Pendiente de cause principal**

$$S = \frac{H}{L} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

S: Pendiente del cauce principal

H: Desnivel altitudinal, m

L: Longitud del cauce, m

#### **d. Tiempo de concentración**

$$T_c = 0.06626 \left( \frac{L^2}{S} \right)^{0.385} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$T_c$ : Tiempo de concentración, horas.

L: Longitud del drenaje principal, Km.

S: Pendiente del cauce principal, m/m.

#### **• Precipitación y temperatura**

Los datos mensuales de precipitación y temperatura representativos la microcuenca La Sirena, para el periodo 1998-2019 se descargarán del servidor GIOVANNI de NASA, cuya URL se presenta a continuación.

<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/doc/UsersManualworkingdocument.docx.html>

La serie tiempo de datos de precipitación con resolución espacial de 0.25 grados se obtendrán del satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) y la serie

tiempo de datos de temperatura con resolución espacial de 1 grado se adquirirán del satélite National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAH).

- **Evapotranspiración potencial**

La evapotranspiración potencial se calculará mediante el método de Thornthwaite dónde la evapotranspiración en función de la temperatura, de la latitud de la zona de estudio y el mes (horas de sol teóricas).

A continuación, se presentan las ecuaciones de método Thornthwaite:

- Se calcula el índice de calor “i”, a partir de la temperatura media mensual (t).

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

i: Índice de calor mensual

t: Temperatura media mensual

- Se calcula el índice de calor anual “I” sumando los 12 valores de “i”.

$$I = \sum i \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

I: Índice de calor anual

i: Índice de calor mensual

- Se calcula la Evapotranspiración potencial mensual sin ajustes mediante la ecuación 7.

$$ETP_{\sin corr} = 16 \left( \frac{(10)(t)}{I} \right)^a \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$ETP_{sin\ corr}$ : Evapotranspiración potencial mensual sin ajustes en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricos)

t: Temperatura media mensual, °C

I: Índice de calor anual

a: Factor en función del índice de calor anual, Ecuación 8.

$$a = (675.10^{-9})(I^3) - (771.10^{-7})(I^2) + (1792.10^{-5})(I) + 0.49239 \quad \text{Ecuación 8}$$

- Corrección para el °n de días en el mes y el °n de horas de sol, para obtener la Evapotranspiración potencial.

$$ETP = ETP_{sin\ corr} \left( \frac{N}{12} \right) \left( \frac{d}{30} \right) \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial.

$ETP_{sin\ corr}$ : Evapotranspiración potencial mensual sin ajustes en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricos)

N: Número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y de la latitud (Tabla).

d: Número de días del mes.

- **Balance hídrico**

Se realizará el balance hídrico mediante el software INNERSOFT ISBH, para el cual se hará lo siguiente:

- Se deberá completar las filas de Precipitación (P) y Evapotranspiración potencial (ETP) de la tabla de datos, correspondientes a valores mensuales de precipitación y evapotranspiración potencial respectivamente.
- Se deberá especificar la capacidad de campo (CDC) del suelo aplicando la ecuación 10 y también deberá especificar si al inicio del año hidrológico el

suelo está saturado, en este caso se tomará en cuenta la densidad aparente y humedad, según (Chow, 2006, págs. 9-10)

- Para establecer las reservas de agua del suelo en el primer mes del año hidrológico, se elegirá el % de saturación respecto a la CDC.
- Se deberá especificar qué mes del calendario se considera como mes de inicio del año hidrológico.
- Una vez realizado lo anterior se calculará el balance hídrico y obtendrán los siguientes resultados:

P: Precipitaciones

ETP: Evapotranspiración potencial

R: Reserva

AR: Variación de reserva

ETR: Evapotranspiración real

E: Excedente o esorrentía

D: Déficit hídrico anual

En la última columna se especificarán los totales de todas las filas, aunque solo tienen significado físico o utilidad el total para P, ETP, D y E.

$$C_c = (\% \text{ de humedad})(\text{Profundidad})(\text{Densidad aparente}) \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

Cc: Capacidad de campo del suelo

### **3.4.3. Características Hidrogeológico**

Se analizará el mapa geológico de la zona de estudio (acápite 7.2.3 Mapa 5), con el propósito de describir la litología de la zona y su relación en los procesos de infiltración.

Se describirá el perfil litológico de un pozo perforado en la zona media de microcuenca en el acápite 7.2.3 ilustración 1."

## Prueba de filtración

Se realizarán dos pruebas de infiltración con el método de por Porchet, para estimar el coeficiente de infiltración “K” para establecer una relación con las características del acuífero:

- Se efectuará una limpieza del lugar para delimitar un área de 1 m<sup>2</sup> para darle una profundidad de 30 cm.
- Una vez realizada la limpieza se trazó una circunferencia de 30 cm de diámetro y darle profundidad de 80 cm en el centro del área delimitada, obteniendo una altura de la superficie del terreno a las niveletas de 130 cm.
- Ya colocadas las niveletas y realizada la perforación se procederá a llenar el agujero a 75 cm por 30 minutos, esto para que el suelo se sature y las lecturas fuesen más claras.
- Después de saturar el agujero se realizarán lectura del descenso a los 10 minutos.
- Se llenará nuevamente el agujero al nivel inicial, repitiendo el procedimiento de relleno cada 10 minutos.
- Se suspenderán las pruebas en cada uno de los sitios si las ultimas lecturas del descenso fueran iguales.
- Por último, se evaluarán los resultados obtenidos aplicando la ecuación 11 con respecto a los coeficientes de filtración de (Mijailov, 1989, pág. 145), por lo tanto, se obtendrá el tipo de material encontrado en los sitios de estudio.

$$K = \frac{R}{2(t_2 - t_1)} \ln \left( \frac{2h_1 + R}{2h_2 + R} \right) \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

K: infiltración de suelo

R: Radio de la excavación circular

t1: Tiempo inicial

t2: Tiempo final

h1: Cota inicial

h2: Cota final

#### **3.4.4. Calidad del agua**

La norma (INAA, 1999a, p. 51) establece proteger la salud pública y por consiguiente ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua, que puedan representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua, para lo cual se deberán seguir las siguientes instrucciones:

- La fuente de agua a utilizarse en el proyecto, se le deberá efectuar por lo menos un análisis físico, químico, de metales pesados cuando se amerite y bacteriológico.
- Los parámetros mínimos de control para el sector rural serán: coliforme total, coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrógeno y conductividad.
- El análisis de las fuentes de agua tales como manantiales, pozos perforados, pozos excavados a mano deberán cumplir con las normas de calidad del agua vigentes.

#### **3.5. Diseño hidráulico**

El diseño hidráulico se realizará en base a las normas rurales. A continuación, se describen los componentes del diseño:

##### **3.5.1. Periodo de diseño**

La norma (INAA, 1999a, p. 15) indica fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema, con el propósito de:

- Determinar que períodos de estos componentes del Sistema, deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad.
- Qué elementos del sistema deben diseñarse por etapas

- Cuáles serán las previsiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos al sistema.

### 3.5.2. Población de diseño

Para el cálculo de las poblaciones futuras se aplicará el método geométrico expresado por la formula siguiente establecida en la norma (INAA, 1999a, pág. 9)

$$P_n = P_o(1 + r)^n \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

P<sub>n</sub>: Población del año “n”

P<sub>o</sub>: Población al inicio del período de diseño

r: Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal

n: Número de años que comprende el periodo de diseño.

### 3.5.3. Dotación y consumo

Se optará una dotación para la población rural según el nivel de servicio en este caso se utilizará una dotación de 80 lppd para conexiones domiciliarias (NTON 09 007 , 2019, pág. 10).

- **Consumo doméstico (CD)**

El consumo doméstico se calculará mediante la siguiente expresión.

$$CD = P_f * \frac{Dotacion}{86400} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

CD: Consumo doméstico, l/s

P<sub>f</sub>: Población futura, habitantes

Dotación: 80 lppd

- **Factor de consumo institucional**

De los factores de la demanda se tomará en cuenta el consumo institucional por la presencia de una escuela.

Se usará el factor del 7% de consumo doméstico (CD)

$$CI = CD \left( \frac{7}{100} \right) \quad \text{Ecuación 14}$$

Dónde:

CD: Consumo domésticos, l/s

CI: Consumo institucional, l/s

- **Factor de consumo comercial**

El consumo comercial se calculará mediante la siguiente expresión.

$$Cc = CD \left( \frac{7}{100} \right) \quad \text{Ecuación 15}$$

Dónde:

CD: Consumo domésticos, l/s

Cc: Consumo comercial, l/s

- **Consumo promedio diario (CPD)**

El consumo promedio diario se calculará mediante el consumo doméstico, y los factores de demanda, como se presenta en la ecuación 16.

$$CPD = C_{domestico} + C_{Institucional} + C_{comercial} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

CPD: Consumo promedio diario, L/s

C<sub>domestico</sub>: Consumos doméstico, L/s

C<sub>Institucional</sub>: Consumo Institucional, L/s

C<sub>comercial</sub>: Consumo comercial, L/s

- **Fugas o pérdidas en el sistema**

Se determinarán las pérdidas del sistema o fugas con la siguiente expresión:

$$Pfugas = CPD(20\%) \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

Pfugas: Pérdidas por fugas o sistemas

CPD: Consumo promedio diario

#### **3.5.4. Caudales de diseño**

Los caudales de diseño se basan en CPD y las variaciones de consumo, a continuación, se describen:

- **Consumo máximo diario, CMD**

El caudal de diseño para la línea de conducción será el CMD, por lo tanto, el caudal de diseño para la red de distribución es CMH.

$$\mathbf{CMD = 1.5CPD + Pfugas} \qquad \textit{Ecuación 18}$$

Donde:

CPD: Consumo promedio diario

Pfugas: Pérdidas por fugas de línea de conducción

- **Consumo máximo horario, CMH**

$$\mathbf{CMH = 2.5CPD + Pfugas} \qquad \textit{Ecuación 19}$$

Donde:

CPD: Consumo promedio diario

Pfugas: Pérdidas por fugas en la red

#### **3.5.5. Columna de bombeo**

- **Longitud de la columna de bombeo**

La longitud de columna de bombeo se establecerá teniendo en cuenta el nivel del pozo y el nivel dinámico de agua (NDA), más 6m de sumergida (INAA, 1999b, pág. 37).

- **Diámetro de la columna de bombeo**

El diámetro de la columna de bombeo se determinará con el caudal del consumo promedio diario y mediante la tabla N° 6.2 de la norma (INAA, 1999a, pág. 22).

- **Pérdidas por fricción en la columna de bombeo**

Se comprobó que el diseño cumpla con las pérdidas por fricción en la columna de bombeo calculadas con Hazen-Williams, sean menores al 5% de su longitud de la columna de bombeo como lo establece la norma (INAA, 1999a, pág. 22)

$$hf = 10.675 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

Hf: Pérdida de carga, m

L: Longitud, m

Q: Gasto en m³/s

D: Diámetro, m

C: Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams, el cual depende del tipo de material de los conductos.

**Condición de perdidas por fricción**

$$hf < 5\% \text{ de longitud de columna} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

hf: Perdidas por fricción

**3.5.6. Sarta**

- **Diámetro de la sarta**

El diámetro de la sarta se seleccionará en base al caudal del consumo máximo diario (CMD) utilizando la Tabla N°6.4 de la norma (INAA, 1999a, pág. 24).

- **Velocidad en la sarta**

También se calculará la velocidad de flujo en la sarta, la cual no excederá 1.5 m/s (INAA, 1999b, pág. 53):

$$v = \frac{Q}{(\pi \frac{D^2}{4})} \quad \text{Ecuación 22}$$

Dónde:

V: Velocidad

Q: Consumo máximo diario

D: Diámetro

- **Pérdidas por fricción en la sarta**

Se determinarán las pérdidas por fricción generadas en la sarta aplicando la ecuación 20 de Hazen-Williams.

- **Pérdidas locales**

Se determinarán las pérdidas locales generadas por accesorios en la sarta utilizando la siguiente ecuación.

$$hl = \sum_{n=1}^n k \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 23}$$

Donde:

K: Coeficiente de pérdida

V: Velocidad

n: Cantidad de coeficientes encontrados

**Pérdida de carga total en sarta**

$$h_{total\ sarta} = hf + hl \quad \text{Ecuación 24}$$

Donde:

hf: Pérdidas por fricción

hl: Pérdidas locales

### 3.5.7. Línea de conducción

- **Diámetro de la línea de conducción**

Se calculará el diámetro más económico aplicando la fórmula similar a la de Bresse:

$$D = 0.9(Q)^{0.45} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

D: Diámetro, m

Q: Caudal, m<sup>3</sup>/s

Basado en diámetro teórico se buscará un diámetro comercial más óptimo para la línea de conducción.

- **Velocidad**

La velocidad de flujo se establecerá con la Ecuación 22, y su valor deberá estar entre 0.6 -1.5 m/s (INAA, 1999b, pág. 53).

- **Pérdidas por fricción**

Las pérdidas de carga por fricción se calcularán con la ecuación 20 de Hazen - Williams.

### 3.5.8. Carga dinámica total

Se obtendrá la presión manométrica total mediante la ecuación 26.

$$CDT = HG + hfc + hs + hfconduccion \quad \text{Ecuación 26}$$

Donde:

CDT: Carga dinámica total, m

HG: Altura geométrica, m

hfc: Pérdidas en la columna de bombeo, m

hs: Pérdida total de la sarta, m

hf conducción: Pérdidas por fricción, m

### 3.5.9. Golpe de ariete

- **Coeficiente en función del módulo de elasticidad**

$$K = \frac{10^{10}}{\varepsilon} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde:

K: Coeficiente función del módulo de elasticidad  $\varepsilon$  del material constitutivo del material de la tubería.

- **Celeridad de la onda de presión**

Para la celeridad de la onda de presión se utilizará la fórmula de Allievi que se muestra a continuación:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \cdot \frac{D}{e}}} \quad \text{Ecuación 28}$$

Siendo:

a: Celeridad de la onda de presión, m/s

D: Diámetro de la tubería, m

e: Espesor de la tubería, m

K: Coeficiente en función del módulo de elasticidad del material constitutivo del material de la tubería.

- **Tiempo de parada**

Se determinará el tiempo de parada para sistemas de impulsión con la fórmula de Mendiluce ecuación 29, que en el caso de la conducción por gravedad se conoce como tiempo de cierre el cual es el tiempo necesario para que se reduzca la sobrepresión causada por el golpe de ariete.

$$T = c + \left( \frac{(K)(L)(v)}{(g)(H_m)} \right) \quad \text{Ecuación 29}$$

Siendo:

L: Longitud de conducción, m

v: Velocidad de régimen de agua, m/s)

g: Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s<sup>2</sup>

Hm: Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo

- **Tiempo del recorrido de la onda de presión**

El tiempo de recorrido de la onda de presión se realizará mediante la siguiente expresión:

$$t = \frac{2L}{a} \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

t: Tiempo, s

L: Longitud de la línea de conducción, m

a: Celeridad, m/s

- **Evaluación del tiempo de cierre y tiempo de la onda de presión**

Se evaluará el tiempo de parada con relación al tiempo de ciclo de onda de presión se realiza la siguiente expresión:

$$T > \frac{2L}{a}; \text{Cierre lento} \text{ ó } T < \frac{2L}{a}; \text{Cierre rapido} \quad \text{Ecuación 31}$$

- **Longitud critica**

Para calculará la longitud crítica utilizando la siguiente expresión:

$$L_c = \frac{(a)(T)}{2} \quad \text{Ecuación 32}$$

Donde:

a: Celeridad de la onda de presión, m/s

T: Tiempo de parada, s

- **Tipo de impulsión**

Se determinará el tipo de impulsión mediante las siguientes expresiones:

$L > L_c$ ; *impulsión larga (se aplicara Allievi)*

Ecuación 33

ó

$L < L_c$ ; *impulsión corta (se aplicara Michaud)*

Donde:

L: Longitud total de tubería, m

$L_c$ : Longitud critica, m

- **Longitud de máxima presión**

Se obtendrá la distribución de las presiones máximas en la longitud total de la tubería aplicando la siguiente ecuación:

$$L_m = L - L_c \quad \text{Ecuación 34}$$

Donde:

$L_m$ : Longitud de máxima presión, m

L: Longitud total de la tubería, m

$L_c$ : Longitud critica, m

- **Sobrepresión**

Si la sobrepresión es cierre rápido se calculará con Allievi:

$$\Delta H = \frac{(v)(a)}{g} \quad \text{Ecuación 35}$$

V: Velocidad media del flujo en la tubería (m/s).

g: Es la aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ).

a: Celeridad de la onda de presión, m/s

Si la sobrepresión es cierre lento se calculará con Michaud.

$$\Delta H = \frac{(2)(L)(v)}{(g)(T)} \quad \text{Ecuación 36}$$

Dónde:

$\Delta H$ : Sobrepresión debida al golpe de ariete, mca

L: Longitud de la tubería, m

v: Velocidad de régimen de agua, m/s

T: Tiempo de parada o de cierre, según el caso (s).

a: Celeridad de la onda de presión, m/s

g: 9.81 m/s<sup>2</sup>

### **Presión total en el sistema**

$$presion\ total\ en\ el\ sistema = \Delta H + HG \quad Ecuación\ 37$$

Donde:

$\Delta H$ : Sobrepresión

HG: Altura geométrica, m

### **3.5.10. Cálculo de la potencia**

La potencia de la bomba se determinará con la siguiente ecuación:

$$P_b = \frac{(Q_b)(H_b)}{76(\eta)} \quad Ecuación\ 38$$

Dónde:

P<sub>b</sub>: Potencia de la bomba y el motor, Hp

Q<sub>b</sub>: Caudal de bombeo, L/s.

H<sub>b</sub>: Altura manométrica total, m

$\eta$ : Eficiencia del sistema de bombeo,  $\eta = \eta_{motor} \eta_{Bomba}$

### **3.5.11. Selección de la bomba comercial**

Se seleccionará la bomba comercial en base a la carga dinámica total (CDT) y caudal de bombeo (CMD) y usando catálogo de bombas sumergibles, se buscará

una curva característica, donde se indica el punto de operación en la zona de eficiencia adecuada según el fabricante.

### **3.5.12. Red de distribución**

Se diseñará la red de distribución tomando en cuenta el caudal consumo máximo horario utilizando la ecuación 19.

Se realizará un diseño de red abierta para la distribución en los hogares basado en conexiones domiciliarias (INAA, 1999a, pág. 34).

- **Criterios de diseño**

- Las velocidades permisibles en las tuberías estarán en el rango de 0.4 m/s a 2 m/s (INAA, 1999a, pág. 16)
- La presión mínima a considerar es de 5 metros, y la máxima de 50 metros (INAA, 1999a, pág. 16)
- La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento. (INAA, 1999a, pág. 34)

- **Análisis hidráulico con EPANET**

La red de distribución se simulará con el software EPANET, para lo cual se hará lo siguiente:

- Se realizará un trazado de la red con Civil 3D, buscado cubrir el mayor número de viviendas, luego se exportarán en formato dxf a Epanet y Epanet.
- Se configurará las unidades de caudal a "l/s", longitud en "m" y diámetros en "mm", pérdidas de carga por fricción por Hazen-William, usando un coeficiente de rugosidad de 150, para PVC.
- El caudal máximo horario se distribuirá en caudales de nodos concentrados, para lo cual se calculó el caudal por metro lineal de red, este

valor unitario se multiplicará por las longitudes de los tramos de la red según la distribución de las viviendas.

- Los nodos se ubicarán a una distancia de 200 a 300 metros.
  - Se realizará una simulación con demanda máxima horario, para analizar las presiones y velocidades en la red.
  - Se realizará una simulación demanda cero para analizar las presiones hidrostáticas máximas en la red.
  - Se hará una simulación de cloro para analizar el cloro residual, el cual deberá estar entre 0.2 y 0.5 mg/L.
- **Resultados de análisis hidráulico**
    - Se presentarán informes con formato de tablas con las presiones en cada nodo, con las velocidades en las tuberías y el cloro residual en las mismas.
    - Se realizarán perfiles de: Cotas, presiones y línea piezométrica, también mapa de evolución del cloro residual.

### **3.5.13. Tanque de almacenamiento**

La capacidad del tanque de almacenamiento deberá de satisfacer las condiciones que manda la norma (INAA, 1999a, p. 38), siendo volumen compensador 15% del consumo promedio diario, volumen de reserva el 20 % del consumo promedio diario. De tal manera que el tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

$$VC = 15\%(CPD)$$

*Ecuación 39*

Donde:

VC: Volumen Compensador, m<sup>3</sup>

CPD: Consumo promedio diario, m<sup>3</sup>

$$VR = 20\%(CPD)$$

*Ecuación 40*

Donde:

VR: volumen de reserva, m<sup>3</sup>

CPD: Consumo promedio diario, m<sup>3</sup>

$$VT = 35\%(CPD) \quad \text{Ecuación 41}$$

Donde:

VT: Volumen Total, m<sup>3</sup>

CPD: Consumo promedio diario, m<sup>3</sup>

#### **3.5.14. Desinfección**

El hipoclorito se recomienda para abastecimiento de pequeñas poblaciones. Se recomienda hipocloración para capacidades menores de 1 kg /día y caudales de 8.2 L/s como máximo, la capacidad de la estación se calculará con la ecuación 42 (INAA, 1999b, pág. 96)

$$Ca = \frac{(Q)(C)}{1000} \quad \text{Ecuación 42}$$

Dónde:

Ca: Capacidad de diseño de la estación de cloración Kg. Cloro/día

Q: Caudal de agua, máximo horario m<sup>3</sup> /día

C: Dosis de cloro a aplicar mg/l

#### **3.5.15. Sistema de tratamiento de agua grises**

Se realizará un humedal subsuperficial a escala domiciliar donde se obtendrán características típicas:

- Se calculará el volumen por vivienda, teniendo en cuenta la dotación y el número de personas promedios en una vivienda aplicando la ecuación 43.
- La pendiente hidráulica del lecho se seleccionará según lo que indica la n (Guías Tecnicas Para El Diseño de Alcantarillado y Sistemas de Tratamiento de Agua Residuales, 2006, pág. 55)
- La conductividad eléctrica (K) según la norma (INAA, 2006, pág. 55) será del 10% de la conductividad eléctrica del material (ecuación 44).

- Se realizará el cálculo del área transversal ( $A_t$ ) del humedal despejando ( $A_t$ ) de la ecuación de Darcy (ecuación 45).
- Se utilizará una profundidad de 45 cm, calculando el ancho ( $b$ ) del humedal con la ecuación 46.
- Según la norma (INAA, 2006, págs. 54-55) la constante ( $K_{20}$ ) se calculará en base a la porosidad del medio poroso y la constante optima de remoción según las aguas (ecuación 47).
- Para obtener el tiempo de retención se aplicará la ecuación 48, se adoptará un DBO según (FISE, 2020, pág. 94)
- Se obtendrá un volumen total en base al volumen por vivienda y el tiempo de retención aplicando la ecuación 49.
- Se calculará el área superficial de humedal aplicando la ecuación 50, para así obtener el largo del humedal aplicando la ecuación 51.

$$V = \text{Dotacion} * \#Pp \text{ vivienda} \quad \text{Ecuación 43}$$

Donde:

V: Volumen, m<sup>3</sup>

#P<sub>p</sub> vivienda: Promedio de personas en una vivienda

$$K = (10\%)(K_m) \quad \text{Ecuación 44}$$

Donde:

K: Conductividad eléctrica

K<sub>m</sub>: Conductividad eléctrica del material

$$A_t = \frac{V}{\left(\frac{\Delta h}{\Delta L}\right)(K)} \quad \text{Ecuación 45}$$

Donde:

A<sub>t</sub>: Area transversal, m<sup>2</sup>

V: Volumen, m<sup>3</sup>

$\Delta h/\Delta L$ : Pendiente del lecho

K: Conductividad eléctrica

$$b = \frac{(A_t)}{h} \quad \text{Ecuación 46}$$

Donde:

b: Ancho, m

A<sub>t</sub>: Área transversal, m<sup>2</sup>

h: Profundidad, m

$$K_{20} = (K_0)(37.31)(p^{4.172}) \quad \text{Ecuación 47}$$

Donde:

K<sub>0</sub>: Constante óptima de remoción, para medio con zona de raíces completamente desarrollada.

K<sub>0</sub>: 1.839 d-1 para aguas residuales municipales.

K<sub>0</sub>: 0.198 d-1 para aguas residuales industriales con DQO alta.

K<sub>20</sub>: Constante a 20 °C, d-1

P: Porosidad total del medio, fracción decimal.

$$t = \frac{\ln \frac{C_0}{C_e}}{(K_{20})} \quad \text{Ecuación 48}$$

Donde:

t: Tiempo de retención, d-1

C<sub>e</sub>: Concentración del efluente, mg/L

C<sub>0</sub>: Concentración del afluente, mg/L

K<sub>20</sub>: Constante de remoción, d-1

$$V_T = (V)(t) \quad \text{Ecuación 49}$$

Donde:

V<sub>T</sub>: Volumen total, m<sup>3</sup>

V: Volumen, m<sup>3</sup>

t: Tiempo de retención, d-1

$$A_s = \frac{V_T}{h} \quad \text{Ecuación 50}$$

Donde:

$A_s$ : Área superficial, m<sup>2</sup>

$V_T$ : Volumen total, m<sup>3</sup>

h: Profundidad, m

$$L = \frac{A_s}{b} \quad \text{Ecuación 51}$$

Donde:

L: Largo, m

$A_s$ : Área superficial, m<sup>2</sup>

b: Ancho, m

### **3.6. Presupuesto**

El presupuesto se realizó en base a las cantidades de obras, las cuales se determinaron a partir de los planos constructivos y las especificaciones técnicas correspondientes. A las cantidades de obras se le aplicarán los precios unitarios por actividades, las cuales estarán agrupadas en etapas y subetapas de acuerdo al catálogo del nuevo FISE.

Se presento un resumen por etapas e informe detallado que incluya las etapas, Subetapas y actividades.



## **CAPITULO IV. RESULTADOS**

---

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Estudios socioeconómicos

El estudio socioeconómico se realizó para conocer las características demográficas, nivel de ingresos y demanda de servicios actuales de los habitantes de la comunidad San Francisco, lo cual se hizo mediante la aplicación de censos y entrevistas a personas claves (maestros, líder de la comunidad y un pastor de iglesia evangélica). Ver Anexos Tabla 30 y 31.

A continuación, se describen los resultados del estudio socioeconómico:

#### 4.1.1. Aspecto Generales

De acuerdo al censo poblacional aplicado a 47 familias, se obtuvo una población de 206 habitantes.

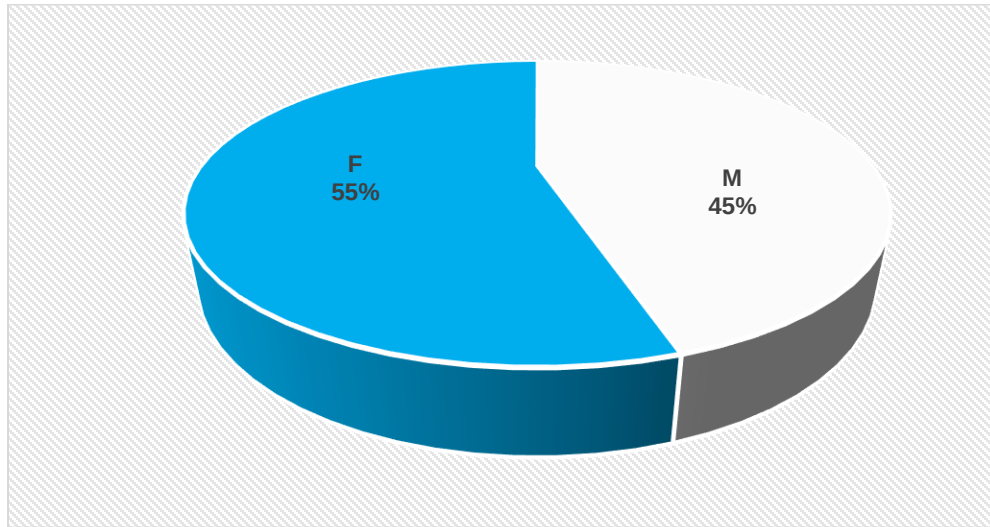
Un 55% de la población de la comunidad de San Francisco son mujeres, mientras que el 45% son varones, como se muestra en la Tabla 1 y Grafico 1.

**Tabla 1 " Porcentaje poblacional por sexo"**

| Sexo       |     |       |
|------------|-----|-------|
| M          | F   | Total |
| 93         | 113 | 206   |
| Porcentaje |     |       |
| 45%        | 55% | 100%  |

***Elaboración propia datos obtenidos de Censo***

**Gráfico 1 "Población por sexo"**



**Elaboración propia datos obtenidos de Censo**

#### **4.1.2. Aspecto Económico**

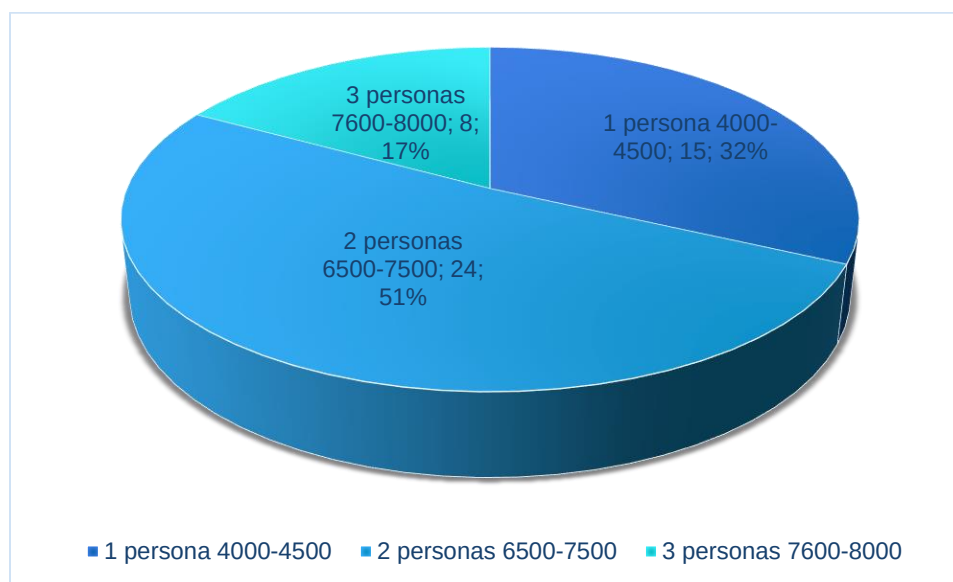
En cuanto a los ingresos remunerados en el hogar se obtuvo que el 51% de las familias cuentan con 2 personas que trabajan con ingresos mensuales entre 6500-7500 C\$, seguido de un 32% de familias que cuenta con una persona que aporta ingresos de 4000- 4500 C\$, también se encontró que un 17% de las familias tienen 3 personas que aportan ingresos al hogar de 8000-9500\$, como se muestra en la Tabla 2 y Grafico 2.

**Tabla 2 " Porcentajes de Ingresos Remunerados"**

| Personas que trabajan y sus ingresos por hogares |                          |         |            |
|--------------------------------------------------|--------------------------|---------|------------|
| Parámetro                                        | Ingresos mensuales (C\$) | Hogares | Porcentaje |
| 1 persona                                        | 4000-4500                | 15      | 32%        |
| 2 personas                                       | 6500-7500                | 24      | 51%        |
| 3 personas                                       | 7600-8000                | 8       | 17%        |
| Total                                            |                          | 47      | 100%       |

**Elaboración propia datos obtenidos de Censo**

**Gráfico 3 "Personas que trabajan en Vivienda y su nivel de ingreso por hogar"**



***Elaboración propia datos obtenidos de Censo***

Según los resultados obtenidos pude decirse que un 68% de las familias podría costear los servicios de agua potable sin que esto pudiera afectar los ingresos de la misma debido a que los ingresos son mayores al salario mínimo, no obstante, un 32% de la población se le dificultaría el pago por el servicio de agua potable.

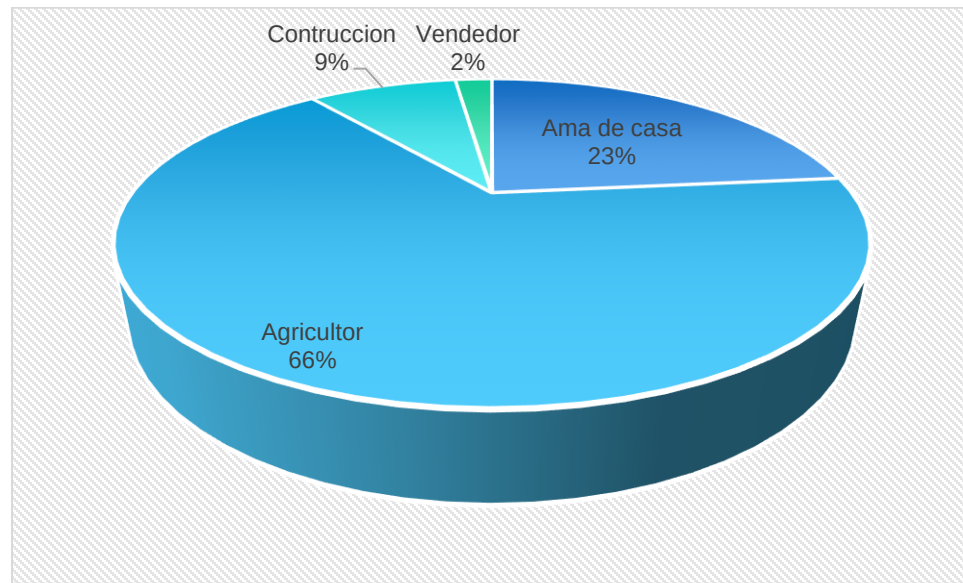
Con respecto a la clasificación de trabajos remunerados que la población realiza se obtuvo que un 66% son agricultores, seguido que el 23.4% realizan trabajos no remunerados como amas de casa, además se observó que el 8.5% trabajan en la construcción mientras otro 2.1% trabajan como vendedores. Los resultados se indican en la Tabla 3 y Gráfico 3.

**Tabla 3 " Trabajos Remunerados"**

| Tipos de Trabajos remunerados |            |              |          |             |
|-------------------------------|------------|--------------|----------|-------------|
| Ama de casa                   | Agricultor | Construcción | Vendedor | Total       |
| 11                            | 31         | 4            | 1        | <b>47</b>   |
| 23.4%                         | 66.0%      | 8.5%         | 2.1%     | <b>100%</b> |

***Fuente: Elaboración propia datos obtenidos de censo***

**Gráfico 4 "Clasificación de Trabajos"**



***Elaboración propia datos obtenidos de censo***

#### **4.1.3. Aspectos operacionales**

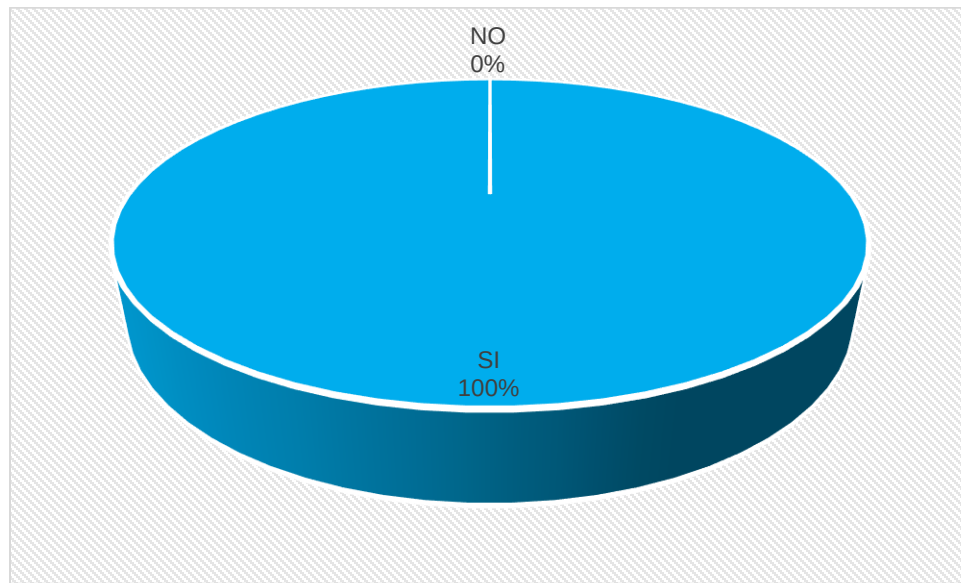
En la comunidad de San Francisco un 100% de la población cuenta con servicios de agua potable, como se muestra en la tabla 4 y grafico 4.

**Tabla 4 "Porcentaje de población que posee agua potable"**

| Sistema de agua potable |    |
|-------------------------|----|
| SI                      | NO |
| 47                      | 0  |
| 100%                    | 0% |

***Elaboración propia***

**Gráfico 5 "Sistema de agua potable"**



**Elaboración propia**

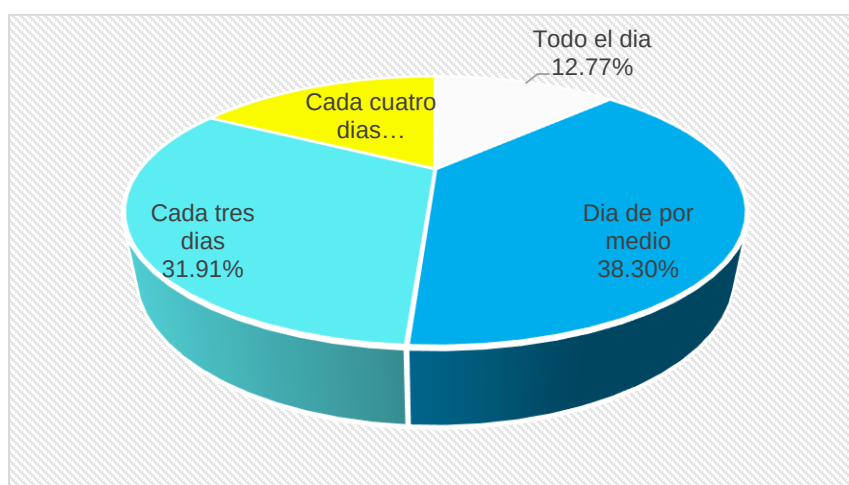
No obstante, los pobladores de la comunidad expresan que el servicio del agua potable es irregular, obteniendo un 38.30% de usuarios que recibe el servicio día de por medio, un 31.91% recibe el servicio cada tres días, un 17.02% recibe cada cuatro días el servicio, no obstante, hay un 12.77% de usuarios que recibe agua todo el día, a como lo indica la tabla 5 y grafico 5.

**Tabla 5 "Servicio de Agua potable"**

| Servicio de agua |                  |                |             |       |
|------------------|------------------|----------------|-------------|-------|
| Todo el día      | Dia de por medio | Cada tres días | Cada 4 días | Total |
| 6                | 18               | 15             | 8           | 47    |
| 12.77%           | 38.30%           | 31.91%         | 17.02%      | 100%  |

**Elaboración propia**

**Gráfico 6 "Porcentaje de días que reciben servicio de agua potable"**



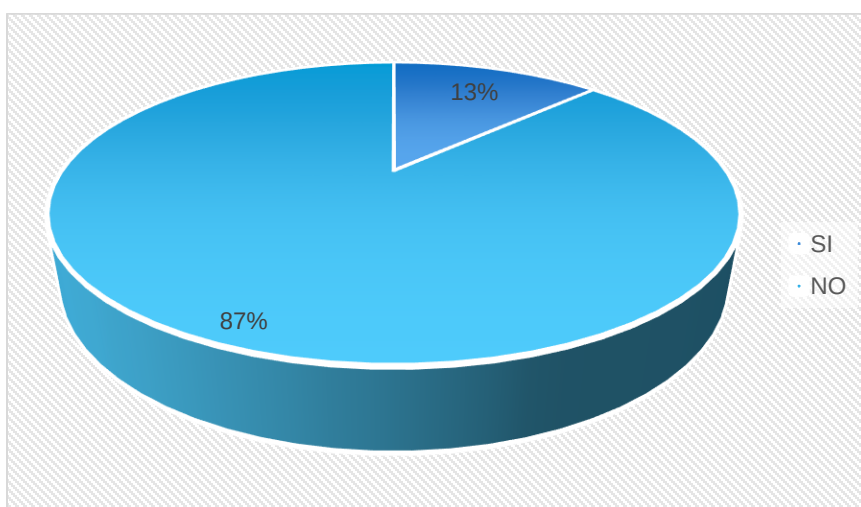
**Elaboración propia**

**Tabla 6 " Porcentaje de familias que disponen con suficiente agua"**

| SI     | NO     | TOTAL |
|--------|--------|-------|
| 6      | 41     | 47    |
| 12.77% | 87.23% | 100%  |

**Elaboración propia**

**Gráfico 7 "Porcentaje de disposición de agua"**



**Elaboración propia**

Así mismo conforme a los resultados de la tabla 6 y grafico 6, se observó que el 87.23 % de las familias de la comunidad no disponen de suficiente agua para satisfacer las necesidades básicas, por lo cual recorren cierta distancia para obtener agua y completar parte del déficit de agua en el hogar.

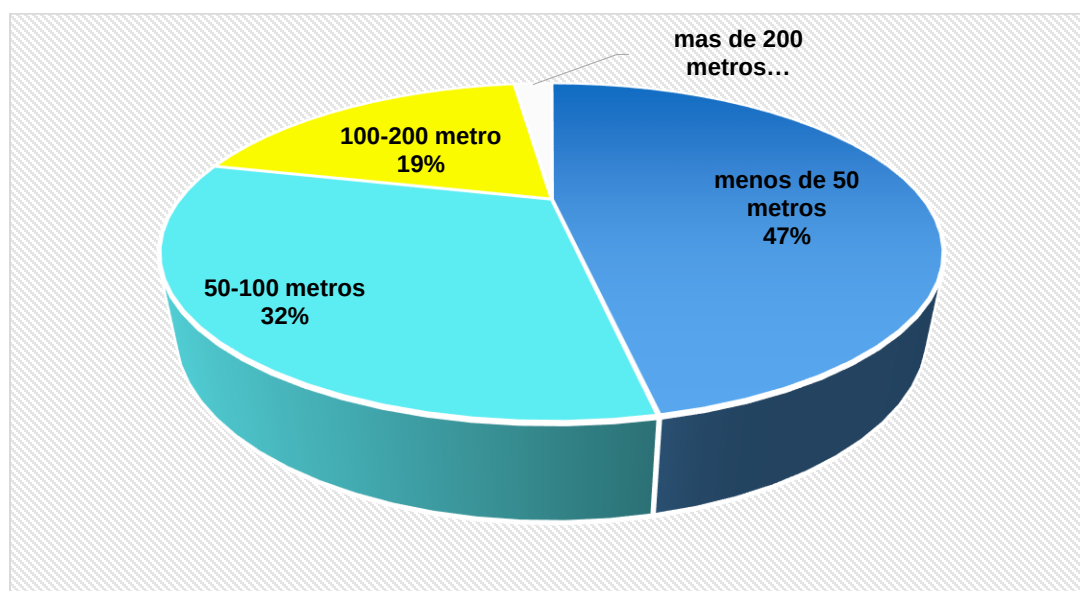
Por tal razón el 47% de las familias recorre menos de 50 metros para obtener agua, un 32% recorren de 50 – 100 metros, un 19% recorre de 100 – 200 metros, y un 2% recorren más de 200 metros, como se indica en la tabla 7 y grafico 7.

***Tabla 7 "Distancia que recorren para obtener agua"***

| <b>Distancia que recorre para obtener el agua</b> |               |               |                   |       |
|---------------------------------------------------|---------------|---------------|-------------------|-------|
| menos de 50 metros                                | 50-100 metros | 100-200 metro | más de 200 metros | Total |
| 22                                                | 15            | 9             | 1                 | 47    |
| 47%                                               | 32%           | 19%           | 2%                | 100%  |

***Elaboración propia***

***Gráfico 8 "Distancia que recorren para obtener agua"***



***Elaboración propia***

#### 4.1.4. Aspecto de Salud

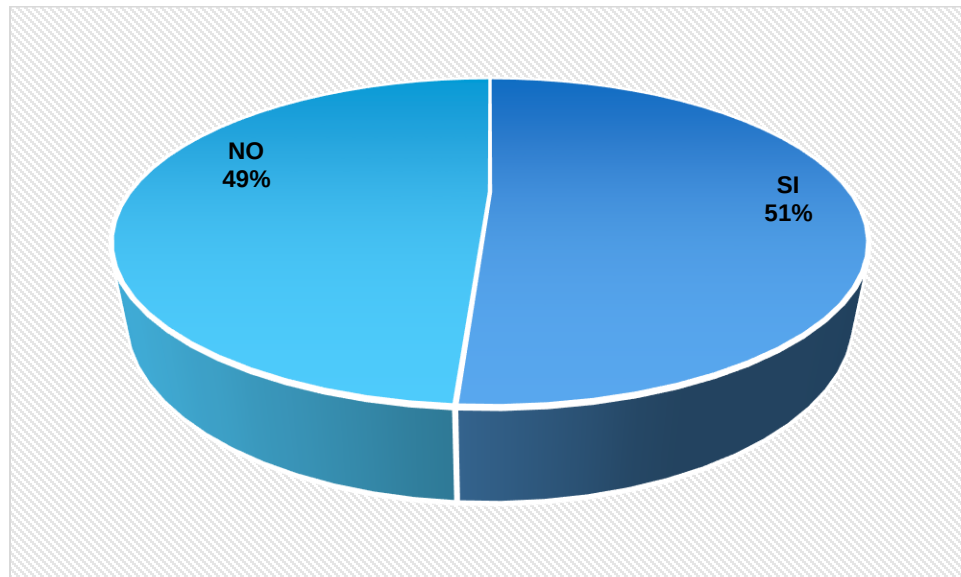
El 51% de la población estudiada menciono haber padecido de enfermedades provocadas por el consumo de agua de mala calidad, no obstante, el 49% de la población manifestó no haberse enfermado, ver tabla 8 y grafico 8.

**Tabla 8 " Porcentaje de la población que afectada por la contaminación del agua"**

| Enfermedades |     |       |
|--------------|-----|-------|
| SI           | NO  | Total |
| 24           | 23  | 47    |
| 51%          | 49% | 100%  |

*Elaboración propia*

**Gráfico 9 "Población afectada por contaminación en el agua"**



*Elaboración propia*

En relación a las enfermedades de mayor incidencia fueron diarrea y dolores estomacales con el 25.5%, ambas dando como resultado un 51%.

#### 4.1.5. Aspecto de tratamiento de aguas grises y calidad de agua

Las familias de la comunidad San Francisco mencionaron que el 100 % de las viviendas no cuentan con un tratamiento de aguas grises, las cuales ocasionan grandes desechos de agua contaminada que afectan la salud de la comunidad,

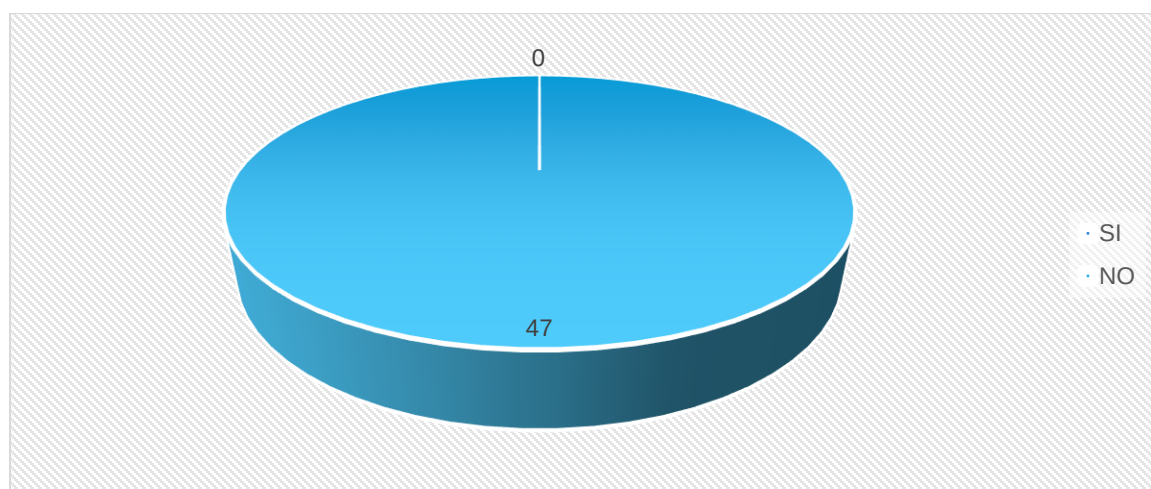
mediante criaderos de zancudos estos provocan un sin número de enfermedades como malaria, zika, Chikungunya, dengue, etc. No obstante, ocasiona mucho daño al medio ambiente ya que la mayoría de las aguas son descargadas en ríos, mares, lagos, en los suelos abiertos al cielo, o en el subsuelo, al igual generan olores desagradables para la salud, ver tabla 9 y grafico 9.

**Tabla 9 " Porcentaje de familias que poseen tratamiento de aguas grises"**

| Tratamiento de Aguas grises |      |      |
|-----------------------------|------|------|
| SI                          | NO   |      |
| 0                           | 47   | 47   |
| 0%                          | 100% | 100% |

*Elaboración propia*

**Gráfico 10 "Tratamiento de aguas grises"**



*Elaboración propia*

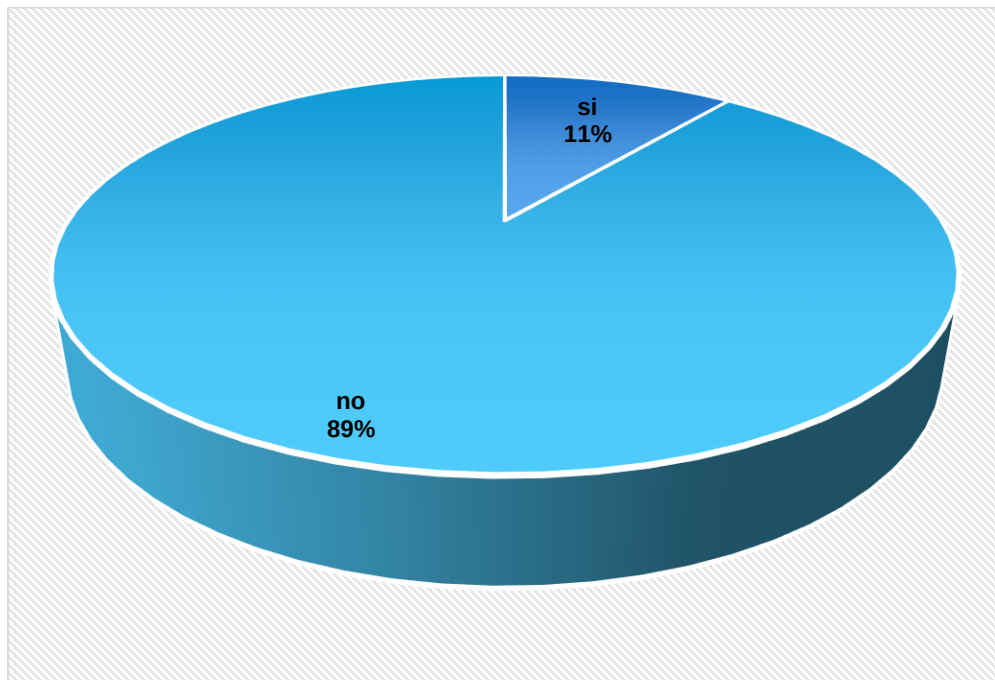
Sin embargo, el 11% de las familias está dispuesta a construir un humedal en sus viviendas para tratar las aguas grises, y un 89% de las familias no está interesada por este motivo se propone dar charlas de concientización y gradualmente formar conciencia social de la importancia de tratar estas aguas residuales generadas en los hogares de la comunidad, ver tabla 10 y grafico 10.

**Tabla 10 "Porcentaje de construcción de humedal para aguas grises"**

| Familias dispuestas a tratamiento de aguas grises |     |       |
|---------------------------------------------------|-----|-------|
| si                                                | no  | Total |
| 5                                                 | 42  | 47    |
| 11%                                               | 89% | 100%  |

*Elaboración propia*

**Gráfico 11 "Familias dispuestas a construir humedal"**



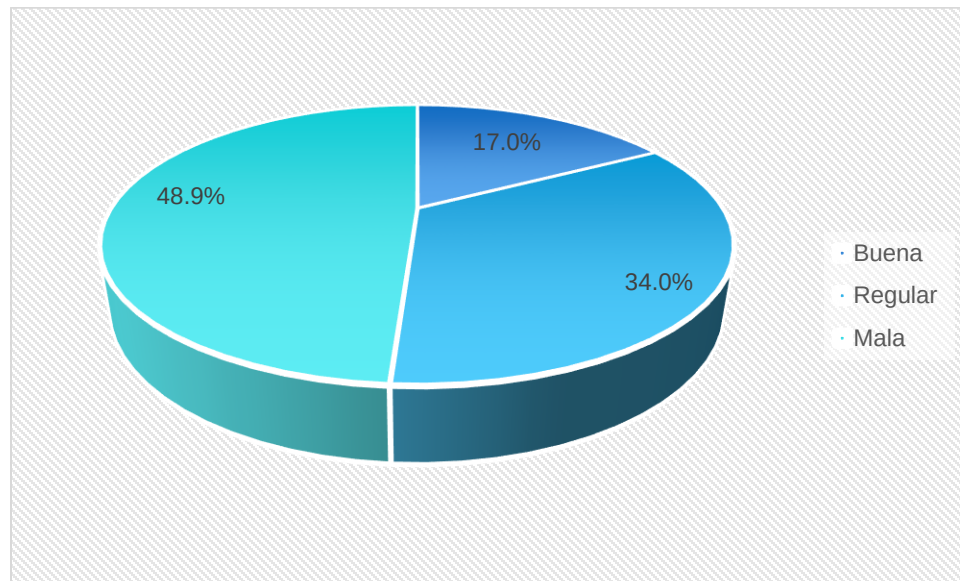
*Elaboración propia*

**Tabla 11 "Porcentaje según los rangos de calidad de agua"**

| Calidad de Agua |         |       |       |
|-----------------|---------|-------|-------|
| Buena           | Regular | Mala  | Total |
| 8               | 16      | 23    | 47    |
| 17.0%           | 34.0%   | 48.9% | 100%  |

*Elaboración propia*

**Gráfico 12 "Calidad de agua"**



***Elaboración propia***

En la Tabla 11 y Gráfico 12, se muestra que el 48.9% de las familias categoriza la calidad de agua como mala, un 34% como regular, y el 17% como buena.

#### **4.2. Estudio topográfico**

Se realizó el levantamiento topográfico, en el cual se utilizó un sistema satelital, aparato electrónico, digital -portátil marca: Garmin, modelo (gps Map 64s) y una estación total SOKKIA: TS 550RX con sus respectivos bastan prisma, brújula y cinta métrica para medir la altura del instrumento, y puntos geodésicos, ver tabla 12 y Mapa 2.

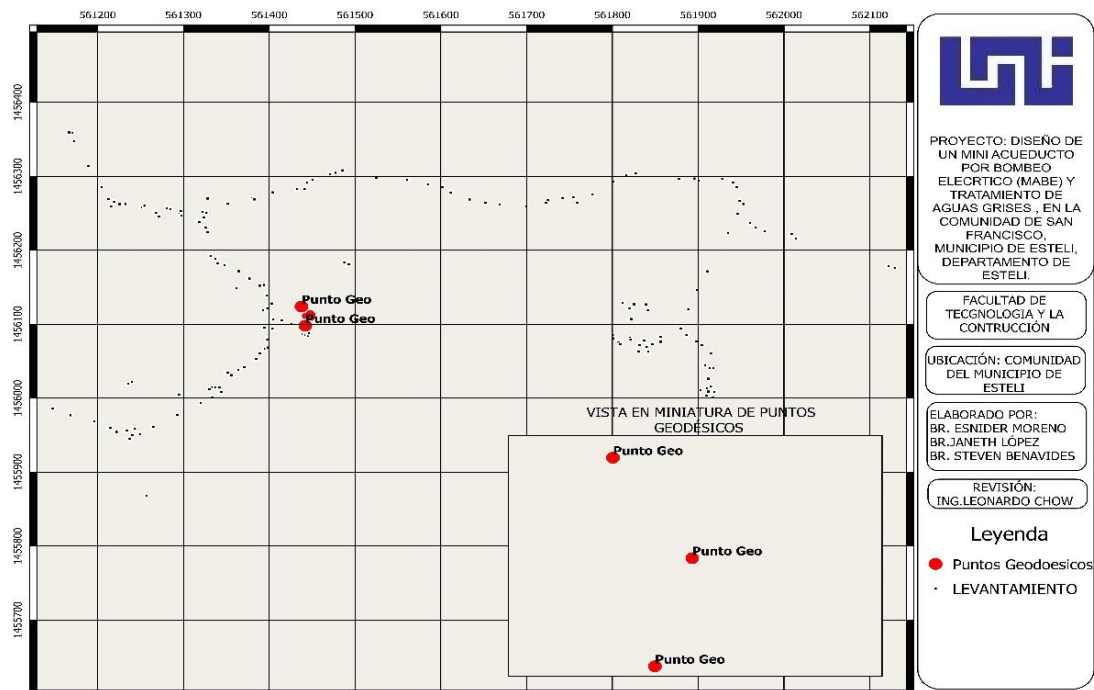
Se levantó el eje del posible trazado de línea de conducción, la red de distribución, así como el sitio propuesto para el tanque de almacenamiento. También se levantaron todas las viviendas y edificios públicos.

**Tabla 12 "Coordenadas de puntos geodésicos"**

| COORDENADAS DE PUNTOS GEODESICOS |               |              |
|----------------------------------|---------------|--------------|
| PUNTOS                           | NORTE         | ESTE         |
| 1                                | 1456098.9995m | 561443.0462m |
| 2                                | 561443.0462m  | 561447.0000m |
| 3                                | 1456125.0000m | 561438.0000m |

*Elaboración propia*

**Mapa 2 "Ubicación de puntos geodésicos"**



*Elaboración propia*

En la etapa de gabinete se descargaron los datos de la estación total en formato csv, (Anexos Tabla 32) los cuales se exportaron a Civil 3D para su procesamiento, donde se generaron los planos que se utilizaron como base para los cálculos hidráulicos de la línea de conducción y para realizar la simulación con EPANET, la lista de planos se presenta en la Tabla 13 y en los Anexos Plano topográficos 2 al 19.

**Tabla 13 " Índice de Planos topográficos"**

| INDICE DE PLANOS |       |                                               |
|------------------|-------|-----------------------------------------------|
| CONSECUTIVO      |       | CONTENIDO                                     |
| 2                | de 19 | PLANO - PLANTA GENERAL RED DE DISTRIBUCION    |
| 3                | de 19 | PLANO - PLANTA GENERAL TOPOGRAFIA             |
| 4                | de 19 | PLANO - PERFIL LINEA DE CONDUCCION            |
| 5                | de 19 | PLANO - PERFIL LONGITUDINAL RAMAL PRINCIPAL A |
| 6                | de 19 | PLANO - PERFIL LONGITUDINAL RAMAL B           |
| 7                | de 19 | PLANO - PERFIL LONGITUDINAL RAMAL C           |
| 8                | de 19 | PLANO - PERFIL LONGITUDINAL RAMAL D           |
| 9                | de 19 | PLANO - PERFIL LONGITUDINAL RAMAL E           |

***Elaboración propia***

#### **4.3. Estudio de calidad y aforo**

El estudio de calidad de agua y aforo estaba previsto a realizarse en un pozo nuevo en el mes de febrero del año 2021, no obstante, el mencionado proyecto no fue realizado en la fecha antes indicada, por lo que se decidió realizar un estudio para la localización de un nuevo pozo en la comunidad de San Francisco, tomando como referencia las características hidrológicas e hidrogeológicas y dos pozos existentes en la microcuenca (mapas 3-4).

#### 4.3.1. Características hidrológicas

En la tabla 14 se presenta un resumen de los carteristas morfométricos de la microcuenca río la Sirena.

**Tabla 14 "Morfometría de cuenca la Sirena"**

| Morfometría                    | Valor | UM              | Clasificación                         |
|--------------------------------|-------|-----------------|---------------------------------------|
| Perímetro                      | 33.91 | km              | -                                     |
| Área                           | 27.60 | km <sup>2</sup> | Muy pequeña                           |
| Pendiente del cauce principal  | 17    | %               | Fuerte                                |
| Ancho máximo de la cuenca      | 9.72  | km              | -                                     |
| Longitud máxima de la cuenca   | 7.68  | km              |                                       |
| Longitud del cauce principal   | 2.84  | km              | Corto                                 |
| Altura máxima                  | 1395  | m               |                                       |
| Altura mínima                  | 910   | m               |                                       |
| Desnivel altitudinal           | 485   | m               | Bajo                                  |
| Coeficiente de Forma (Kf)      | 0.47  | -               | Moderadamente achatada                |
| Coeficiente de compacidad (Kc) | 1.81  |                 | De oval oblonga a rectangular oblonga |
| Orden de drenaje               | 4     | -               | Medio                                 |
| Tiempo de concentración (Tc)   | 18    | min             | Rápido                                |

*Elaboración propia*

##### 4.3.1.1. Parámetros morfométricos

- **Área**

La microcuenca río la Sirena tiene un área de 27.60 km<sup>2</sup>, la cual se considera pequeña, en la microcuenca baja de la misma se localiza la comunidad de San Francisco objeto del presente estudio.

- **Desnivel altitudinal**

Esta unidad higrológica presenta un desnivel altitudinal de 454 m que por su rango de cotas (1395-910) se considerada bajo, tiene una pendiente promedio en la cuenca de 20.13%.

- **Coeficiente de forma y compacidad**

El coeficiente de forma fue de 0.468 y dado que el resultado es menor a la unidad, se clasifica como moderadamente achatada lo cual indica un drenaje principal suficientemente largo que ayuda impedir grandes crecidas y facilita el escurrimiento de la lluvia efectiva.

Con la ecuación 1 se calculó  $K_f$  y los resultados se presentan a continuación:

$$k_F = \frac{27.60 \text{ km}^2}{(7.68 \text{ km})^2}$$

$$k_F = 0.468$$

El coeficiente de compacidad es de 1.8, cuyo resultado es mayor a la unidad nos indica que la cuenca es menos circular y por lo tanto presenta bajas tendencias de concentración de agua.

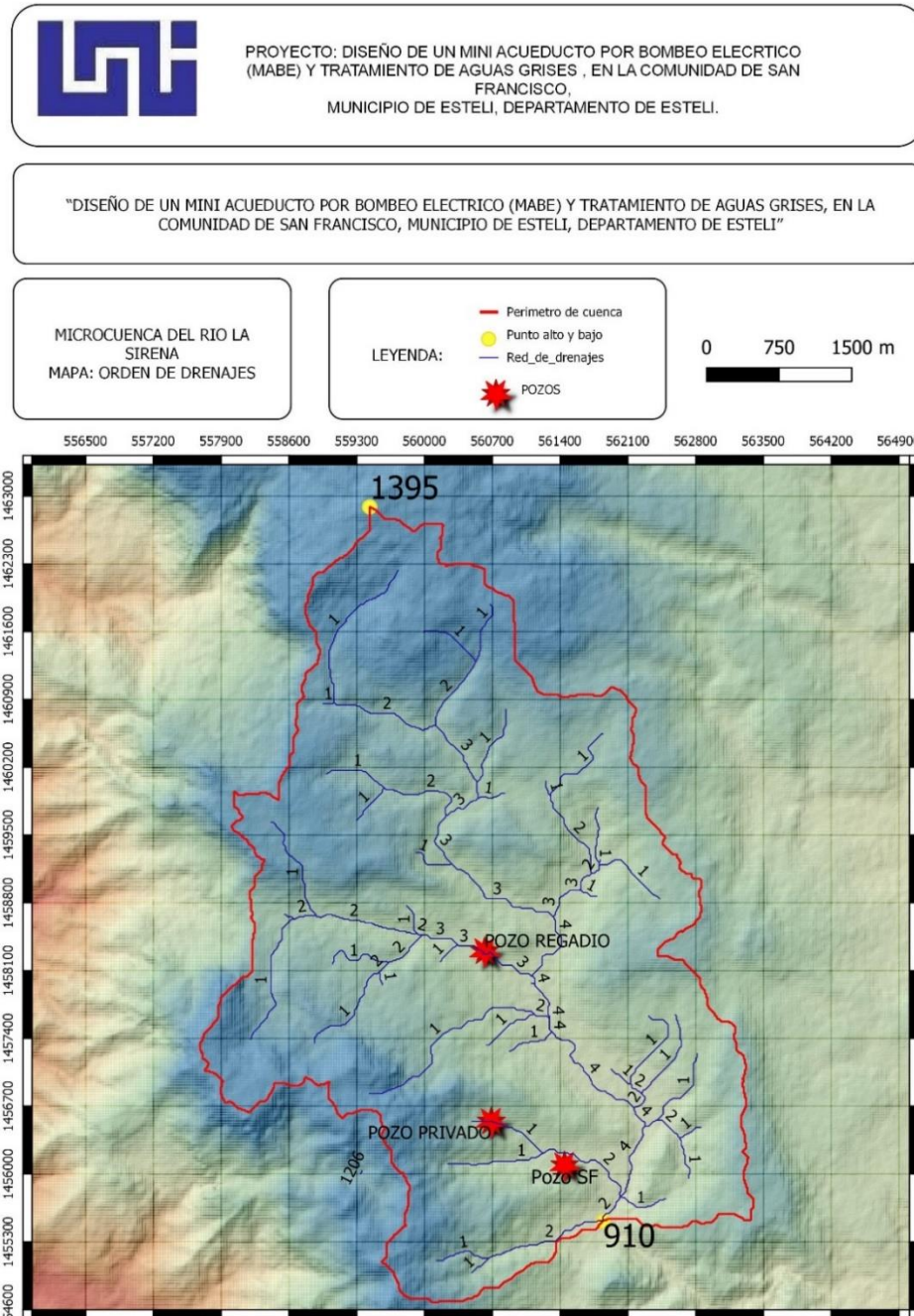
Con la ecuación 2 se calculó  $K_c$  y los resultados se presentan a continuación:

$$k_C = 0.28 \frac{33.91 \text{ km}}{\sqrt{27.60 \text{ km}^2}}$$

$$k_C = 1.81$$

La forma de la microcuenca, así como el sistema de drenaje y las cotas mínimas y máxima se pueden apreciar en el Mapa 3, que se presenta a continuación:

### Mapa 3 "Mapa de cuenca la Sirena"



*Elaboración propia*

- **Orden de corriente**

En el mapa 3 se observa el orden de corrientes, siendo este de orden 4, lo cual significa un buen drenaje. Las múltiples ramificaciones indican que la geología de la microcuenca está formada por rocas con poca dureza erosionables, en relieve con pendientes media de 20%, lo cual significa altas energías específicas en los cauces, favoreciendo la erosión y el flujo de la esorrentía.

- **Pendiente de cause principal**

El cause principal se considera corto, presentando una pendiente fuerte de 17.1% lo que indica mayor velocidad de desplazamiento del agua, menor tiempo de concentración y menor infiltración. A continuación, se presenta el resultado aplicando la ecuación 3:

$$S = \frac{(1935m - 910m)}{2840m}$$

$$S = 0.171 \approx 17.1\%$$

- **Tiempo de concentración**

Se obtuvo un tiempo de concentración de 18 minutos, indica concentración de volumen de agua y su vez mayor escurrimiento. A continuación, se presentan el resultado aplicando ecuación 4:

$$T_c = 0.06626 \left( \frac{(2.84 \text{ km})^2}{17.1\%} \right)^{0.385}$$

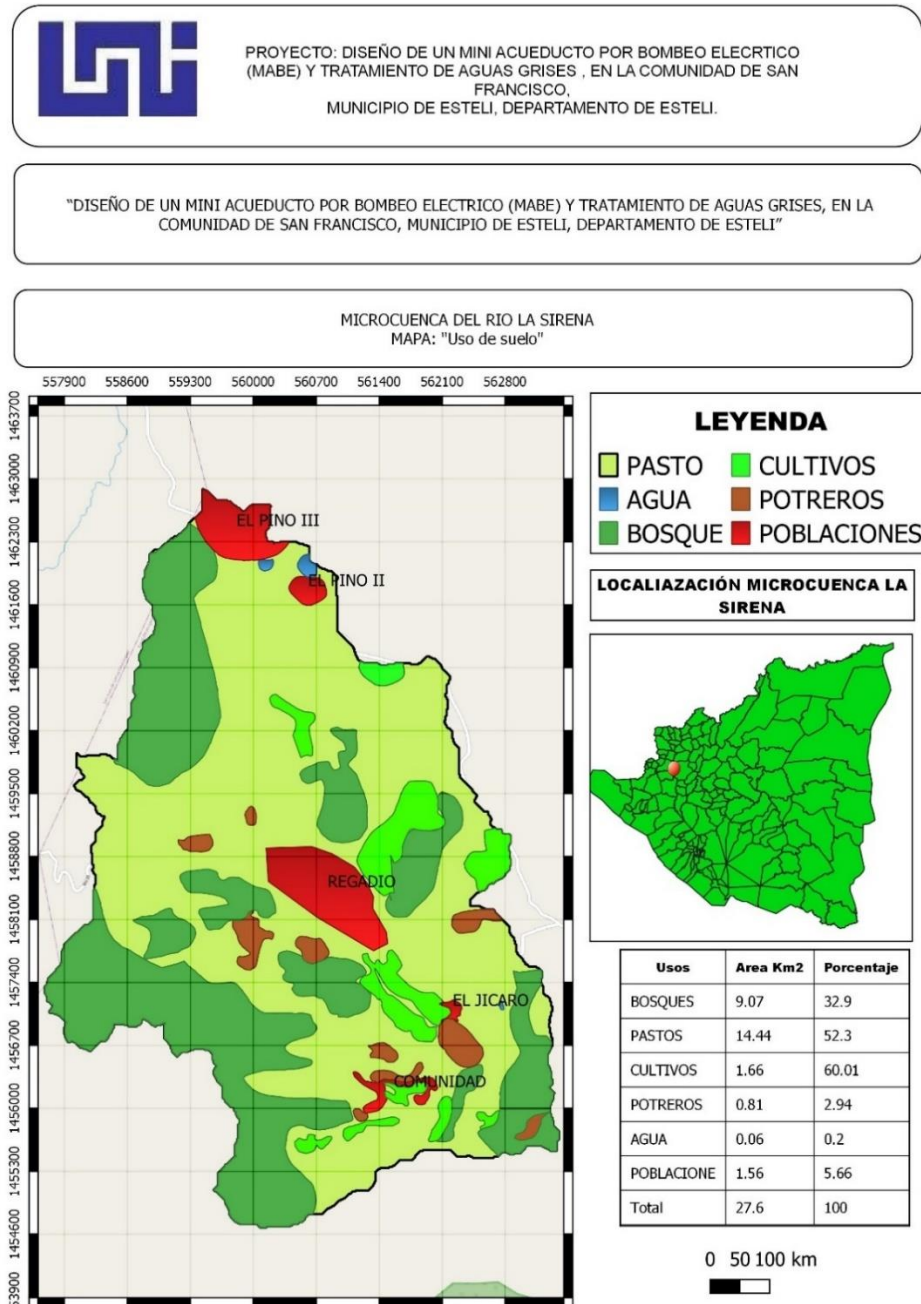
$$T_c = 0.29 \text{ horas} \approx 18 \text{ minutos}$$

#### **4.3.1.2. Uso de suelo**

En el Mapa 4 se observa que de los 27.60 Km<sup>2</sup>, únicamente el 32.86% corresponde a bosque, el resto de la superficie está dominada por pastos naturales, potreros, cultivos anuales y asentamientos humanos. Por tanto, el uso del suelo en la microcuenca no favorece la infiltración. Este uso de suelo se

debería cambiar gradualmente a pastos mejorados, reduciendo las áreas extensivas de pastos y aumentando las áreas de bosques.

**Mapa 4 " Uso de suelo en microcuenca La Sirena"**



*Elaboración propia*

#### 4.3.1.3. Balance Hídrico

El balance hídrico de la microcuenca se realizó con el software (InnerSoft ISBH, 2005), utilizando series de tiempo 1998 a 2019 de precipitación, temperatura y evapotranspiración, este último calculado a partir de las temperaturas anuales con el método de Thornthwait.

En la tabla 15 se presentan los datos de temperatura y precipitación de 21 años de observación de los programas de estudios atmosférica NOAA y TRMM de la NASA.

**Tabla 15 "Temperaturas y precipitaciones series de tiempo 1998 a 2019"**

| Meses      | Temperatura °C | Precipitaciones (mm) |
|------------|----------------|----------------------|
| Enero      | 20.810         | 15.110               |
| Febrero    | 21.565         | 10.220               |
| Marzo      | 22.733         | 15.794               |
| Abril      | 23.735         | 43.746               |
| Mayo       | 23.649         | 188.320              |
| Junio      | 22.761         | 194.975              |
| Julio      | 22.555         | 108.047              |
| Agosto     | 22.480         | 138.203              |
| Septiembre | 22.425         | 230.776              |
| Octubre    | 21.919         | 274.495              |
| Noviembre  | 21.044         | 46.122               |
| Diciembre  | 20.959         | 22.186               |

**Fuente: Satélites National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAH),  
Satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)**

A continuación, se muestra en la tabla 16 la evapotranspiración potencial calculada con el método de Thornthwait, aplicando las ecuaciones 5,6,7,8, y 9 descritas en el diseño metodológico.

**Tabla 16 "Evapotranspiración potencial método de Thornthwait"**

| Meses                   | T°C                          | $i$                                                  | ETP sin cor                                                                 | Días  | Horas | ETP mm                                                                                         |
|-------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | $^{\circ}\text{C} = K - 273$ | $i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$<br>Ecuación 5 | $ETP_{\text{sin corr}} = 16 \left(\frac{(10)(t)}{I}\right)^a$<br>Ecuación 7 |       |       | $ETP = ETP_{\text{sin corr}} \left(\frac{N}{12}\right)\left(\frac{d}{30}\right)$<br>Ecuación 9 |
| <b>Enero</b>            | 20.81                        | 8.66                                                 | 73.10                                                                       | 31.00 | 11.40 | 71.76                                                                                          |
| <b>Febrero</b>          | 21.57                        | 9.14                                                 | 80.07                                                                       | 29.00 | 11.60 | 74.82                                                                                          |
| <b>Marzo</b>            | 22.73                        | 9.90                                                 | 91.63                                                                       | 31.00 | 11.90 | 93.89                                                                                          |
| <b>Abril</b>            | 23.74                        | 10.57                                                | 102.32                                                                      | 30.00 | 12.30 | 104.88                                                                                         |
| <b>Mayo</b>             | 23.65                        | 10.51                                                | 101.37                                                                      | 31.00 | 12.60 | 109.99                                                                                         |
| <b>Junio</b>            | 22.76                        | 9.92                                                 | 91.91                                                                       | 30.00 | 12.70 | 97.28                                                                                          |
| <b>Julio</b>            | 22.55                        | 9.79                                                 | 89.81                                                                       | 31.00 | 12.60 | 97.44                                                                                          |
| <b>Agosto</b>           | 22.48                        | 9.74                                                 | 89.04                                                                       | 31.00 | 12.40 | 95.08                                                                                          |
| <b>Septiembre</b>       | 22.43                        | 9.70                                                 | 88.49                                                                       | 30.00 | 12.10 | 89.23                                                                                          |
| <b>Octubre</b>          | 21.92                        | 9.37                                                 | 83.48                                                                       | 31.00 | 11.70 | 84.10                                                                                          |
| <b>Noviembre</b>        | 21.04                        | 8.81                                                 | 75.21                                                                       | 30.00 | 11.40 | 71.45                                                                                          |
| <b>Diciembre</b>        | 20.96                        | 8.76                                                 | 74.44                                                                       | 31.00 | 11.30 | 72.43                                                                                          |
| $I = \sum i$ Ecuación 6 |                              | 114.87                                               |                                                                             |       |       |                                                                                                |

**Elaboración propia**

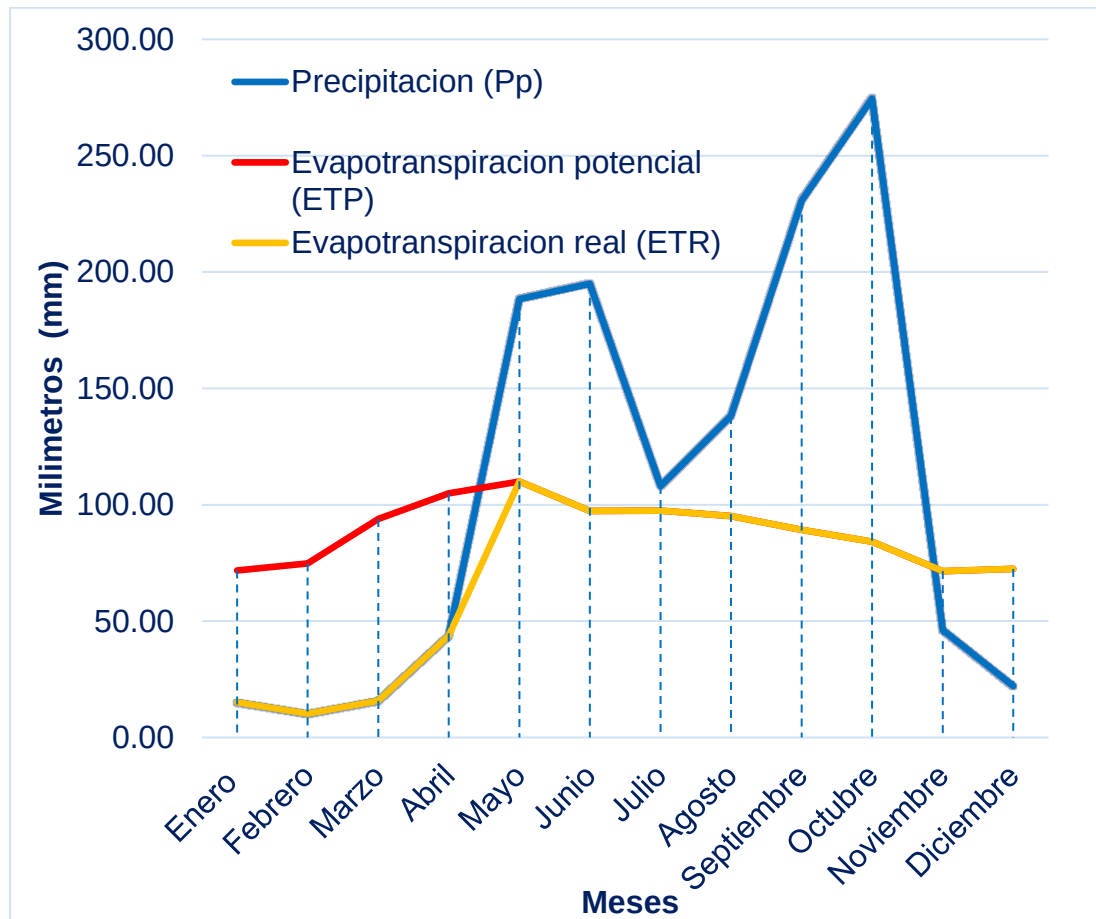
Con relación al balance hídrico de la microcuenca, en el periodo de enero-abril y mediados de noviembre a diciembre se presentan déficit, así mismo se observa un balance hídrico positivo a inicios del mes de mayo y en las primeras semanas del mes de noviembre, notándose una reducción del balance en el periodo de canícula comenzando a mediados del mes de julio y finalizando el mes de agosto. Los resultados descritos se presentan en la tabla 17 y el gráfico 13. En las épocas de exceso de humedad es cuando ocurre la infiltración al acuífero.

**Tabla 17 "Balance hídrico"**

| Meses | Enero  | Febrero | Marzo  | Abril  | Mayo   | Junio  | Julio  | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Anual   |
|-------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|---------|-----------|-----------|---------|
| Pp    | 15.11  | 10.22   | 15.79  | 43.75  | 188.32 | 194.98 | 108.05 | 138.20 | 230.78     | 274.49  | 46.12     | 22.19     | 1287.99 |
| ETP   | 71.76  | 74.82   | 93.89  | 104.88 | 109.99 | 97.28  | 97.44  | 95.08  | 89.23      | 84.10   | 71.45     | 72.43     | 1062.35 |
| P-ETP | -56.65 | -64.60  | -78.10 | -61.13 | 78.33  | 97.70  | 10.61  | 43.12  | 141.55     | 190.40  | -25.33    | -50.24    | 225.64  |
| R     | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 78.33  | 111.60 | 111.60 | 111.60 | 111.60     | 111.60  | 86.27     | 36.03     | 758.63  |
| AR    | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 78.33  | 33.27  | 0.00   | 0.00   | 0.00       | 0.00    | -25.33    | -50.24    | 36.03   |
| ETR   | 15.11  | 10.22   | 15.79  | 43.75  | 109.99 | 97.28  | 97.44  | 95.08  | 89.23      | 84.10   | 71.45     | 72.43     | 801.87  |
| E     | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 64.43  | 10.61  | 43.12  | 141.55     | 190.40  | 0.00      | 0.00      | 450.10  |
| D     | -56.65 | -64.60  | -78.10 | -61.13 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00       | 0.00    | 0.00      | 0.00      | -260.48 |

**Fuente: InnerSoft ISBH**

**Gráfico 13 "Balance hídrico"**



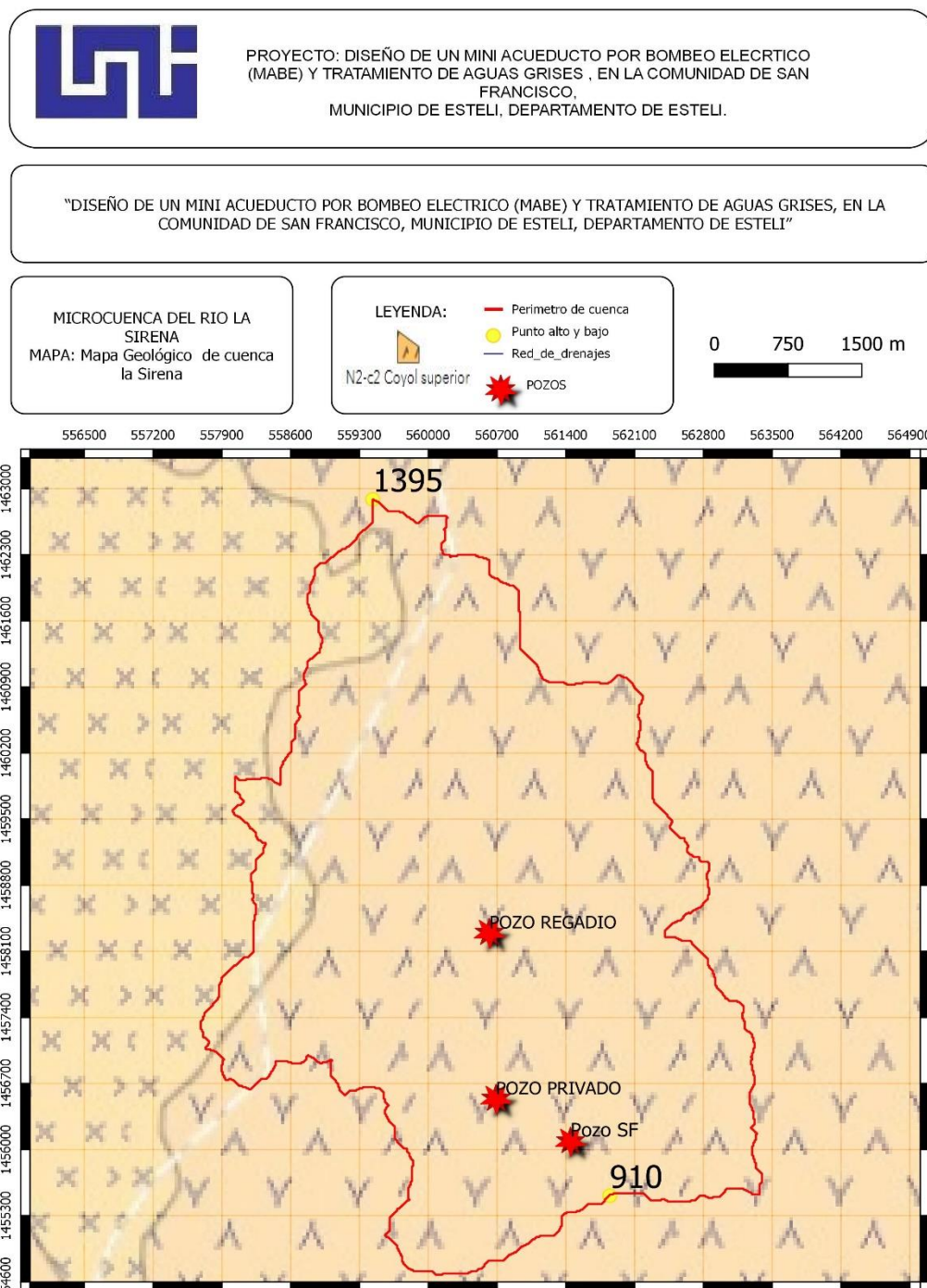
*Elaboración propia*

Se observa en los meses de mayo a octubre un exceso de humedad, lo que favorece el desarrollo de un acuífero en el subsuelo de la microcuenca.

#### **4.3.2. Características hidrogeológicas**

La microcuenca se río la Sirena encuentra ubicado en las formaciones geológicas que comprenden rocas volcánicas, piroplásticas y efusivas conformadas por ignimbritas, brechas dacíticas, lavas basálticas, andesíticas y piroclásticas, con una edad de 1.8 millones de años según (INETER, 2004), ver Mapa 5.

## Mapa 5 "Mapa geológico de Valle Regadío y Comunidad San francisco"



INETER

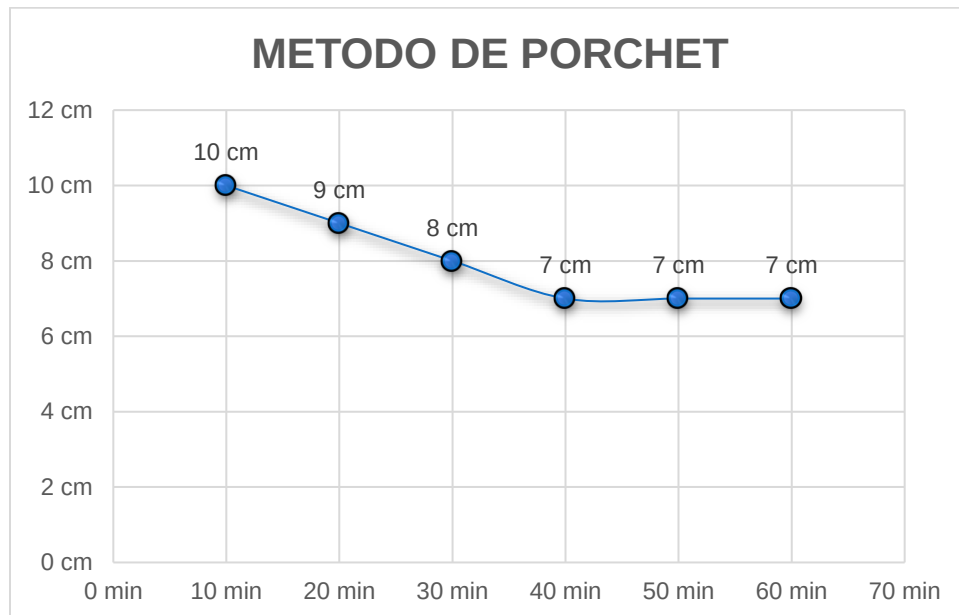
Para comprender el comportamiento hidráulico del subsuelo conformado por una geología caracterizada por rocas volcánicas, se realizó una prueba de infiltración aplicando el método de Porchet, dando como resultado un coeficiente (K) de infiltración de 0.874 m/día que según Mijailov (1989), corresponde a arena arcillosa y de acuerdo con Custodio & Llamas (1983), es característico de acuíferos pobres. En la Tabla 18 y Grafico 14 se presenta los resultados, el trabajo de campo se muestra Anexo ilustración 25-32.

**Tabla 18 "Datos obtenidos en campo aplicando método de Porchet Valle Regadio "**

| Datos de campo              |        |                |                | Descripción           | Datos   | Unidades |
|-----------------------------|--------|----------------|----------------|-----------------------|---------|----------|
| Municipio de Estelí         |        |                |                | Altura de referencia  | 130     | cm       |
| Comunidad del Valle Regadio |        |                |                | Diámetro              | 30      | cm       |
| Coordenadas                 |        |                |                | radio                 | 15      | cm       |
| 1458273 m N, 560630 m E     |        |                |                | Tiempo entre lecturas | 10      | min      |
| Datos                       | Tiempo | Lectura 1 (cm) | Lectura 2 (cm) | h1 (cm)               | h2 (cm) | h1-h2    |
| 1                           | 10 min | 55 cm          | 65 cm          | 75 cm                 | 65 cm   | 10 cm    |
| 2                           | 20 min | 55 cm          | 64 cm          | 75 cm                 | 66 cm   | 9 cm     |
| 3                           | 30 min | 55 cm          | 63 cm          | 75 cm                 | 67 cm   | 8 cm     |
| 4                           | 40 min | 55 cm          | 62 cm          | 75 cm                 | 68 cm   | 7 cm     |
| 5                           | 50 cm  | 55 cm          | 62 cm          | 75 cm                 | 68 cm   | 7 cm     |
| 6                           | 60 cm  | 55 cm          | 62 cm          | 75 cm                 | 68 cm   | 7 cm     |

**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 14 "Infiltración de suelo"**



***Elaboración propia***

A continuación, se muestran los resultados obtenidos aplicando la ecuación 11:

$$K = \frac{15 \text{ cm}}{2 (10 \text{ min} - 0 \text{ min})} \ln \left( \frac{2(75 \text{ cm} + 15 \text{ cm})}{2(68 \text{ cm} + 15 \text{ cm})} \right) = 0.061 \text{ cm/min}$$

$$K = \left( \frac{0.061 \text{ cm}}{\text{min}} \right) \left( \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right) \left( \frac{1440 \text{ min}}{\text{dia}} \right) = 0.874 \text{ m/dia}$$

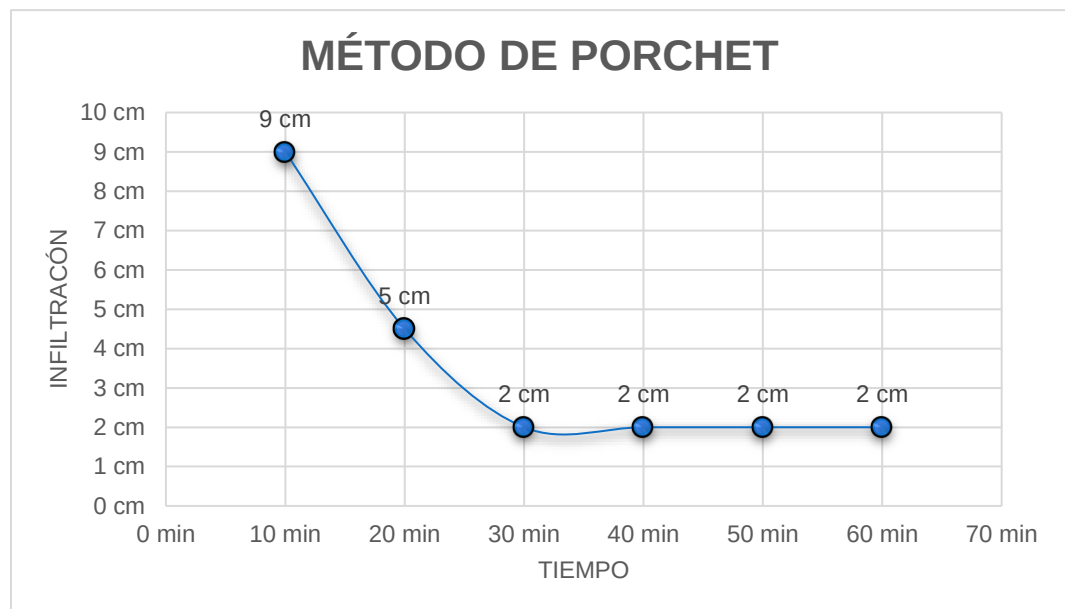
También se realizó una segunda prueba de infiltración para estudiar el comportamiento hidráulico del subsuelo en la zona de la comunidad de San Francisco, ubicada al sureste de la cuenca baja río La Sirena. Se aplicó método de Porchet, dando como resultado un coeficiente de infiltración de 0.243 m/día, que al igual que la prueba anterior corresponde a arcilla arenosa, típica de acuíferos pobres (Custodio & Llamas , 1983). En la Tabla 19 y Grafico 15 se presenta los resultados y los detalles de la prueba se muestran Anexo Ilustración 33-38.

**Tabla 19 "Datos obtenidos en campo aplicando método de Porchet comunidad San Francisco"**

| Datos de campo                     |        |                |                | Descripción          | Datos   | Unidades |
|------------------------------------|--------|----------------|----------------|----------------------|---------|----------|
| Municipio de Estelí                |        |                |                | Altura de referencia | 130     | cm       |
| Comunidad de San Francisco         |        |                |                | Diámetro             | 30      | cm       |
| Coordenadas                        |        |                |                | radio                | 15      | cm       |
| 1456089.0177 m N, 561443.75363 m E |        |                |                | Tiempo               | 10      | min      |
| Datos                              | Tiempo | Lectura 1 (cm) | Lectura 2 (cm) | h1 (cm)              | h2 (cm) | h1-h2    |
| 1                                  | 10 min | 55 cm          | 64 cm          | 75 cm                | 66 cm   | 9 cm     |
| 2                                  | 20 min | 55 cm          | 60 cm          | 75 cm                | 71 cm   | 5 cm     |
| 3                                  | 30 min | 55 cm          | 57 cm          | 75 cm                | 73 cm   | 2 cm     |
| 4                                  | 40 min | 55 cm          | 57 cm          | 75 cm                | 73 cm   | 2 cm     |
| 5                                  | 50 min | 55 cm          | 57 cm          | 75 cm                | 73 cm   | 2 cm     |
| 6                                  | 60 min | 55 cm          | 57 cm          | 75 cm                | 73 cm   | 2 cm     |

*Elaboración propia*

**Gráfico 15 " Infiltración de suelo"**



*Elaboración propia*

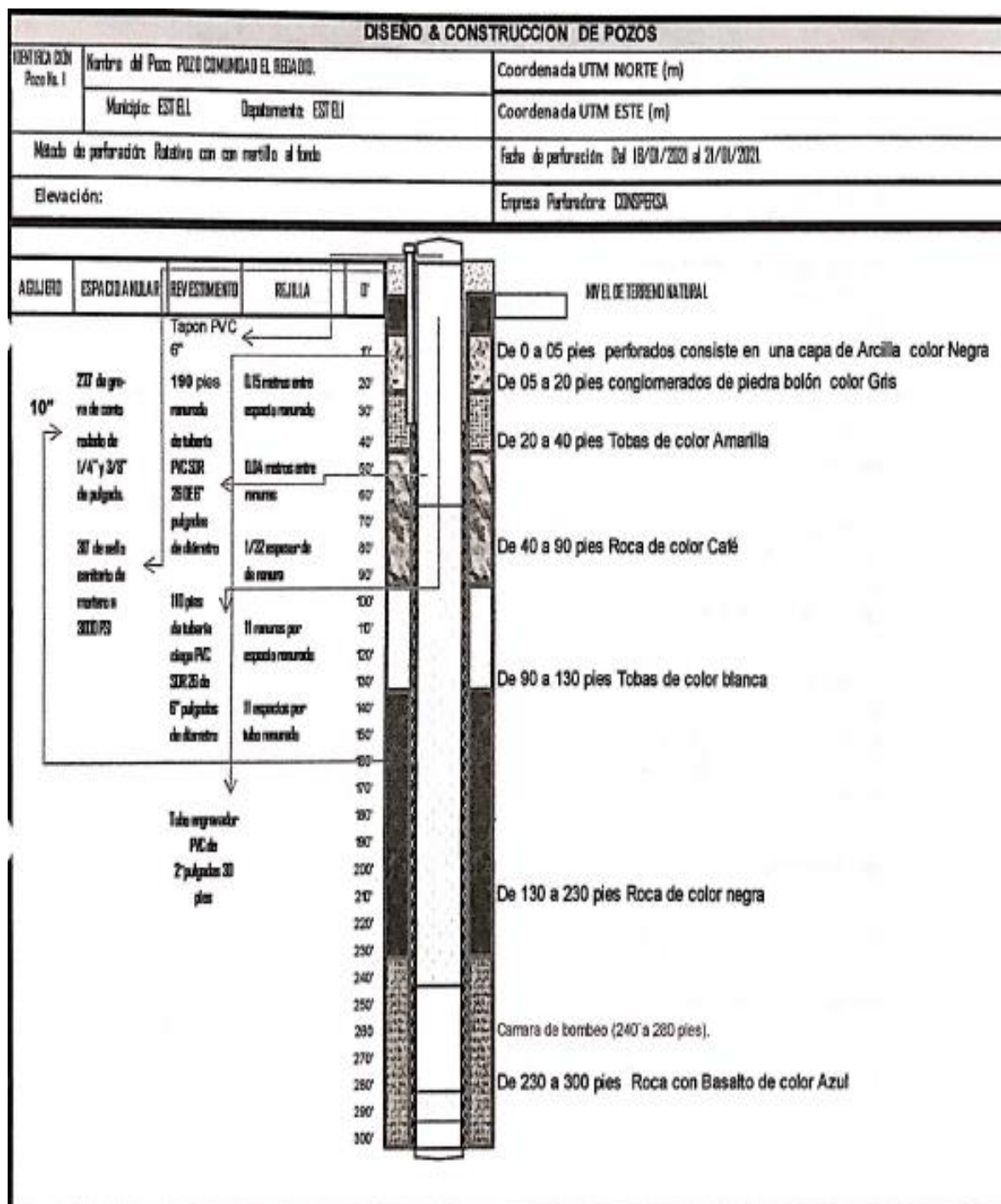
A continuación, se muestran los resultados obtenidos aplicando ecuación 11:

$$K = \frac{15 \text{ cm}}{2 (10 \text{ min} - 0 \text{ min})} \ln \left( \frac{2(75 \text{ cm} + 15 \text{ cm})}{2(73 \text{ cm} + 15 \text{ cm})} \right) = 0.017 \text{ cm/min}$$

$$K = \left( \frac{0.017 \text{ cm}}{\text{min}} \right) \left( \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right) \left( \frac{1440 \text{ min}}{\text{dia}} \right) = 0.243 \text{ m/dia}$$

Así mismo, con la finalidad de conocer las características hidrogeológicas de la microcuenca La Sirena, se analizó el perfil estratigráfico del pozo de la comunidad El Regadío, cuyos resultados se muestran en la ilustración 1, donde se observa el perfil estratigráfico, el cual describe los diferentes tipos de suelos, tales como arcilla negra, piedra bolón, tobas amarillas, rocas color café, tobas color blanco, rocas negras y basalto color azul

**Ilustración 1 "Perfil estratigráfico"**



Finalmente, puede afirmarse que por los tipos de rocas presentes en el subsuelo de la microcuenca La Sirena, así como por el perfil estratigráfico del pozo en la comunidad El Regadío y los bajos coeficientes de infiltración encontrados ( $K$ : 0.874-0.243 m/día), el caudal de explotación de un pozo perforado en la microcuenca, tendrá poco caudal correspondiendo a un acuífero pobre, no obstante, dado la poca cantidad de habitantes de la comunidad de San Francisco, se espera que un pozo con las características antes indicadas sea una fuente con caudal suficiente para la demanda de la comunidad.

También se observó que el acuífero se recarga en los meses de mayo a octubre, no obstante, se presentan condiciones de mucha escorrentía, lo que deberá mejorarse haciendo un cambio gradual del uso de suelo aumentando las áreas de bosque.

#### **4.3.3. Calidad del agua**

Para los parámetros de la calidad de agua se tomaron en consideración del pozo perforado en la comunidad Regadío y un pozo privado en la comunidad de San Francisco.

##### **a) Pozo del regadío**

La alcaldía realizó los estudios de calidad de agua a la fuente, la cual es un pozo que está ubicada en la comunidad el Regadío, el cual abastece a 2,123 habitantes.

- **Calidad de agua**

Cumpliendo con la norma (INAA, 1999a, pág. 51), se realizaron las siguientes pruebas: Físico-químico, bacteriológicos y metales pesados bajo los parámetros de la (Calidad del Agua para Consumo Humano, 1993), el análisis de plaguicida no se realizó debido a que no hay cultivos agrícolas en los alrededores de la fuente.

Los resultados obtenidos de las pruebas físico-químico y metales pesados están por debajo de los rangos que especifica la norma CAPRE y norma INNA, sin

embargo, la prueba bacteriológica no cumple con los rangos de las normas, por tanto, se recomienda desinfección (Sección 6.10.14) por hipo clorador de carga constante en el tanque de almacenamiento. Ver Anexo Tabla 33 a la 36.

- **Aforo pozo El Regadío**

Dado que se utilizó el pozo de la comunidad El Regadío, como referencia de las condiciones de las aguas subterráneas de la microcuenca La Sirena, se presenta para el aforo, los datos del ensayo de bombeo pozo Regadillo (Anexo Tabla 37), el cual describe las siguientes características:

Coordenadas: 1458297.85 m N, 560621.94 m E, 962 msnm

Fecha de perforación del pozo: 18 hasta el 21 de enero del 2021 a las 9:00 am

Profundidad del pozo: 91.46 metros (300 pies)

Nivel estático de agua: 13.50 metros (44.28 pies)

Nivel dinámico del agua: 15.12 metros

Espesor saturado: 77.96 m

Caudal del pozo: 100 gpm (6.31 lps)

Caudal de explotación máxima: 170 gpm

Tubería ciega o liza: PVC 6" SDR 26

Tubería ranurada" PVC 6" SDR 26, abertura de 4mm

Tubería engravador: PVC 2" SDR 26

- **Pozo privado**

También se observó el pozo de Don Adalberto Olivas Obregón, el cual se encuentra en las coordenadas 1456540.47m N, 560689.38 m E, con cota 955 msnm a 1.76 Km del pozo El Regadío. Este pozo fue perforado en el año 2017 con un periodo de diseño de vida útil de 20 años, es utilizado para fines de riego, ganadería, y gastos domiciliarios, presentando las siguientes características:

Profundidad del pozo: 33.52 m (110 pies)

Nivel estático del agua: 9.14 m (30 pies)

Nivel dinámico del agua: 9.64 m (31.6 pies)

Caudal: 120 gpm (7.57 l/s)

#### **4.3.4. Localización nuevo pozo San Francisco**

La localización de un nuevo pozo en la comunidad de San Francisco, basó en las observaciones del pozo El Regadío y Pozo de Don Adalberto Olivas Obregón los cuales presentan caudales similares de 6.31 L/s y 7.57 L/s respectivamente. Además, ambos pozos se encuentran la misma microcuenca, por lo que las características hidrogeológicas son similares (mapa 4), de lo cual se concluye que las condiciones de infiltración y movimiento de agua subterráneas serían similares. Espesor saturado observado en el pozo El Regadío de 77.96 m podría aumentar en zona más baja de la microcuenca del río La Sirena debido a la mayor acumulación de material sedimentario, esto explicaría el menor nivel estático y mayor caudal del pozo de Don Humberto, el cual se encuentra en la zona más baja de la microcuenca, cerca del punto de cierre (mapa 3).

Partiendo de lo anterior se ubicó el pozo para la comunidad de San Francisco en las coordenadas 1456089.0177 m N, 561443.75363 m E, a 960 msnm, estando a 861.15 m del pozo privado y 2351.44 m del pozo El Regadío.

#### **4.4. Diseño hidráulico**

En este punto se realizó el diseño de todos los componentes hidráulicos del sistema de agua potable para la comunidad de San Francisco, con el fin de satisfacer las necesidades del vital líquido.

##### **4.4.1. Periodo de diseño**

Se adopta un período de diseño de 20 años, basado en la vida útil de la fuente según (INAA, 1999a, p. 15) lo que comprende un período que inicia en el año 2021 y concluye el año 2041, en el cual se proyectará la demanda de la población.

##### **4.4.2. Población de diseño**

Para el cálculo de la población de diseño se realizó el análisis de la tasa de crecimiento poblacional del año 2010 según (Rodríguez, 2021) la población inicial era de 171 habitantes teniendo un crecimiento de 206 habitantes en el año 2021, obteniendo una tasa de crecimiento de 1.71%, esta tasa se encuentra por debajo de los rangos permitidos en la norma (INAA, 1999a, pág. 9), por lo tanto se adopta la tasa mínima de crecimiento de 2.5%.

Con la información anterior la población actual del año 2021 se proyectó para el año 2041, dando como resultado una población final de 338 habitantes. A continuación, se presenta la tabla 20, donde se observa la proyección poblacional para el último día de diseño, aplicando la ecuación 12. Ver Anexos Tabla 38.

$$P_n = 206(1 + 2.5\%)^{20}$$

$$P_n = 338 \text{ hab}$$

**Tabla 20 "Proyección poblacional"**

| <b>Año</b> | <b>Proyección</b> | <b>r (%)</b> |
|------------|-------------------|--------------|
| 2021       | 206               | 2.50         |
| 2022       | 211               | 2.50         |
| 2023       | 216               | 2.50         |
| 2024       | 222               | 2.50         |
| 2025       | 227               | 2.50         |
| 2026       | 233               | 2.50         |
| 2027       | 239               | 2.50         |
| 2028       | 245               | 2.50         |
| 2029       | 251               | 2.50         |
| 2030       | 257               | 2.50         |
| 2031       | 264               | 2.50         |
| 2032       | 270               | 2.50         |
| 2033       | 277               | 2.50         |
| 2034       | 284               | 2.50         |
| 2035       | 291               | 2.50         |
| 2036       | 298               | 2.50         |
| 2037       | 306               | 2.50         |
| 2038       | 313               | 2.50         |
| 2039       | 321               | 2.50         |
| 2040       | 329               | 2.50         |
| 2041       | 338               | 2.50         |

***Elaboración propia***

#### **4.4.3. Dotación y consumo**

Para sistemas de abastecimiento de agua potable se consideran dotación de conexiones domiciliar de patio en comunidades rurales dispersa de 80 lppd, según la norma (NTON 09 007 , 2019, pág. 11).

- **Consumo doméstico (CD)**

Para determinar el consumo doméstico se utilizó la ecuación 13, considerando una población futura proyectada a 20 años, en el cual habrá 338 habitantes y tomando en cuenta una dotación de 80 lppd, como se observa en el cálculo siguiente.

$$CD = 338 \text{ hab} \left( \frac{80 \text{ lppd}}{86400 \text{ s}} \right)$$

$$CD = 0.310 \text{ l/s}$$

- **Factor de consumo institucional**

Se utilizó la ecuación 14, tomando en cuenta el consumo institucional por la presencia de una escuela en la comunidad, aplicando el factor del 7% al consumo doméstico (CD), según (INAA, 1999b, pág. 12), el consumo doméstico es de 0.310 l/s.

$$CI = 0.310 \text{ l/s} \left( \frac{7}{100} \right)$$

$$CI = 0.022 \text{ l/s}$$

- **Factor de consumo comercial**

Se calculo mediante la ecuación 15, tomando en cuenta el desarrollo a futuro de la comunidad se aplicó el factor del 7% al consumo doméstico (CD), según (INAA, 1999b, pág. 12), el consumo doméstico es de 0.310 l/s.

$$Cc = 0.310 \text{ l/s} \left( \frac{7}{100} \right)$$

$$Cc = 0.022 \text{ l/s}$$

- **Consumo promedio diario (CPD)**

Se calculó el consumo promedio (CPD), mediante la ecuación 16, en centrándose un valor de 0.350 L/s, no se tomó en cuenta el consumo industrial debido a que la comunidad no posee ninguna industria, sin embargo, se presenta una escuela y comercio a futuro.

$$CPD = 0.310 \text{ l/s} + 0.022 \text{ l/s} + 0.022 \text{ l/s}$$

$$CPD = 0.350 \text{ l/s}$$

- **Fugas o pérdidas en el sistema**

Según la norma (INAA, 1999b, pág. 17), la cantidad de agua perdida en el sistema es el 20 % del consumo promedio diario (CPD), aplicando la ecuación 17 el resultado es de 0.070 l/s, a continuación, se representa el resultado.

$$P_{fugas} = 0.350 \text{ l/s} \left( \frac{20}{100} \right)$$

$$P_{fugas} = 0.070 \text{ l/s}$$

#### **4.4.4. Caudales de diseño**

Los caudales de diseño se calcularon mediante la ecuación 18 para CMD y ecuación 19 para CMH, como se muestran al aplicar las ecuaciones siguientes:

- **Consumo máximo diario, CMD**

Es el gasto requerido para diseñar la línea de conducción, el cual se obtuvo un valor de 0.60 l/s, como se muestra a continuación:

$$CMD = 1.5(0.350 \text{ l/s}) + 0.070 \text{ l/s}$$

$$CMD = 0.60 \text{ l/s}$$

- **Consumo máximo horario, CMH**

Según la norma es el gasto para el diseño de la red de distribución, dando como resultado a 0.95 l/s, como se muestra al aplicar la ecuación 19.

$$CMH = 2.5(0.350 \text{ l/s}) + 0.070 \text{ l/s}$$

$$CMH = 0.95 \text{ l/s}$$

#### **4.4.5. Columna de bombeo**

- **Longitud de la columna de bombeo**

Se estableció con respecto al nivel dinámico del agua en el pozo el cual es de 15.12 m y la sumersión de la bomba es de 6 m según lo que indica la norma (INAA, 1999b, pág. 37), y 6 metros de variación estacional, dando como resultado una longitud de columna de bombeo de 27.12m.

- **Diámetro de la columna de bombeo**

Se determinó el diámetro de la columna de bombeo en base a las normas (INAA, 1999a, pág. 22), dando como resultado un diámetro nominal de 3" H°G° cedula 40 y diámetro interno de 83.41 mm.

- **Velocidad en la columna de bombeo**

Se calculo la velocidad de flujo en la columna, aplicando la ecuación 22 en donde la (INAA, 1999b, pág. 53), establece que no exceda 1.5 m/s, se presentan el resultado obtenido:

$$v = \frac{0.0006 \text{ m}^3/\text{s}}{(\pi \frac{(0.083 \text{ m})^2}{4})}$$

$$v = 0.110 \text{ m/s}$$

$$0.110 \text{ m/s} < 1.5 \text{ m/s}$$

- **Pérdidas por fricción en la columna de bombeo**

Se calculo la perdida por fricción, obteniendo el resultado por medio de la ecuación 20, aplicada a continuación:

$$hf = 10.675 * \left( \frac{0.0006 \text{ m}^3/\text{s}}{100} \right)^{1.852} * \frac{27.12 \text{ m}}{(0.08 \text{ m}^{4.87})}$$

$$hf = 0.010 \text{ m/m}$$

- **Evaluación de perdidas por fricción**

Se aplico la ecuación 21, para evaluar las perdidas por fricción, a continuación, el resultado.

$$0.010 < 1.36 \text{ "Cumple"}$$

#### 4.4.6. Sarta

- **Diámetro de la sarta**

Se determinó el diámetro de la sarta en base a las normas (INAA, 1999a, pág. 24), dando como resultado un diámetro de 2" H°G° cedula 40 de 6 m de longitud.

- **Velocidad en la sarta**

Se calculo la velocidad de flujo en la sarta, aplicando la ecuación 22 en donde la (INAA, 1999b, pág. 53), establece un rango de 0.6 -1.5 m/s, dando como resultado 0.240 m/s, valor inferior a lo recomendado por la norma, no obstante, en la sarta habrá una válvula de limpieza, la cual asegurará la evacuación de sedimentos.

$$v = \frac{0.0006 \text{ m}^3/\text{s}}{\left(\pi \frac{(0.056 \text{ m})^2}{4}\right)}$$

$$v = 0.240 \text{ m/s}$$

$$0.240 \text{ m/s}$$

- **Pérdidas por fricción**

Se calculo la perdida por fricción, obteniendo el resultado utilizando de la ecuación 20, aplicada a continuación:

$$hf = 10.675 * \left(\frac{0.0006 \text{ m}^3/\text{s}}{100}\right)^{1.852} * \frac{6 \text{ m}}{(0.056 \text{ m})^{4.87}}$$

$$hf = 0.017 \text{ m}$$

- **Pérdidas locales**

Se calculó la pérdida de carga por accesorios en la sarta (valores K en tabla 21), aplicando la ecuación 23, como se muestra a continuación:

**Tabla 21 "Valores K por accesorios"**

| ACCESORIO                            | K    | Cantidades | K (Total) |
|--------------------------------------|------|------------|-----------|
| Tee de línea 2"                      | 1.5  | 1          | 1.5       |
| Tee a través de la salida lateral 2" | 1.8  | 1          | 1.8       |
| Reducción gradual 3" a 2"            | 0.15 | 1          | 0.15      |
| Reducción gradual 2" a 1 ½"          | 0.15 | 1          | 0.15      |
| Unión Dresser 2"                     | 0.3  | 1          | 0.3       |
| Medidor                              | 3    | 1          | 3         |
| Válvula de No Retorno 2"             | 2.5  | 1          | 2.5       |
| Válvula de compuerta abierta 2"      | 0.2  | 1          | 0.2       |
| Codo 45° 2"                          | 0.4  | 2          | 0.8       |
| $\Sigma$                             |      |            | 10.4      |

**Elaboración propia**

$$hl = 10.4 * \frac{(0.240 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)}$$

$$hl = 0.031 \text{ m}$$

#### **Perdida de carga total en sarta**

Para calcular la perdida de carga total en la sarta se aplicó la ecuación 24, a continuación, el resultado:

$$h_{total \text{ sarta}} = 0.017 \text{ m} + 0.031 \text{ m}$$

$$h_{total \text{ sarta}} = 0.047 \text{ m}$$

#### 4.4.7. Línea de conducción

- **Diámetro de la línea de conducción**

Se calculo el diámetro más económico con la ecuación 25 (Bresse), resultando un diámetro teórico de 32 mm. A continuación, se presentan los cálculos.

$$D = 0.9(0.0006 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45}$$

$$D = 0.0318 \text{ m} \approx 32 \text{ mm}$$

Según la norma (INAA, 1999b, pág. 43) el diámetro mínimo en tubería será de 1½", tomando en cuenta lo antes mencionado se adoptó por un diámetro nominal de 1½ in (38 mm) de tubería PVC SDR-26 ASTM 2241 que corresponde a un diámetro interno de 44.60 mm.

- **Velocidad**

Se calculó la velocidad de flujo en la línea de conducción, aplicando la ecuación 22, según la norma (INAA, 1999b, pág. 53) el valor de la velocidad deberá estar entre 0.6 -1.5 m/s, a continuación, se presentan el resultado obtenido:

$$v = \frac{0.0006 \text{ m}^3/\text{s}}{(\pi \frac{(0.0446 \text{ m}^2)^2}{4})}$$

$$v = 0.380 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Se observa que la velocidad no cumple con los rangos que determina la norma debido a que la velocidad es menor a 0.6 m/s, por tanto, para evitar la sedimentación en la tubería se instalaran válvulas de limpieza.

- **Pérdidas por fricción**

Las pérdidas de carga por fricción en la línea de conducción se calcularon con la ecuación 20 (Hazen -Williams) antes descrita, obteniendo 1.51 m de pérdida de carga, como se observa a continuación:

$$hf = 10.675 * \left( \frac{0.0006 \text{ m}^3/\text{s}}{150} \right)^{1.852} * \frac{376 \text{ m}}{(0.0446 \text{ m}^{4.87})}$$

$$hf = 1.51 \text{ m} \approx 4.016 \text{ m/km}$$

#### 4.4.8. Carga dinámica Total

La carga dinámica total está comprendida por las pérdidas en la columna de bombeo, sarta y línea de conducción, más la altura geométrica, aplicando la ecuación 26, a continuación, se muestra el resultado:

$$CTD = 86.10 \text{ m} + 0.010 \text{ m} + 0.047 \text{ m} + 1.51 \text{ m}$$

$$CTD = 87.68 \text{ m}$$

#### 4.4.9. Golpe de ariete

En el diseño se analizó la sobrepresión para una tubería de 2 in SDR 26, Norma 2241, la cual es causada por el fenómeno conocido como golpe de ariete, a continuación, se observan las ecuaciones aplicadas en los cálculos:

- **Coeficiente en función del módulo de elasticidad**

Se aplicó la ecuación 27, dando como resultado un coeficiente de 33.33.

$$K = \frac{10^{10}}{3 \times 10^8}$$

$$K = 33.33$$

- **Celeridad de la onda de presión**

Se aplicó la ecuación 28 para obtener el cálculo de celeridad dando como resultado un valor de 339.204 m/s, como se presenta a continuación.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.33 \left( \frac{0.0446 \text{ m}}{0.00185 \text{ m}} \right)}}$$

$$a = 339.204 \text{ m/s}$$

- **Tiempo de parada**

Para este cálculo fue necesaria la fórmula de Mendiluce ecuación 29, teniendo un coeficiente empírico de 0.78 para una pendiente hidráulica de 18.64% y un valor K de 1.5, dando como resultado 1.112 s, a continuación, el resultado:

$$T = 0.78 + \left[ \frac{2(376 \text{ m}) \left( 0.380 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}{\left( 9.81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) (87.68 \text{ m})} \right]$$

$$T = 1.112 \text{ s}$$

- **Tiempo del recorrido de la onda de presión**

El tiempo de recorrido de la onda de presión se calculó mediante la ecuación 30, el resultado se presenta a continuación:

$$t = \frac{2(376 \text{ m})}{339.204 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$t = 2.217 \text{ s}$$

- **Evaluación del tiempo de cierre y tiempo de la onda de presión**

Se evaluó el tiempo de parada con relación al tiempo de ciclo de onda de presión mediante la expresión de la ecuación 31:

$$1.1211 \text{ s} < 2.217 \text{ s}; \text{Cierre rapido}$$

- **Longitud critica**

Se determino la longitud crítica utilizando la ecuación 32:

$$L_c = \frac{(339.204 \text{ m/s})(1.112 \text{ s})}{2}$$

$$L_c = 188.640 \text{ m}$$

- **Tipo de impulsión**

Se evaluó la longitud de la línea de conducción con relación a la longitud critica mediante la ecuación 33:

$$376 \text{ m} > 188.640 \text{ m}; \text{impulsión larga}$$

- **Longitud de máxima presión**

Se calculo la distribución de las presiones máximas a lo largo de la longitud de la tubería aplicando la ecuación 34, cuyo resultado, se muestra a continuación:

$$L_m = 376 \text{ m} - 188.640 \text{ m}$$

$$L_m = 187.360 \text{ m}$$

Se obtuvo que la tubería soportara las máximas presiones al largo de los primeros 187.360 m.

- **Sobrepresión**

Para obtener la sobrepresión causada por el fenómeno golpe de ariete se aplicó la ecuación 35 de Allievi, debido que el tiempo de parada es menor al tiempo recorrido por la onda de presión (cierre rápido) y es impulsión larga, a continuación, el resultado y las distribuciones de energía en el golpe de ariete, en ilustración 2:

$$\Delta H = \frac{(0.380 \text{ m/s})(339.204 \text{ m/s})}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$\Delta H = 13.14 \text{ m}$$

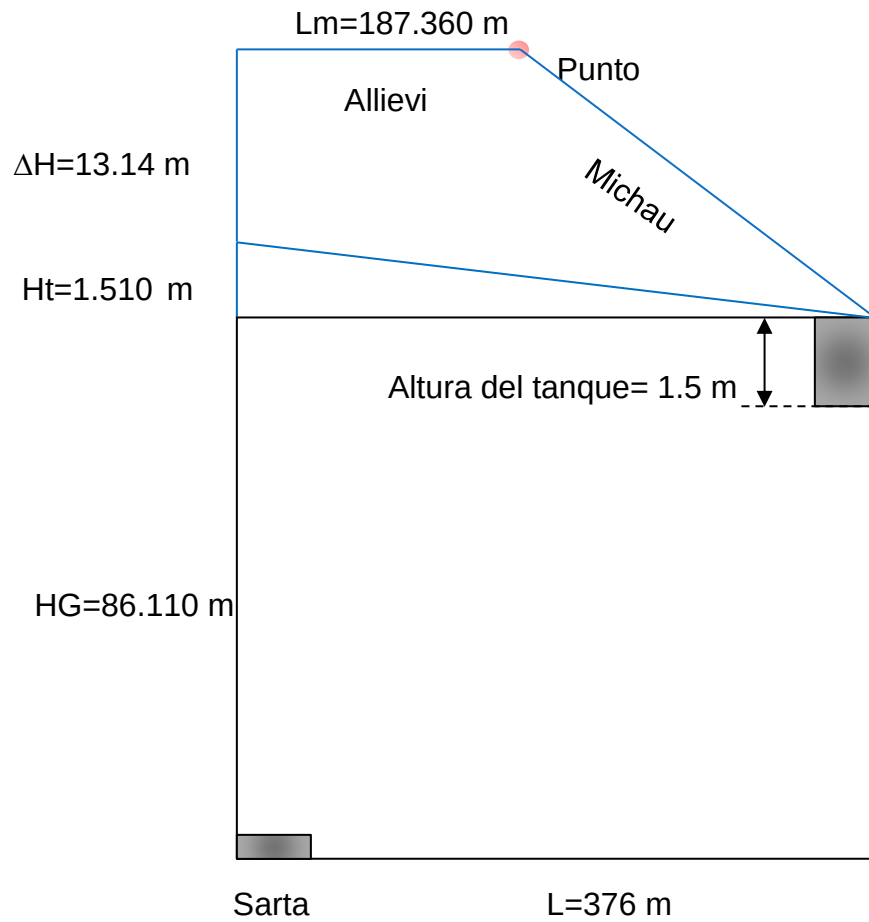
### **Presión total en el sistema**

Se aplico la ecuación 37 para determinar la presión por el golpe de ariete en la línea de conducción, la cual es la suma de la altura geométrica (86.110 m) más la sobrepresión (13.14 m), donde el resultado fue de 99.250 m, dando un valor es inferior a la presión máxima que soporta la tubería, se concluye que la tubería PVC SDR 26 de 1 ½ pulgadas, es adecuada en el diseño de la línea de conducción, debido que soporta 112 m de presión máxima.

$$\text{presion total en el sistema} = 13.14\text{m} + 86.110\text{m}$$

$$\text{presion total en el sistema} = 99.250 \text{ m} < 112 \text{ m (SDR 26)}$$

**Ilustración 2 "Esquema de energía en el golpe de ariete "**



**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.4.10. Cálculo de la potencia

Las potencias teóricas de las bombas se determinaron con la ecuación 38, debido a los 10 años de vida útil de una bomba, se calculó la potencia de una bomba para los primeros 10 años y otra bomba para el final del período de diseño a los 20 años.

Para los primeros 10 años se consideró un caudal de bombeo (CMD) de 0.00048 m<sup>3</sup>, dando como resultado 0.79 hp, como se muestra a continuación:

$$p_b = \frac{(0.00048 \text{ m}^3/\text{s})(87.68 \text{ m})(9777)}{0.70(746)}$$

$$p_b = 0.79 \text{ hp}$$

Para los últimos 10 años de los 20 del período de diseño se tomó en consideración un caudal (CMD) de 0.0006 m<sup>3</sup>, dando como resultado 1 hp, como se muestra a continuación:

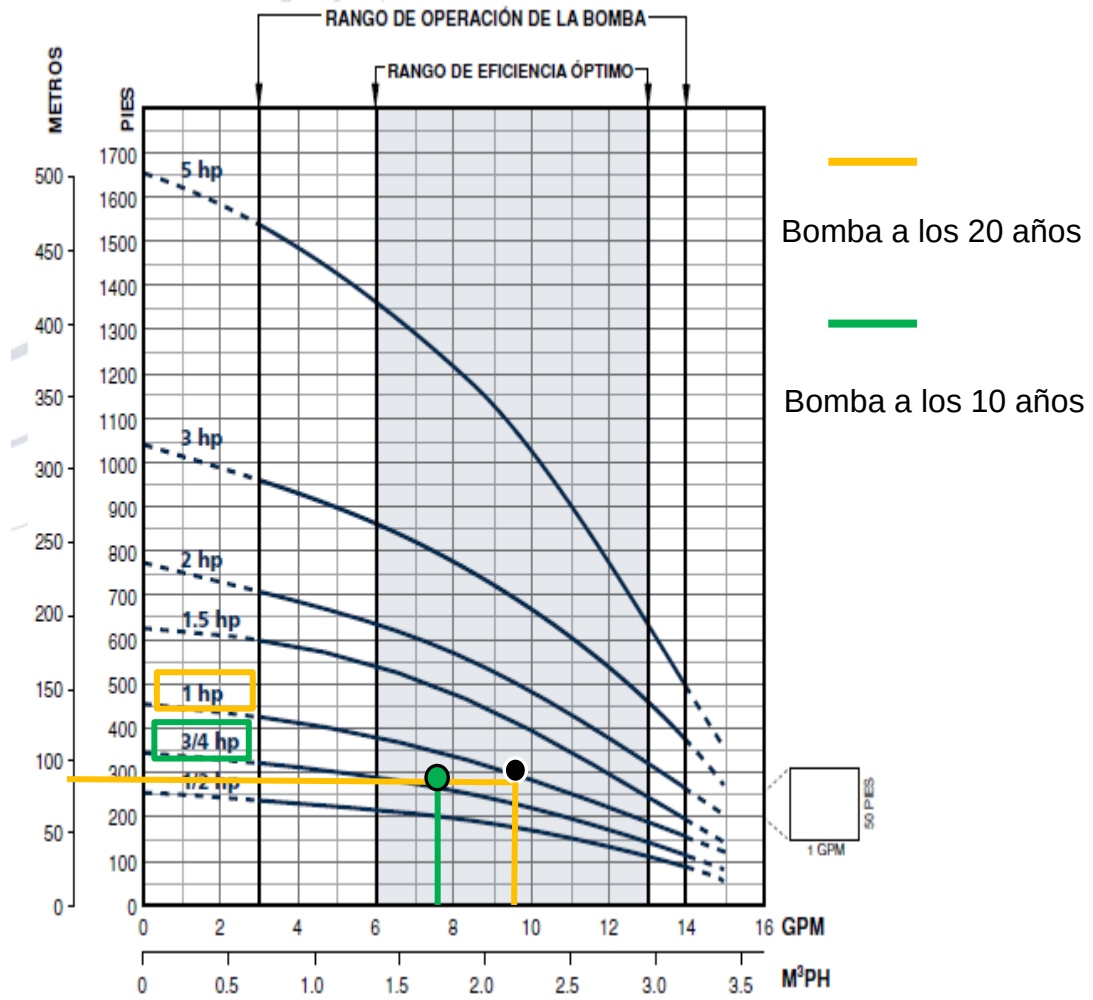
$$p_b = \frac{(0.0006 \text{ m}^3/\text{s})(87.68 \text{ m})(9777)}{0.70(746)}$$

$$p_b = 0.98 \text{ hp} \approx 1 \text{ hp}$$

#### 4.4.11. Selección de la bomba comercial

Se realizó la selección de dos bombas con una curva de rendimiento de los catálogos de bombas sumergibles Franklin Electric, tomando en cuenta carga dinámica total, caudal en GPM, teniendo como resultado usar una bomba FPS 4400 Serie TriSeal de 7.6 GPM con potencia de 3/4 Hp a los primeros 10 años, como se muestra en la ilustración 3, y una bomba FPS 4400 Serie TriSeal de 9.6 GPM con potencia de 1 Hp al final del período de diseño de la red.

**Ilustración 3 "Curva de rendimiento de bomba a 10 años"**



#### **4.4.12. Análisis hidráulico con EPANET**

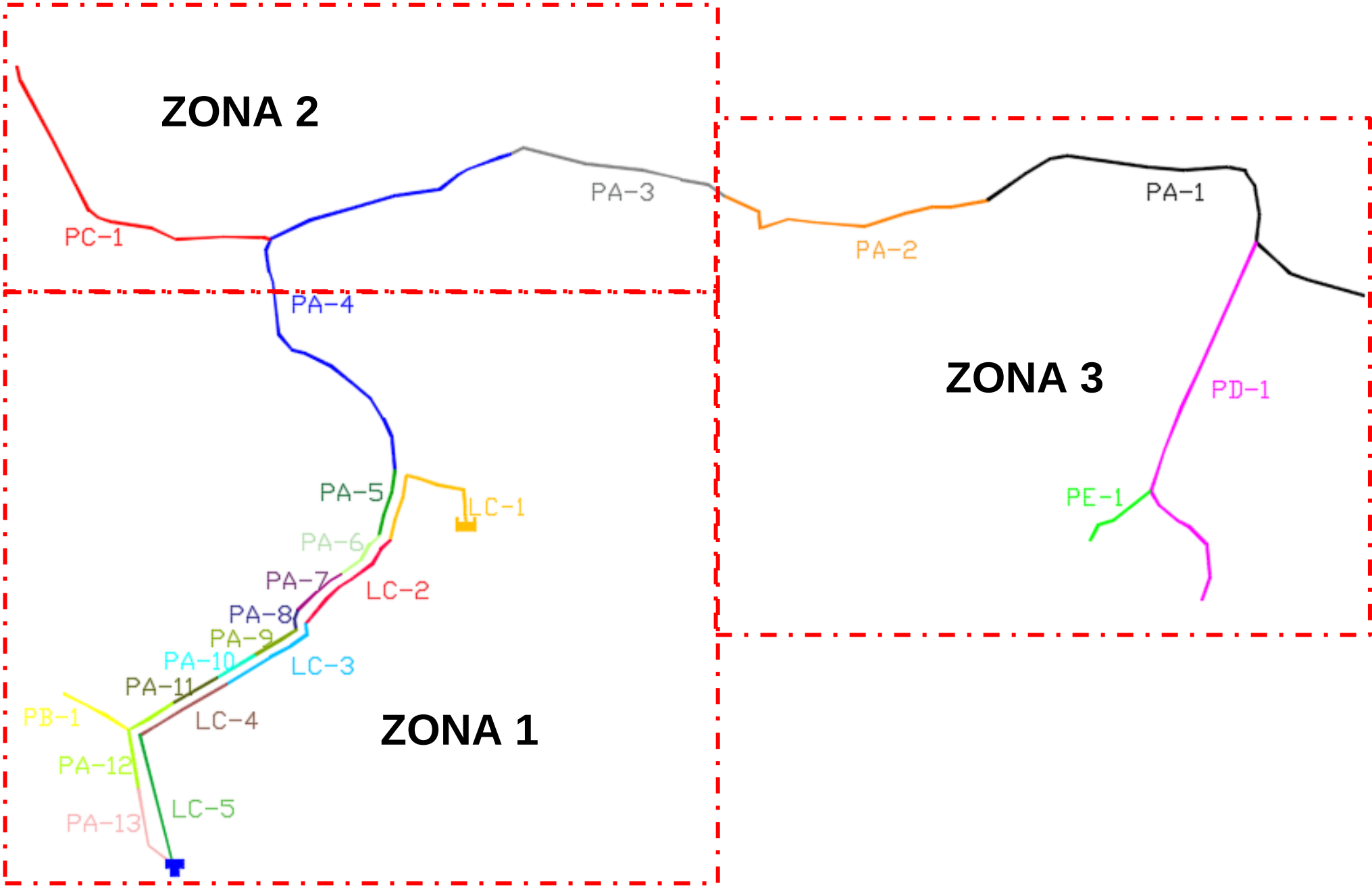
En este acápite se presenta el análisis hidráulico de línea de conducción y la red de distribución; presentándose los resultados en tablas que describan el comportamiento de las velocidades y presiones, además se incluyen ilustraciones con perfiles de terreno, línea piezométrica, presiones, así como de las características topológicas de la red.

La simulación del acueducto fue realizada con el software EPANET, el cual se configuró para el cálculo de las pérdidas de carga por fricción con la ecuación Hazen-Williams, con unidades de caudal (l/s), pérdida de carga (m), coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams,  $C=150$  para PVC, y  $C=100$  para H°G°. La red de distribución se diseñó con tubería PVC, la columna de bombeo y sarta con tubería de H°G°.

Se presentan en la ilustración 4 un índice de las ilustraciones, el cual el proyecto se organiza en 3 sectores como se observa a continuación:

Ilustración 4 "Índice de ilustraciones"

| Índice de ilustración en Anexos |       |                |
|---------------------------------|-------|----------------|
| Línea de conducción             | LC-1  | Ilustración 39 |
|                                 | LC-2  | Ilustración 40 |
|                                 | LC-3  | Ilustración 41 |
|                                 | LC-4  | Ilustración 42 |
|                                 | LC-5  | Ilustración 43 |
| Red de distribución             |       |                |
| Ramal principal (A)             | PA-1  | Ilustración 44 |
|                                 | PA-2  | Ilustración 45 |
|                                 | PA-3  | Ilustración 46 |
|                                 | PA-4  | Ilustración 47 |
|                                 | PA-5  | Ilustración 48 |
|                                 | PA-6  | Ilustración 49 |
|                                 | PA-7  | Ilustración 50 |
|                                 | PA-8  | Ilustración 51 |
|                                 | PA-9  | Ilustración 52 |
|                                 | PA-10 | Ilustración 53 |
|                                 | PA-11 | Ilustración 54 |
|                                 | PA-12 | Ilustración 55 |
|                                 | PA-13 | Ilustración 56 |
| Ramal B                         | PB1   | Ilustración 57 |
| Ramal C                         | PC-1  | Ilustración 58 |
| Ramal D                         | PD-1  | Ilustración 59 |
| Ramal E                         | PE-1  | Ilustración 60 |



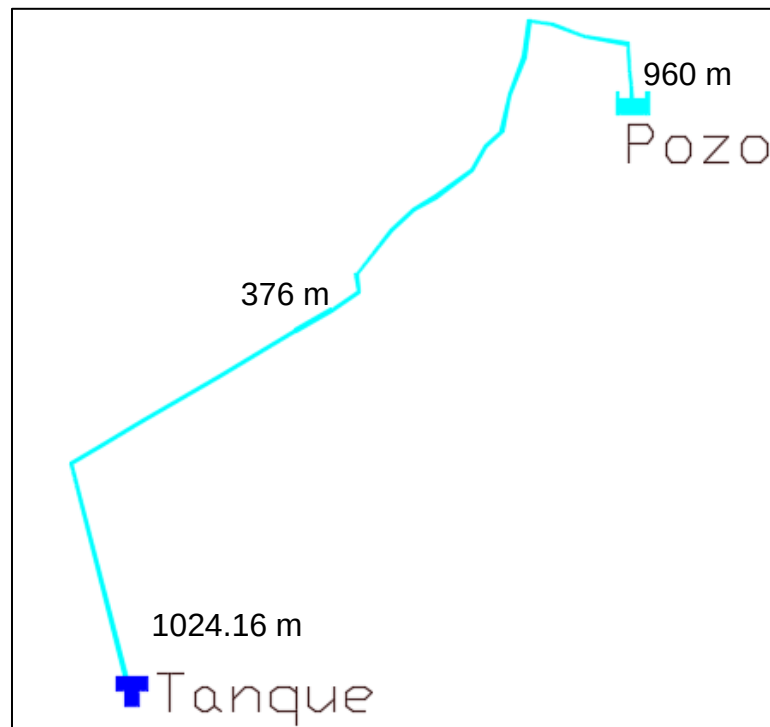
Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.12.1. Línea de conducción Bomba-Sarta-tanque

La línea de conducción se simuló con un caudal de 0.61 L/s, que corresponde al consumo promedio diario (CPD), con carga dinámica de 87.175 m, para la cual se utilizó una curva de bomba FPS 4400 Serie TriSeal de 9.6 GPM, que se muestra en la ilustración 3.

La vista en planta de la línea de conducción que se presenta en la ilustración 5, tiene con una longitud de 376 m, desde la sarta al tanque, la cual fue diseñada con una tubería PVC SDR 26 ASTM-2241 de 1 ½ pulgada, con una sarta de tubería de H°G° con diámetro de 2 pulgadas y 6 m de longitud, así como una columna de bombeo de 27.12 m tubería de H°G° diámetro de 3 pulgadas, ver Anexo Plano constructivo 11/19.

***Ilustración 5 "Vista en planta de línea de conducción"***



- **Velocidades y pérdidas de carga en la línea de conducción**

Los resultados de la simulación EPANET (Tabla 22), se compararon con los resultados obtenidos en la sección 6.10.7 “Línea de conducción” y, siendo los resultados de las velocidades iguales (0.38 m/s) la norma (INAA, 1999b, pág. 53), recomienda velocidad mínima en línea de impulsión de 0.6 m/s, por lo que la línea de conducción fue diseñada con una velocidad inferior requerirá de suficientes válvulas de limpieza para evitar la sedimentación en las tuberías, en Anexos ilustraciones 39-43 se presentan velocidades a lo largo de 376 m de línea de conducción por bombeo.

Las pérdidas de carga por fricción calculadas con la simulación EPANET fueron de 4.08 a 4.07 m, mientras que los cálculos realizados manualmente en la sección 6.10.7 fueron de 4.02 m/km, siendo valores muy similares.

**Tabla 22 "Velocidades, diámetros y perdidas en de la línea de conducción por bombeo"**

| ID Línea      | Longitud<br>m | Diámetro<br>mm | Caudal<br>LPS | Velocidad<br>m/s | Perdidas<br>m/km |
|---------------|---------------|----------------|---------------|------------------|------------------|
| Tubería Lp148 | 20.54         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.08             |
| Tubería Lp149 | 12.28         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.08             |
| Tubería Lp150 | 8.889         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.08             |
| Tubería Lp151 | 13.72         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.07             |
| Tubería Lp152 | 15.14         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.07             |
| Tubería Lp153 | 13.18         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.08             |
| Tubería Lp154 | 8.41          | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.07             |
| Tubería Lp155 | 10.31         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.08             |
| Tubería Lp156 | 16.29         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.07             |
| Tubería Lp157 | 9.478         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.07             |
| Tubería Lp158 | 11.13         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.08             |
| Tubería Lp159 | 21.07         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.08             |
| Tubería Lp160 | 6.922         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.07             |
| Tubería Lp161 | 12.32         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.07             |
| Tubería Lp162 | 15.48         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.08             |
| Tubería Lp163 | 32.26         | 44.6           | 0.6           | 0.38             | 4.08             |

|                           |            |       |     |      |      |
|---------------------------|------------|-------|-----|------|------|
| Tubería Lp164             | 32.37      | 44.6  | 0.6 | 0.38 | 4.08 |
| Tubería Lp165             | 18.38      | 44.6  | 0.6 | 0.38 | 4.07 |
| Tubería Lp166             | 12.6       | 44.6  | 0.6 | 0.38 | 4.08 |
| Tubería Lp167             | 85.28      | 44.6  | 0.6 | 0.38 | 4.08 |
| Total Lp                  | <b>376</b> |       |     |      |      |
| Tubería p147-S<br>(Sarta) | 6          | 56.39 | 0.6 | 0.24 | 7.78 |
| Tubería columna           | 27.12      | 83.41 | 0.6 | 0.11 | 0.41 |

***Fuente: Elaboración propia***

- **Presiones**

A continuación, se presentan en la tabla 23, los resultados de las presiones en la línea de conducción con la simulación EPANET. Se observa que la presión de máxima en la simulación de bomba nodo Lb1 fue de 86.65m, la cual es similar a la carga dinámica total (CDT) calculada cuyo valor fue de 87.68 m a tanque lleno. Las presiones se redujeron gradualmente hasta alcanzar 1 m en el tanque de almacenamiento, en Anexos ilustraciones 39-43 se presentan las líneas de tuberías PVC SDR 26, con presiones que soportan a largo de 376 m de línea de conducción por bombeo. Cada lámina corresponde a un tramo de la línea de conducción, donde la primera lámina inicia desde la sarta y la última concluye en el tanque de almacenamiento.

***Tabla 23 "Presiones en la línea de conducción"***

| ID Nudo | Cota m | Altura m | Presión m |
|---------|--------|----------|-----------|
| Ln81    | 960.22 | 1025.74  | 65.52     |
| Ln82    | 958.70 | 1025.69  | 66.99     |
| Ln83    | 959.70 | 1025.6   | 65.91     |
| Ln84    | 958.92 | 1025.55  | 66.63     |
| Ln85    | 959.05 | 1025.52  | 66.47     |
| Ln86    | 961.43 | 1025.46  | 64.03     |
| Ln87    | 963.08 | 1025.4   | 62.32     |
| Ln88    | 964.48 | 1025.35  | 60.86     |
| Ln89    | 965.28 | 1025.31  | 60.03     |
| Ln90    | 966.70 | 1025.27  | 58.57     |
| Ln91    | 968.30 | 1025.2   | 56.9      |

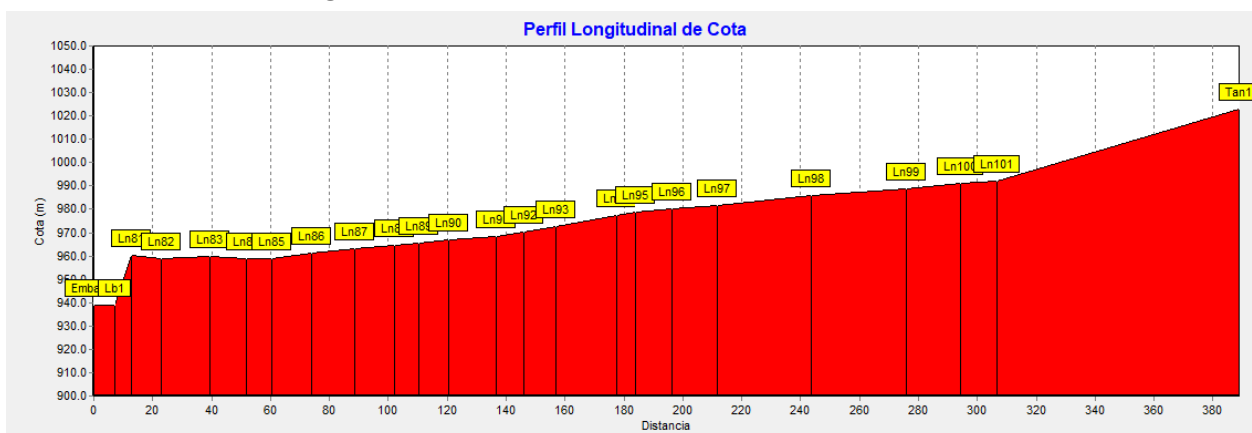
|        |          |         |       |
|--------|----------|---------|-------|
| Ln92   | 970.15   | 1025.17 | 55.02 |
| Ln93   | 972.41   | 1025.12 | 52.71 |
| Ln94   | 977.16   | 1025.03 | 47.88 |
| Ln95   | 978.85   | 1025.01 | 46.16 |
| Ln96   | 980.01   | 1024.96 | 44.95 |
| Ln97   | 981.70   | 1024.89 | 43.19 |
| Ln98   | 985.85   | 1024.76 | 38.91 |
| Ln99   | 988.59   | 1024.63 | 36.04 |
| Ln100  | 991.28   | 1024.55 | 33.27 |
| Ln101  | 992.08   | 1024.5  | 32.42 |
| Lb1    | 939.1    | 1025.75 | 86.65 |
| Tanque | 1023.156 | 1024.16 | 1     |

***Fuente: Elaboración propia***

- **Perfil de Terreno natural**

El terreno natural es bastante regular como se ve en la ilustración 10. la línea piezométrica en la ilustración 6.

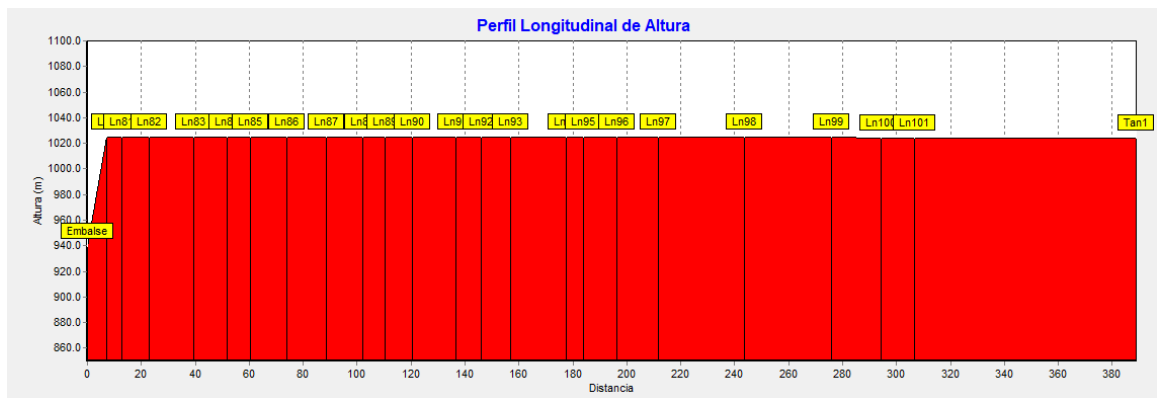
***Ilustración 6 "Perfil longitudinal de terreno natural de línea de conducción"***



- **Perfil de línea piezométrica**

La línea piezométrica mantiene una gradiente continua suave, debido a que la línea fue diseñada con tubería de un mismo diámetro en toda su longitud, y porque la baja velocidad de flujo genera poca pérdida de carga ( $h_f$ ), como se muestra en ilustración 7.

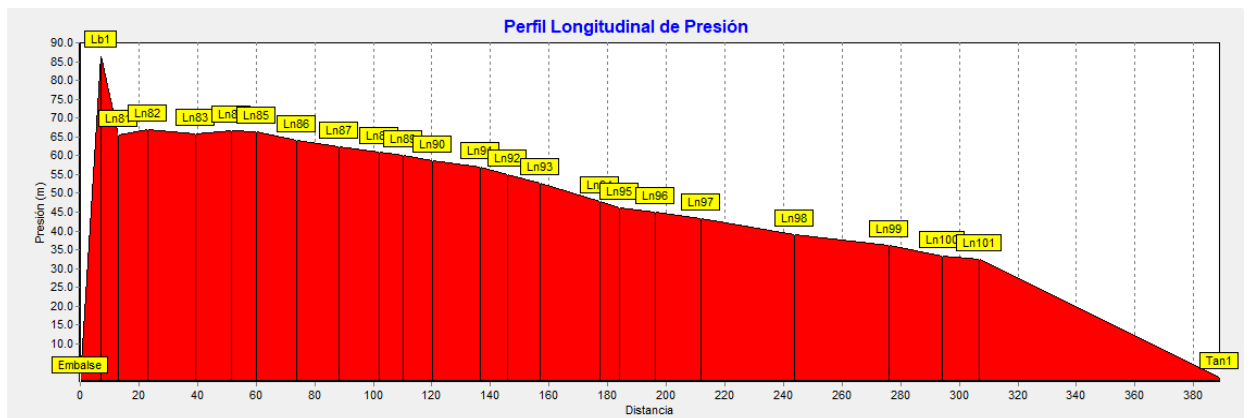
**Ilustración 7 "Perfil longitudinal de altura piezométrica en línea de conducción"**



- **Perfil de presiones**

El perfil de presiones se observa toda la carga dinámica total en la columna de bombeo y luego se nota como bajan las presiones gradualmente hasta llegar al tanque de almacenamiento, como se observa en ilustración 8.

**Ilustración 8 "Perfil longitudinal de presiones en línea de conducción"**



#### 4.4.12.2. Red de distribución

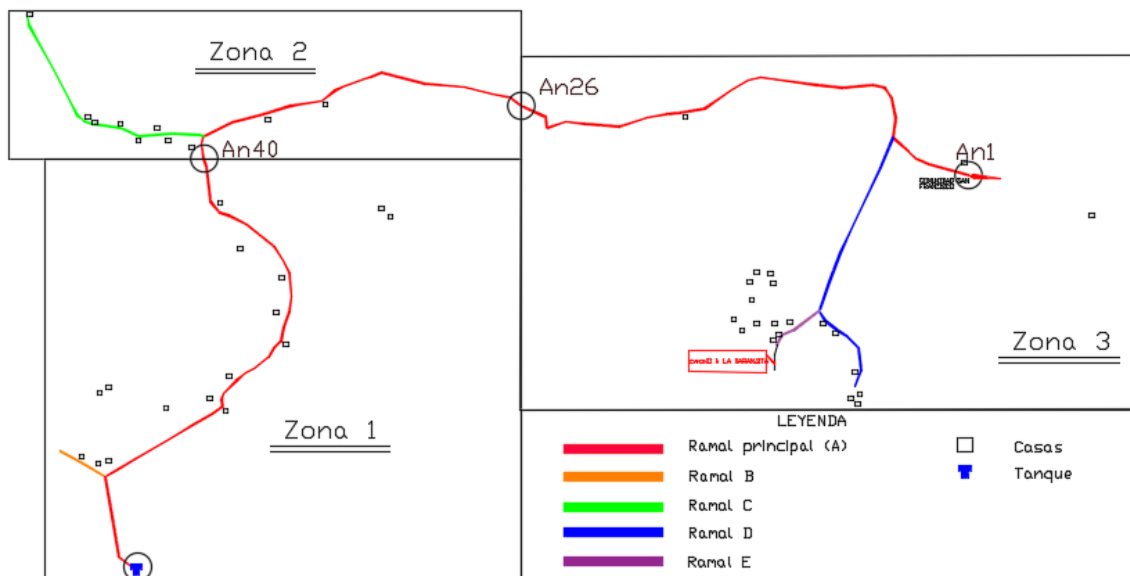
Para la simulación red de distribución se utilizó el caudal del consumo máximo horario (CMH) 0.945 L/s, el cual se distribuyó en nodos concentrados según la demanda de las 3 zonas en las que se dividió la red, como se muestra en la tabla 24, en la ilustración 9 se muestra las zonas antes mencionadas, ver Anexo plano constructivo 10/19.

**Tabla 24 "Distribución Nodal"**

| ID Nudo                             | Demanda (l/s) | Viviendas |
|-------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>Nodos concentrados en Zona 1</b> |               |           |
| An52                                | 0.121 L/s     | 6         |
| Bn117                               | 0.201 L/s     | 10        |
| <b>Nodos concentrados en Zona 2</b> |               |           |
| Cn104                               | 0.060 L/s     | 3         |
| Cn114                               | 0.141 L/s     | 7         |
| <b>Nodos concentrados en Zona 3</b> |               |           |
| An1                                 | 0.040 L/s     | 2         |
| En80                                | 0.241 L/s     | 12        |
| Dn77                                | 0.141 L/s     | 7         |
| Total=                              | 0.945 L/s     | 47        |

**Fuente: Elaboración propia**

**Ilustración 9 "Vista en planta de red de distribución"**



- **Ramales de la red de distribución**

En la ilustración 9 se presenta toda la red con una longitud de 1857 m, la cual toda fue diseñada con PVC SDR 26 ASTM-2241 y diámetro de 1 ½ pulgadas, en ellas se identifican 3 zonas de abastecimiento. A una red principal de 1285 m se conectan 4 ramales secundarios, cuyas longitudes y diámetros se presentan en la tabla 25, en Anexos ilustraciones 44 a la 60 se presentan el ramal principal y ramales secundarios detallados con sus características hidráulicas.

**Tabla 25 "Longitudes y diámetros de la red"**

| Ramales de la red de distribución |          |            |
|-----------------------------------|----------|------------|
| RAMALES                           | Diámetro | Longitud m |
| Principal A                       | 1 1/2 in | 1285 m     |
| B                                 | 1 1/2 in | 48 m       |
| C                                 | 1 1/2 in | 220 m      |
| D                                 | 1 1/2 in | 254 m      |
| E                                 | 1 1/2 in | 51 m       |
| Total                             |          | 1857 m     |

**Fuente: Elaboración propia**

- **Velocidades y pérdidas de carga**

En la red se presentaron velocidades que oscilaron entre 0.03 m/s-0.62 m/s las cuales se registraron en el ramal principal (A). En la tabla 26 se presenta un resumen de velocidades. Dado que la norma (INAA, 1999b, pág. 43) recomienda velocidad mínima de 0.6 m/s, y en todos los ramales del diseño se obtuvieron velocidades inferiores al recomendado, se incluirán en diseño suficientes válvulas de limpieza para evitar la sedimentación en las tuberías, en el Anexo Tabla 39 y Anexos ilustraciones 44 a la 60 se presentan de forma detalladas las velocidades en la red.

**Tabla 26 "Velocidades mínimas y máximas"**

| <b>Red de Distribución</b> |                          |        |
|----------------------------|--------------------------|--------|
|                            | <b>Velocidades (m/s)</b> |        |
| <b>Ramales</b>             | Mínima                   | Máxima |
| <b>Principal (A)</b>       | 0.03                     | 0.62   |
| <b>B</b>                   | 0.13                     | 0.13   |
| <b>C</b>                   | 0.09                     | 0.13   |
| <b>D</b>                   | 0.09                     | 0.25   |
| <b>E</b>                   | 0.16                     | 0.16   |

***Elaboración propia***

- **Presiones**

Las presiones en la red fueron de 12.41 m a 45.34 m las cuales se registraron en el ramal principal A. En la Tabla 27 se presentan un resumen de las presiones de la red observándose que las presiones cumplen con las normas (**INAA, 1999a, pág. 16**), en el Anexo Tabla 40 y Anexos ilustraciones 44 a la 60 se presentan de forma detalladas las presiones por cada nodo de la red.

**Tabla 27 "Presiones en perfil A"**

| PRESIONES     |               |        |
|---------------|---------------|--------|
|               | Presiones (m) |        |
| Ramales       | Mínima        | Máxima |
| Principal (A) | 12.41         | 45.34  |
| B             | 30.1          | 31.29  |
| C             | 14.8          | 32.29  |
| D             | 26.81         | 30.32  |
| E             | 27.25         | 29.5   |

*Elaboración propia*

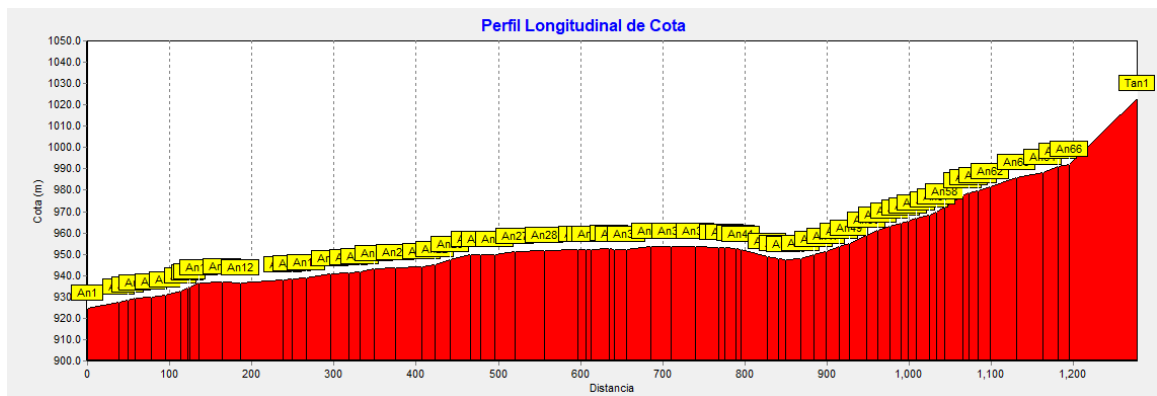
- **Perfiles longitudinales por ramal**

A continuación, se presentan los perfiles longitudinales del ramal principal y 4 ramales secundarios, que incluyen perfil del terreno natural, línea piezométrica, y perfil de presiones.

#### **Ramal principal A**

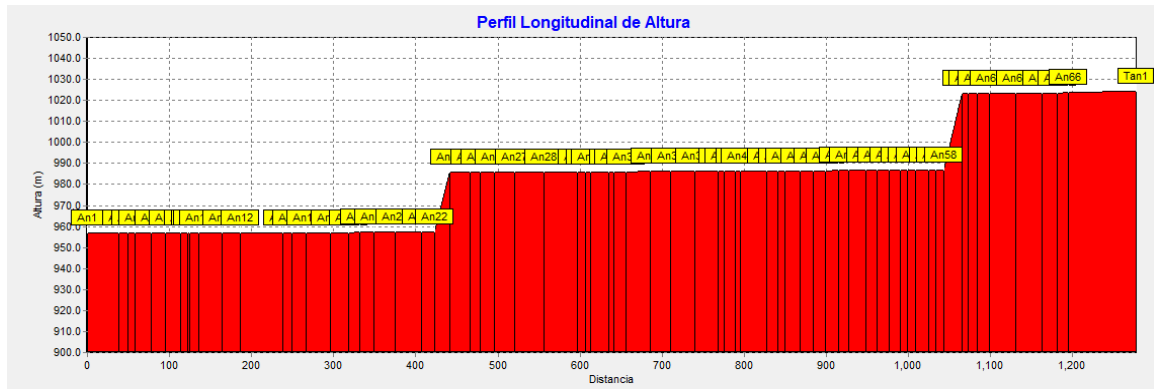
El terreno natural muestra una importancia diferencia nivel de 98.29 m, en un terreno con pendiente regular con pocas depresiones como se muestra en la ilustración 10.

**Ilustración 10 "Perfil longitudinal de terreno natural de perfil A"**



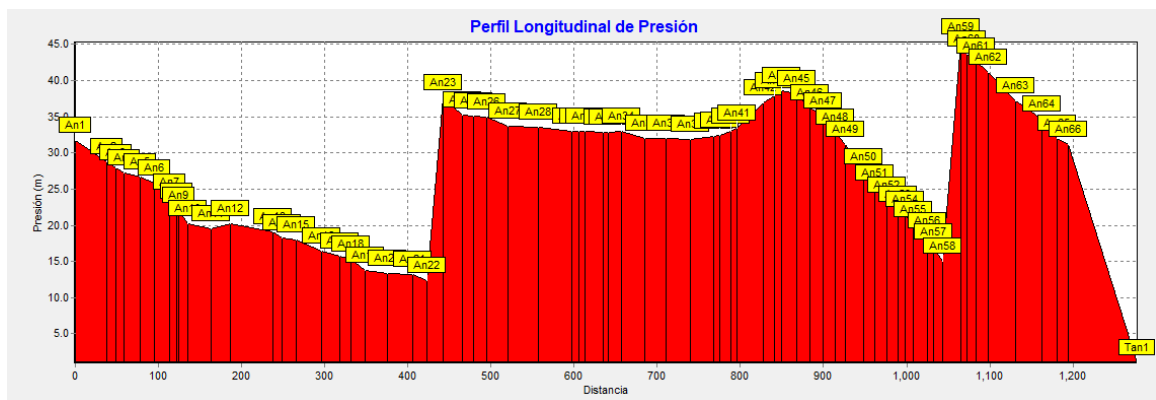
La línea piezométrica mantiene una pequeña gradiente interrumpida por dos válvulas rompe presión, como se muestra en ilustración 11.

**Ilustración 11 "Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil A "**



El Perfil de Presiones con una máxima en el nodo An59( 45.34m) y una mínima en el nodo An22(12.41m), presenta también el efecto de las dos válvulas rompe presión como se muestra en la ilustración 12.

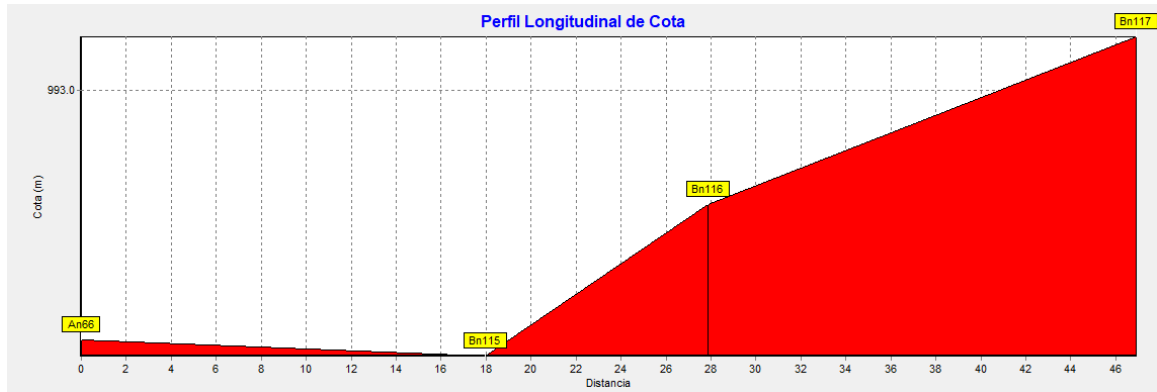
**Ilustración 12 "Perfil longitudinal de presiones del perfil A"**



## Ramal B

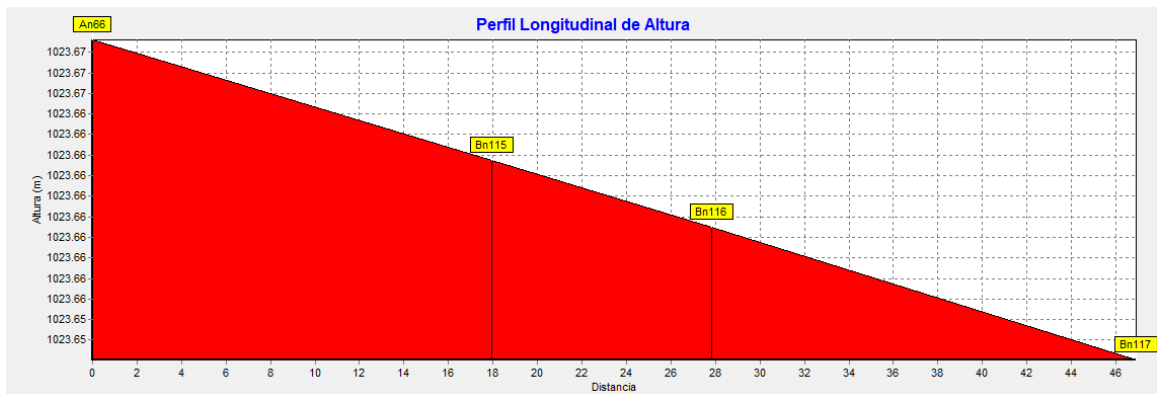
El terreno natural muestra una diferencia nivel de 1.1 m, como se muestra en la ilustración 13.

**Ilustración 13 "Perfil longitudinal de terreno natural de perfil B"**



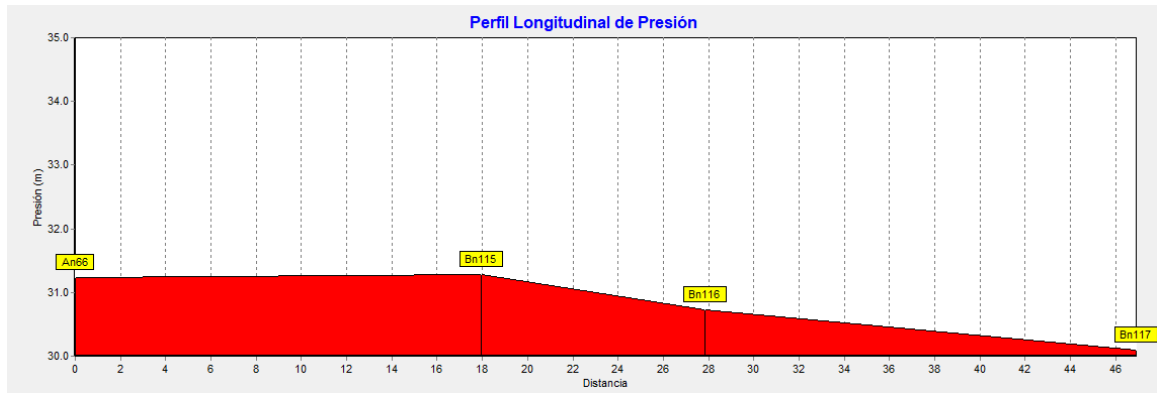
La línea piezométrica mantiene una pequeña gradiente, como se muestra en ilustración 14.

**Ilustración 14 "Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil B "**



El Perfil de Presiones presenta una máxima en el nodo Bn115(31.29 m) y una mínima en el nodo Bn117(30.1m), como se muestra en la ilustración 15.

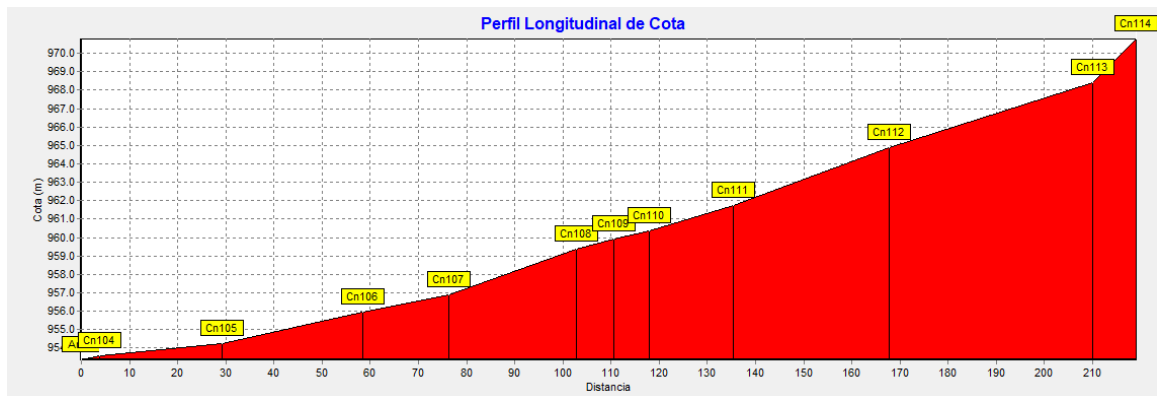
**Ilustración 15 "Perfil longitudinal de presiones del perfil B"**



## Ramal C

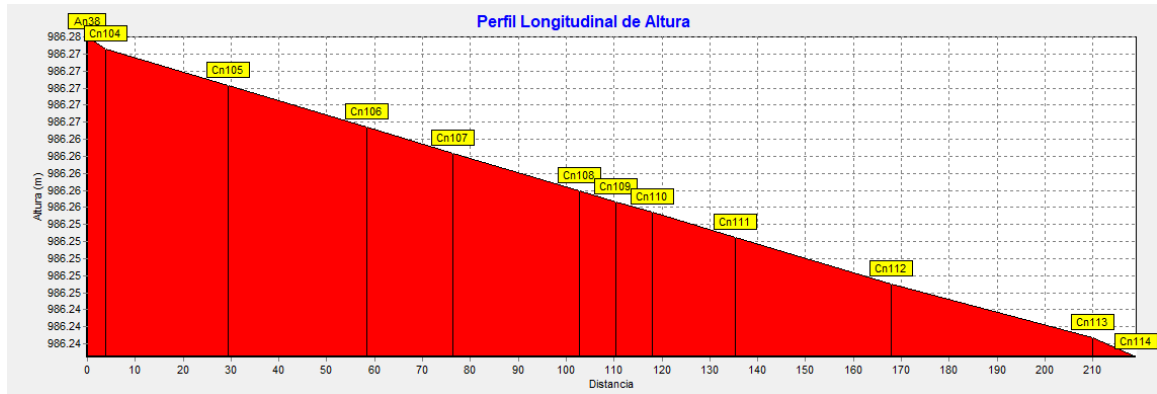
El terreno natural muestra una diferencia nivel de 17.4 m, con pocos cambios en las pendientes, siendo un perfil homogéneo como se muestra en la ilustración 16.

**Ilustración 16 "Perfil longitudinal de terreno natural de perfil C"**



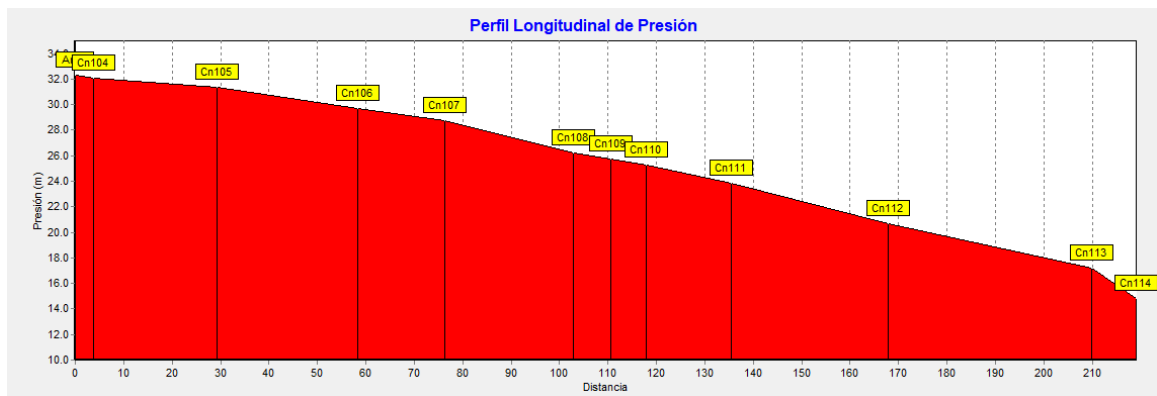
La línea piezométrica mantiene una pequeña gradiente, como se muestra en ilustración 17.

**Ilustración 17 "Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil C "**



El Perfil de Presiones presenta una máxima en el nodo An38 (32.29m) y una mínima en el nodo Cn114 (14.8m), como se muestra en la ilustración 18.

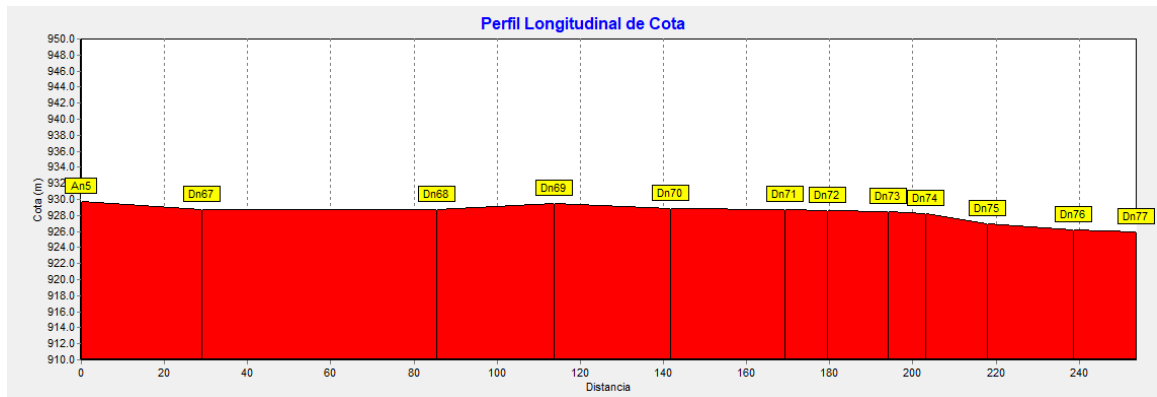
**Ilustración 18 "Perfil longitudinal de presiones del perfil C"**



## Ramal D

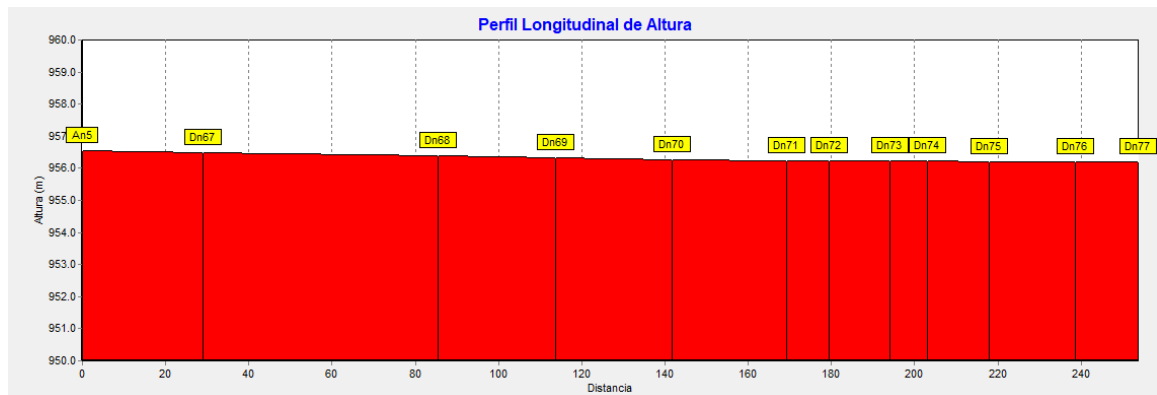
El terreno natural muestra una diferencia nivel de 3.9 m, como se muestra en la ilustración 19, siendo una las partes más planas de red.

**Ilustración 19 "Perfil longitudinal de terreno natural de perfil D"**



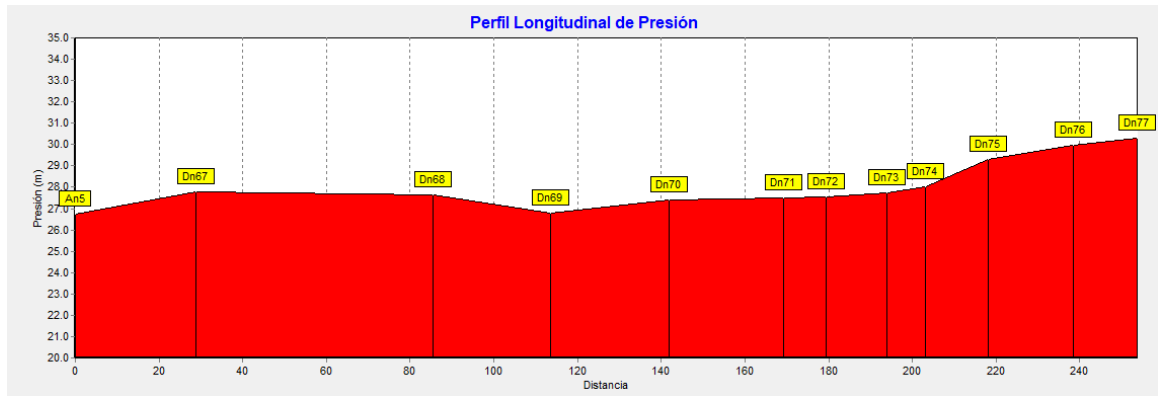
La línea piezométrica mantiene una pequeña gradiente, como se muestra en ilustración 20.

**Ilustración 20 "Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil D"**



El Perfil de Presiones presenta una máxima en el nodo Dn77 (30.32m) y una mínima en el nodo Dn69 (26.81m), como se muestra en la ilustración 21.

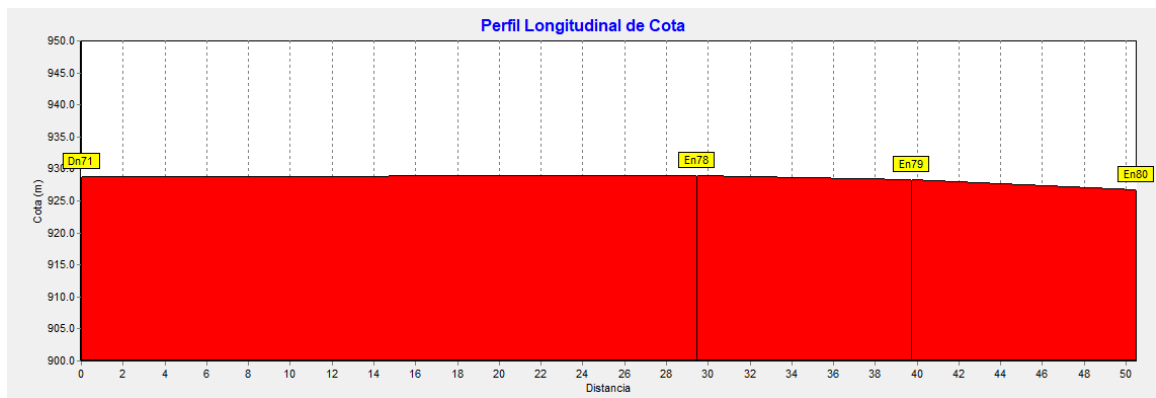
**Ilustración 21 "Perfil longitudinal de presiones del perfil D"**



## Ramal E

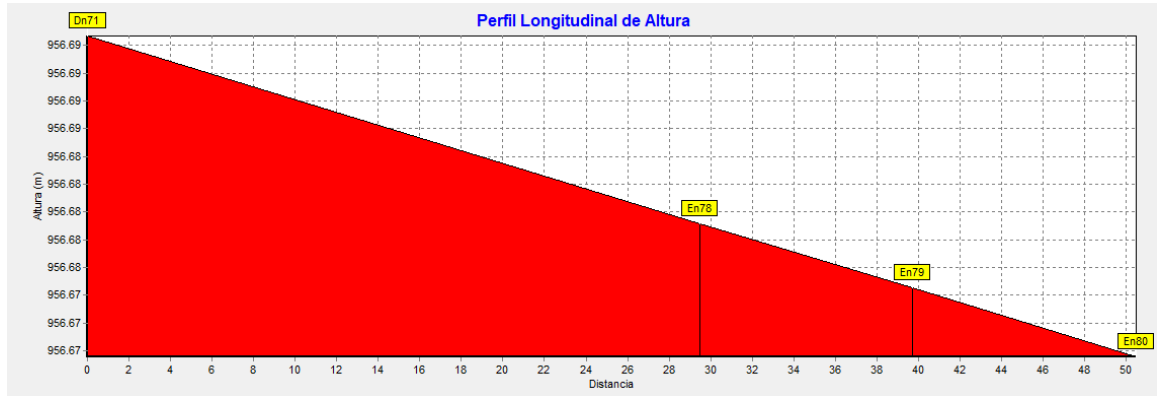
El terreno natural muestra una diferencia nivel de 2.05 m, como se muestra en la ilustración 22.

**Ilustración 22 "Perfil longitudinal de terreno natural de perfil E"**



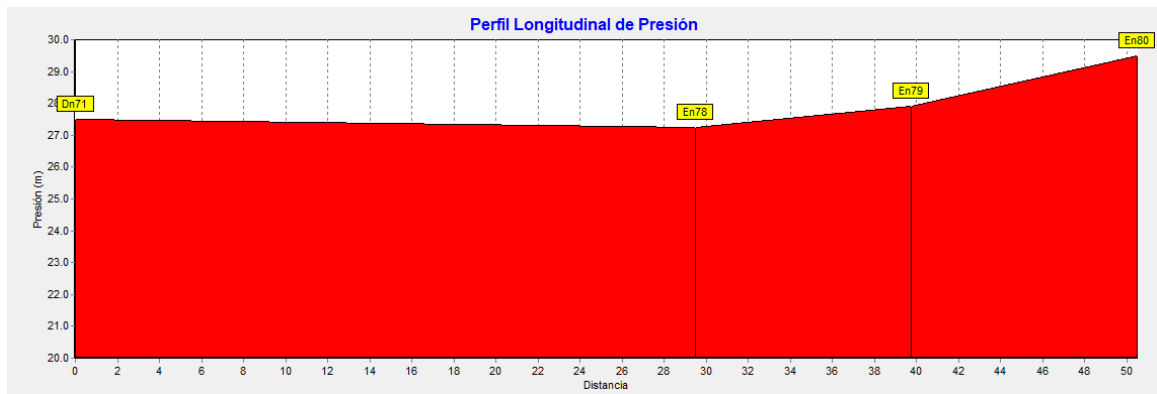
La línea piezométrica mantiene una pequeña gradiente, como se muestra en ilustración 23.

**Ilustración 23 "Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil E "**



El Perfil de Presiones presenta una máxima en el nodo En80 (29.5m) y una mínima en el nodo En78 (27.25m), como se muestra en la ilustración 24.

**Ilustración 24 "Perfil longitudinal de presiones del perfil E"**



- **Simulación del cloro residual**

En el inciso 7.3.14 se obtuvo la dosis de cloro que se requerirá para realizar la desinfección (Tabla 27), la cual se utilizó para realizar la simulación de cloro residual en la red de distribución. La dosis de cloro de utilizada fue 2.20 mg/L.

A continuación, se muestra, el comportamiento de la concentración de cloro residual en la red de distribución en intervalos de tiempo de 7hrs, 16 hrs y 24 hrs:

#### **Aplicación de cloro (7 horas)**

En el Mapa 6, se puede observar que en las primeras 7 horas de aplicación de cloro se alcanzará cobertura completa en toda la red, obteniendo una concentración máxima de cloro residual al final de la red de 1.72 mg/L, se presentan valores detallados en Anexos Tabla 42 y Anexo Ilustración 61.

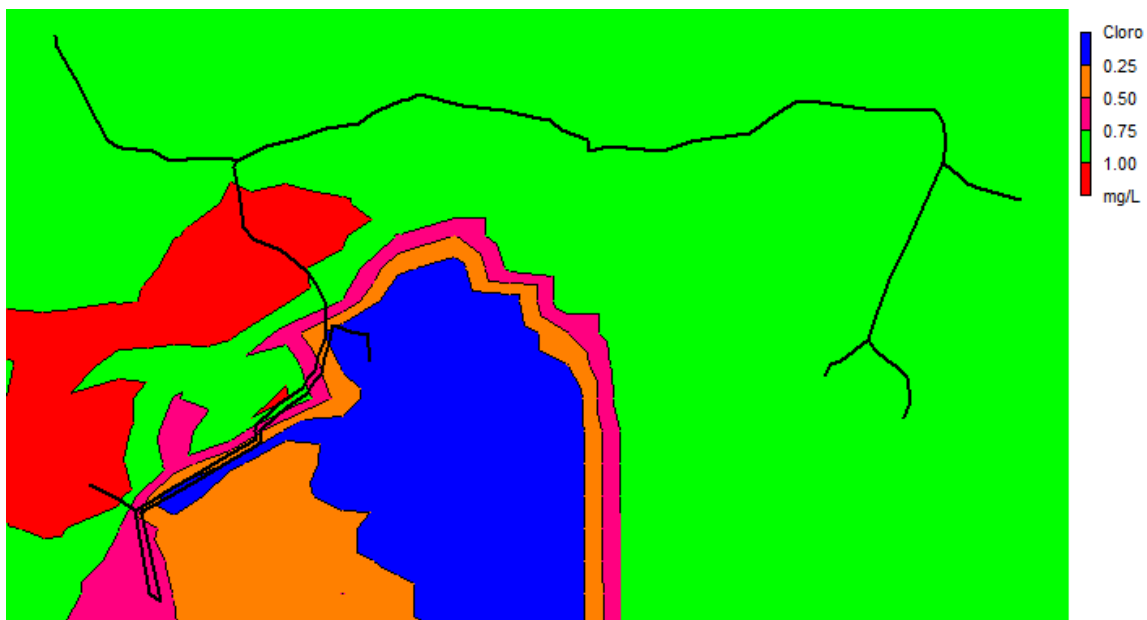
***Mapa 6 " Mapa de contorno a 7 hrs de aplicación cloro residual"***



#### **Aplicación de cloro (16 horas)**

Se observa en el Mapa 7 que a las 16 horas el cloro comienza a disminuir obteniendo una concentración de cloro residual al final de la red de 0.86 mg/L, se presentan valores detallados en Anexos Tabla 42 y Anexo Ilustración 62.

**Mapa 7 " Mapa de contorno a 16 hrs de aplicación cloro residual"**



### **Aplicación de cloro (24 horas)**

A las 24 horas de haberse aplicado el cloro la concentración de los nodos más cercanos es de 0.79 mg/L, teniendo una concentración de cloro residual al final de la red de 0.62 mg/L, como se observa en el Mapa 8, se presentan valores detallados en Anexos Tabla 42 y Anexo Ilustración 62.

**Mapa 8 " Mapa de contorno a 16 hrs de aplicación cloro residual"**



Los resultados a la 7 horas, 16 horas y 24 horas indican que los valores obtenidos cumplen con los rangos establecidos en la norma (CAPRE, 1993, p. 13) cuales comprenden rangos de 0.5 a 1 mg/L, al igual cumplen con los valores mínimos de la norma (INAA, 1999b, p. 99) los cuales son 0.2 a 0.5 mg/L, ver Anexos Tabla 42 y Anexos ilustración 61 a 63.

- **. Presión sin demanda**

Se realizó simulación con demanda cero para observar las máximas presiones hidrostáticas y su cumplimiento con la norma (INAA, 1999a, pág. 16), donde se observó una mínima de 12.45 m y una máxima de 46.99 m, como se muestra en la tabla 28. Los resultados detallados se presentan en Anexo Tabla 41.

**Tabla 28 "Presiones sin demanda en red de distribución"**

| Red de distribución m | Presiones sin demanda |        |
|-----------------------|-----------------------|--------|
|                       | Mínima                | Máxima |
|                       | 12.45                 | 46.99  |

*Elaboración propia*

## **Conexiones domiciliarias**

La comunidad deberá contribuir con parte de la tubería a utilizarse en las tomas domiciliarias. Las cuales llegaran hasta el lindante de la propiedad, posteriormente de ahí el propietario pagara por las conexiones. Según la norma INAA (1999a, pág. 14) diámetro establecido a cada conexión será de ½ pulgada (12.5 mm), dotada con un medidor deflujo volumétrico, en su caja con accesorio, ver Anexo plano constructivo 12/19.

### **4.4.13. Tanque de almacenamiento**

Para garantizar el servicio de agua potable es necesario que el tanque de almacenamiento cumpla con la cantidad requerida para compensar las máximas demandas en la comunidad y brindar presiones adecuadas a la red de distribución, así como disponer de reservas para emergencias en el suministro de agua potable (INAA, 1999a, pág. 38). Para el diseño actual se seleccionó un tanque plástico marca Rotoplas con capacidad de 6 m<sup>3</sup> de almacenamiento para los primero 10 años de operación, completándose trascurridos los 10 años con un tanque adicional Rotoplas con capacidad de 1.1 m<sup>3</sup> para alcanzar 7.1 m<sup>3</sup> hasta el final de período de diseño correspondiente a 20 años de operación. Ver Anexo plano constructivo 14/19.

- **Volúmenes de tanque**

Aplicando los parámetros de la norma (INAA, 1999a, pág. 38) que incluyen un volumen compensador de 15% del consumo promedio diario (CPD) y un 20% de reserva. se determinaron volúmenes, para operar en 16 horas de bombeo. A continuación, se muestran los cálculos, basados en la ecuación 39,40 y41.

#### **Tanque a los 10 años de operación**

$$CPD(16 \text{ Horas de bombeo}) = \left(0.28 \frac{l}{s}\right) \left(\frac{m^3}{1000 l}\right) \left(\frac{3600s}{1hr} * 16\right)$$

$$CPD(16 \text{ Horas de bombeo}) = 16.3 \text{ m}^3$$

$$VC = 15\%(16.13m^3)$$

$$VC = 2.419 m^3$$

$$VR = 20\%(16.13 m^3)$$

$$VR = 3.226 m^3$$

$$VT = 35\%(16.13 m^3)$$

$$VT = 5.64 m^3 \approx 6 m^3$$

#### **Tanque a 20 años de operación**

$$CPD(16 \text{ Horas de bombeo}) = \left(0.35 \frac{l}{s}\right) \left(\frac{m^3}{1000 l}\right) \left(\frac{3600s}{1hr} * 16\right)$$

$$CPD(16 \text{ Horas de bombeo}) = 20.16 m^3$$

$$VC = 15\%(20.16m^3)$$

$$VC = 3.024 m^3$$

$$VR = 20\%(20.16m^3)$$

$$VR = 4.032 m^3$$

$$VT = 35\%(20.16m^3)$$

$$VT = 7.06 m^3$$

#### **4.4.14. Desinfección**

Aplicando la ecuación 42 ,se obtuvo una capacidad de diseño de cloracion de 0.12 Kg cloro/dia, el cual se aplicará en forma de hipoclorito de sodio comercial, con concentracion de 120 gr cloro/L, el cual será diluido con agua limpia hasta alcanzar una concentracion del 1.6%. Una vez diluido sera aplicado directamente al tanque de almacenamiento atravez de un hipoclorador a una tasa de 0.50 L/h, los cálculos de la capaciada de de cloro se presenta a continuación en la tabla

29, y se presentan los resultados detallados de los cálculos .Ver Anexos Tabla 33 a 36.

$$Ca = \frac{(54.4320 \text{ m}^3/\text{día}) * (2.20\text{mg/L})}{1000}$$

$$Ca = 0.12 \text{ Kg clor/día}$$

**Tabla 29 "Dosificación de cloro para la desinfección de agua con hipoclorador"**

| ITEMS                                                           | Cantidades  | UDM                       |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------|
| Hipocloración para capacidades menores                          | 1           | Kg/día                    |
| Caudales como máximo                                            | 8.2         | L/s                       |
| Para Q del proyecto                                             | <b>0.95</b> | L/s                       |
| <i>Requerimiento</i>                                            | 0.12        | Kg/día                    |
| Concentración hipoclorito comercial                             | 120         | gr/L                      |
| Volumen necesario de hipoclorito comercial concentrado 120 gr/L | 1           | L/día                     |
| <b>Cálculo de la capacidad</b>                                  |             |                           |
| Horas de bombeo                                                 | 16          | h por día                 |
| Volumen x día                                                   | 54432       | L                         |
| Q                                                               | 54.4320     | m <sup>3</sup> /día       |
| (Dosis de cloro a aplicar) Concentración hipoclorito            | <b>2.20</b> | mg/L                      |
| (Ca) Capacidad                                                  | 0.12        | Kg Cloro/día              |
| <b>Forma de aplicación</b>                                      |             |                           |
| Dilución a en:                                                  | 8           | L                         |
| Concentración de la solución de hipoclorito                     | 1.6%        | La norma dice de 1% al 3% |
| <i>Aplicación de la solución de cloro</i>                       | 0.50        | L/h en 16 horas de bombeo |

***Elaboración propia***

#### **4.4.15. Sistema de tratamiento de agua grises**

Se propuso un sistema de tratamiento de aguas grises en la comunidad San Francisco mediante un humedal subsuperficial a escala domiciliar de 0.45m de profundidad por 0.71m de ancho y 6m de largo, el cual se detalla en el Anexo Plano constructivo 19/19, los humedales se construirán con materiales de la localidad.

- **Volumen del afluente por vivienda**

Se aplicó la ecuación 43, teniendo en cuenta una dotación de 80 lppd y el promedio de personas que viven por vivienda, obtenido un resultado de 0.32 m<sup>3</sup>/día.

$$V = \frac{(80 \text{ lppd})(4 \text{ personas})}{1000}$$

$$V = 0.32 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- **Conductividad eléctrica**

Según la norma (INAA, 2006, p. 55) la conductividad eléctrica será del 10% de la conductividad eléctrica del material en este caso arena la cual es de 1000 m/d, se aplicó la ecuación 44 como se muestra a continuación:

$$K = (10\%)(1000 \text{ m}/\text{dia})$$

$$K = 100 \text{ m}/\text{dia}$$

- **Área transversal**

Se aplicó la ecuación 45, tomando en cuenta la pendiente hidráulica mínima del lecho según la norma (INAA, 2006, p. 55) de 0.001, obtenido un resultado de área transversal de 0.32m<sup>2</sup>.

$$A_t = \frac{0.32 \text{ m}^3/\text{dia}}{(0.001)(100 \text{ m}/\text{dia})}$$

$$A_t = 0.32 \text{ m}^2$$

- **Ancho del humedal**

Para obtener el ancho se aplicó la ecuación 46, tomando en cuenta la profundidad de 0.45 m la cual se adoptó según lo que indica la norma (INAA, 2006, p. 52), obteniendo un resultado de 0.71 m.

$$b = \frac{(0.32 \text{ m}^2)}{0.45 \text{ m}}$$

$$b = 0.71 \text{ m}$$

- **Constante  $K_{20}$**

Se obtuvo una constante  $K_{20}$  de 0.59 día, tomando una constante optima de remoción par agua municipales de  $1.839 \text{ d}^{-1}$  y la porosidad del medio de 0.32 según (INAA, 2006, pp. 54-55), aplicando la ecuación 47 como se muestra a continuación:

$$K_{20} = (1.839 \text{ d}^{-1})(37.31)((0.32)^{4.172})$$

$$K_{20} = 0.59 \text{ d}^{-1}$$

- **Tiempo de retención**

Se obtuvo un tiempo de retención de 6.1 día, tomando en cuenta un DBO típico para aguas grises de 110 mg/L valor débil según (FISE, 2020), y una remoción del DBO de 3 mg/L valor obtenido de la norma (INAA, 2006, p. 55), se aplicó la ecuación 48 como se expresa a continuación:

$$t = \frac{\ln \frac{(110 \text{ mg/L})}{3 \text{ mg/L}}}{(0.59 \text{ d}^{-1})}$$

$$t = 6.1 \text{ d}^{-1}$$

- **Volumen total**

Se obtuvo un volumen total de  $1.9 \text{ m}^3$ , aplicando la ecuación 49 como se expresa a continuación:

$$V_T = (0.32 \text{ m}^3/\text{dia})(6.1 \text{ d}^{-1})$$

$$V_T = 1.9 \text{ m}^3$$

- **Área superficial**

Se aplico la ecuación 50, obteniendo un resultado de  $4.33 \text{ m}^2$ .

$$A_s = \frac{(1.9 \text{ m}^3)}{(0.45 \text{ m})}$$

$$A_s = 4.33 \text{ m}^2$$

- **Largo del humedal**

Se obtuvo un largo de 6 m, aplicando la ecuación 51 como se muestra a continuación:

$$L = \frac{(4.33 \text{ m}^2)}{(0.71 \text{ m})}$$

$$L = 6.1 \text{ m}$$

#### **4.5. Presupuesto**

Los alcances del proyecto se realizaron con el catálogo del FISE, donde se encuentra Etapas y sub etapas que se realizaran en el proyecto de abastecimiento de agua potable, teniendo en cuenta planos constructivo propuestos, obteniendo un total de inversión de C\$ 1,922,869, como se muestra en Anexos Tabla 43.



## **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

- La comunidad en general tiene acceso a agua potable, no obstante, el servicio es deficiente, al 12.77% de las viviendas se abastece todos los días y un 87.23 % se abastece cada dos días, tres días y hasta cuatro días. Más de la mitad de las familias han presentado enfermedades estomacales y diarreicas debido a la calidad del agua. El 32% de las familias carecen de recursos económicos estables para el pago de servicio de agua potable, mientras que un 68% tienen ingresos mayores al salario mínimo para pagar los servicios.
- El relieve en la comunidad de San Francisco es regular con pendientes positivas, respecto al punto más bajo, con alturas favorables para el desplazamiento al tanque de almacenamiento.
- El pozo el Regadío y el pozo privado de Don Adalberto Olivas Obregón, se localizan en una misma microcuenca por ende poseen iguales características hidrogeológicas, se concluye que el pozo a construir en la comunidad san francisco tendrá un caudal similar a 110 gpm (6.94 lps), que es suficiente para la demanda de 0.60 lps. Las pruebas físico-químico y metales pesados cumplieron con los parámetros, no obstante, la prueba bacteriológica no cumple.
- El MABE trabajará para satisfacer una demanda de 7 gpm, donde el tanque se abastecerá con una bomba de  $\frac{3}{4}$  FPS 4400 Serie TriSeal los primeros 10 años de operación y una bomba de 1 hp a 20 años, la red se suministrará a través del tanque (1023.156 msnm), fue necesario diseñar dos válvulas rompe presión, válvulas de limpieza debido a bajas velocidades.
- Se diseño un humedal subsuperficial típico para aguas grises (aguas de uso doméstico) con un ancho de 0.71m, largo de 6 m y profundidad de 0.41 m, el cual procesara un caudal de 0.32 m<sup>3</sup>/día, tomando un DBO de 110

mg/l a reducir a 3 mg/l, para un promedio de 4 personas por vivienda con estas dimensiones.

- El presupuestó de la obra ronda en C\$ 1,922,869, donde se tomó en cuenta los gastos de material y transporte, obteniendo un estimado de inversión necesaria para el proyecto, el costo por persona es de C\$ 9,334.

## **5.2. Recomendaciones**

1. Se recomienda que la población realice sistema de aguas residuales, para evitar patógenos.
2. Se recomienda dos tarifas de servicio, una en base a criterios de Índice de cobranza promedio del 95%, reposición de los activos fijos (100%), facturar a todos los usuarios indistintamente de su nivel económico, de su consumo y del uso que da al servicio de agua potable teniendo una tarifa resultante de C\$ 18.9 m<sup>3</sup> según él (CAPS, 2019) para el año 2021, obteniendo una tarifa mensual por hogar de C\$ 181, y una segunda tarifa en base a la inversión del proyecto teniendo una tarifa de servicio mensual por hogar de C\$ 170.
3. Se propone realizar inspecciones permanentes en la red, debido a eventos naturales (deslaves, tuberías socavadas etc.).
4. Se recomienda realizar desinfección por medio de un hipoclorador de carga constante, debido a que la prueba bacteriológica no cumple con los parámetros de la normativa CAPRE.
5. Reforestar el área de la microcuenca con especies vegetales nativas del lugar y de rápido crecimiento a una distancia de 200 m a la redonda.
6. Evitar la construcción de letrinas a la cercanía del pozo, en una distancia de 50 m a la redonda.
7. Se recomienda la reposición de letrinas en mal estado, para evitar enfermedades gastrointestinales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allen, L. (2015). *Manual de diseño para manejo de aguas grises para riego exterior*.
- Campos, A., Sinichenko, E., & Gritsuk, I. (2016). *HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA PARA INGENIERÍA*. Moscú.
- CAPRE. (1993). *Calidad del Agua para Consumo Humano*. Guatemala: CAPRE.
- CAPS. (2019). *ESTUDIO DE TARIFAS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE CAPS SANTA CRUZ MUNICIPIO DE ESTELI* . Managua.
- CENEPRED. (2016). *GUÍA PARA ELABORAR EL ESTUDIO SOCIECONOMICO, CULTURAL Y AMBIENTAL PARA EL REASAMIENTO POBLACIONAL EN ZONAS DE MUY ALTO RIESGO NO MITIGABLE*. Lima.
- Chow, J. L. (2006). *Método Fácil de Diseño de Riego por Goteo MEFADERG*.
- Custodio, E., & Llamas , M. R. (1983). *Hidrologia Subterránea*. Barcelona: Omega.
- ENACAL. (s.f de 2008). *Empresa Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios* . Obtenido de Empresa Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios : <https://www.enacal.com.ni>
- Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real. (2010). *Ingeniería Rural el Golpe de Ariete*.
- FISE. (2020). *Opciones para el diseño de soluciones sanamiento In Situ*.
- INAA. (1999a). *Diseño de Abastecimiento de Aguas en el Medio Rural y Saneamiento Basico Rural*.
- INAA. (1999b). *Normas tecnicas para el Diseño de abastecimiento y potabilizacion de agua potable*. Managua: INAA.
- INAA. (2006). *Guías Tecnicas Para El Diseño de Alcantarillado y Sistemas de Tratamiento de Agua Residuales*. Managua.

- INETER. (2004). *Mapa Litológico de la República de Nicaragua*. Managua.
- InnerSoft ISBH. (2005). *Balance Hídrico v0.7*.
- Lazo, J. (22 de Octubre de 2020). Alcaldia Esteli. (Esnider, Entrevistador)  
Obtenido de Alcaldia Esteli.
- Mijailov. (1989). *Hidro-geología*. Mir Moscú.
- MTI. (2008). *Manual para la revisión de costos y presupuestos*. Managua: PAST-DANITA.
- NTON 09 007 . (2019). *Diseño de sistemas de abastecimiento. Agua potable*.
- PNUD. (s.f). *Agua Limpia y Saneamiento: Por qué es importante*.
- Rodriguez, R. (8 de Febrero de 2021). (S. Benavides, E. Moreno, & J. Lopez, Entrevistadores)

## ANEXOS

*Tabla 30 "Formato de censo"*

### ENCUESTA SOCIOECONÓMICA DE COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO

#### ENCUESTA DE VIVIENDA

No \_\_\_\_\_

Fecha de aplicación:

\_\_\_\_\_

Nombre completo del encuestador:

\_\_\_\_\_

#### I. DATOS DE LA COMUNIDAD

Departamento: \_\_\_\_\_

Municipio \_\_\_\_\_

Nombre de Comunidad:

\_\_\_\_\_

#### II. DATOS DE COMPOSICIÓN DE LA FAMILIA

Nombres, Apellidos Jefe/a de familia:

\_\_\_\_\_

Conformación del Hogar (**Iniciar con persona jef@ de familias**)

| No.      | Nombres y Apellidos | Hombre (x) | Mujer (x) | Edad | Trabaja Si-No | Ocupación Actual | Escolaridad |
|----------|---------------------|------------|-----------|------|---------------|------------------|-------------|
| <b>1</b> |                     |            |           |      |               |                  |             |
| <b>2</b> |                     |            |           |      |               |                  |             |
| <b>3</b> |                     |            |           |      |               |                  |             |
| <b>4</b> |                     |            |           |      |               |                  |             |
| <b>5</b> |                     |            |           |      |               |                  |             |

|           |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>6</b>  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>7</b>  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>8</b>  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>9</b>  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>10</b> |  |  |  |  |  |  |  |

(N; ninguno; P: Primaria; S: Secundaria; T: Técnico; U: Universitario)

#### **Síntesis composición familiar:**

|                                                    |  |                                             |  |
|----------------------------------------------------|--|---------------------------------------------|--|
| Número de familias<br>que viven en la<br>vivienda: |  | Número de<br>integrantes de las<br>familia: |  |
|----------------------------------------------------|--|---------------------------------------------|--|

### **III. SITUACIÓN ECONÓMICA DE LA FAMILIA**

- ¿Cuántos de los miembros de la familia realizan trabajo remunerado?  
Nº \_\_\_\_\_
- Cuanto es su nivel de ingresos:
  - 4,000-5,000 córdobas
  - 6,500-7,500 córdobas
  - 8,000-9,500 córdobas
  - 10,000 a +

### **IV. CONDICIONES DE LA VIVIENDA**

- ¿La vivienda cuenta con servicio de energía eléctrica? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- ¿La vivienda cuenta con servicio de agua potable? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- ¿La vivienda cuenta de aguas grises? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- Cuál es el uso de la vivienda: **(Marcar con x una o más opciones)**

Domicilio [ ] Bar [ ] Comedor [ ]  
 Comercio [ ] Pulpería [ ]  
 Iglesia [ ] Bodega [ ] Farmacia [ ]  
 Otros [ ] Otro, mencione: \_\_\_\_\_

## **V. ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CONSUMO**

1. ¿Cómo se abastece de agua para consumo del hogar?

- a) Red pública dentro de la vivienda \_\_\_\_\_
- b) Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de propiedad \_\_\_\_\_
- c) Pozo público \_\_\_\_\_
- d) Pozo privado \_\_\_\_\_
- e) Fuente natural \_\_\_\_\_
- f) Cosecha de agua \_\_\_\_\_
- g) Otro ¿Cuál?: \_\_\_\_\_

2. Si la vivienda se abastece con red pública. ¿Tiene medidor de agua?

- ☐ Si
- ☐ No

3. Quién administra la Red de agua potable de la vivienda

- ☐ ENACAL/CAPS/Empresa Agua
- ☐ Red Privada
- ☐ Nadie

Si es la primera opción nombrar al proveedor:

\_\_\_\_\_

4. Días de la semana que tiene el servicio

Diario \_\_\_\_\_ 2 días \_\_\_\_\_ tres \_\_\_\_\_ cuatro \_\_\_\_\_ cinco \_\_\_\_\_  
 seis \_\_\_\_\_ siete \_\_\_\_\_ otros \_\_\_\_\_

5. Distancia que recorre para traer el agua

- ☐ Menor a 50 m
- ☐ De 50 a 100 m
- ☐ Mayor a 200 m
- ☐ Entre 1 km

6. Cantidad de agua acarreada

- ☐ 1-2 galones
- ☐ 3-4 galones
- ☐ Mayor a 5 galones
- ☐ Pichingas de 5 litros
- ☐ Pichingas de 1 litro

7. Medios para acarrear el agua

- ☐ Vehículo
- ☐ Carreta
- ☐ Bicicleta
- ☐ Bestia
- ☐ Carretillas/carretón
- ☐ Motocicleta
- ☐ A pie

8. ¿Dispone de suficiente agua para atender las necesidades del hogar? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

9. ¿Qué condiciones tiene el agua que consumen (¿se puede marcar varias situaciones?)

- a) Es de calidad \_\_\_\_ b) Tiene mal sabor \_\_\_\_\_ c) Tiene mal olor \_\_\_\_\_ d) Tiene mal color \_\_\_\_\_ e) Ninguno \_\_\_\_\_

¿A presentado algún tipo de enfermedad por la mala calidad de agua?

- a) Dolores estomacales

- b) Diarrea
- c) Dengue
- d) Chikungunya
- e) Otros \_\_\_\_\_

**VI. SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA** (Observar, verificar)

1. ¿Tiene instalación de saneamiento? Sí \_\_\_\_\_  
No \_\_\_\_\_
  2. ¿Cuál es la opción de saneamiento que posee en su vivienda?  
a) Letrina \_\_\_\_\_ b) Inodoro \_\_\_\_\_ c) Ninguna \_\_\_\_\_ d) Otros  
(mencionar) \_\_\_\_\_
  3. ¿Posee un sistema de tratamiento de aguas grises? a) Si \_\_\_\_\_ b)  
NO \_\_\_\_\_
  4. ¿Qué hacen con las aguas grises cocina (lavadero, baño, etc.) de la casa?  
a) La riegan \_\_\_\_\_ b) La dejan correr al patio \_\_\_\_\_ c) La  
infiltran \_\_\_\_\_
  5. ¿Está dispuesto a tratar las aguas grises? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
  6. ¿Qué hacen con desecho sólidos (basura del hogar)?  
a) La queman \_\_\_\_\_ b) La botan \_\_\_\_\_ c) Recolección domiciliar \_\_\_\_\_ d) La  
entierran \_\_\_\_\_
- Explique \_\_\_\_\_

**Tabla 31 "Formato de encuesta"**

**Formato de Entrevista**

Fecha:

Hora:

El presente cuestionario tiene como propósito principal conocer lo que la población sabe sobre las problemáticas existentes en el sistema de abastecimiento de agua potable en el municipio de San Francisco, Estelí-Nicaragua

Datos generales:

Sexo:

Masculino \_\_\_\_\_ Femenino \_\_\_\_\_

Nombre del jefe/a de hogar: \_\_\_\_\_

¿En que trabaja actualmente?

¿Cree que el sistema de agua potable está en óptimas condiciones?

¿Cómo valora la calidad del agua (sabor, olor, color, potabilidad)? ¿Qué consumes?

¿Cree que el agua potable del municipio es apropiada para el consumo?

¿El agua potable del municipio le ha producido alguna enfermedad?

¿Qué opciones daría para solucionar el agua potable?

¿Conoces tu consumo de agua potable mensual? ¿Cuánto es?

¿Cree que la tarifa está de acuerdo con el servicio de agua potable en el municipio?

\_\_\_\_\_  
Nombre del entrevistador

\_\_\_\_\_  
Firma del Entrevistado

**Tabla 32 "Elevaciones y coordenadas del levantamiento topográfico"**

| Punto | Coordenadas X | Coordenadas Y | Altura  |
|-------|---------------|---------------|---------|
| 1     | 561241.29     | 1455950.83    | 991.82  |
| 2     | 561443.05     | 1456099       | 958.7   |
| 3     | 561403.51     | 1456107.85    | 958.8   |
| 4     | 561394.8      | 1456154.07    | 950.81  |
| 5     | 561340.95     | 1456183.25    | 948.06  |
| 6     | 561331.3      | 1456193.38    | 949.43  |
| 7     | 561323.5      | 1456253.12    | 953.59  |
| 8     | 561329.18     | 1456270.92    | 954.58  |
| 9     | 561451.28     | 1456295.93    | 952.48  |
| 10    | 561486.38     | 1456309.33    | 952.31  |
| 11    | 561602.59     | 1456286.7     | 949.85  |
| 12    | 561669.44     | 1456262.81    | 944.02  |
| 13    | 561725.92     | 1456268.52    | 943.36  |
| 14    | 561802.3      | 1456293.57    | 938.93  |
| 15    | 561896.58     | 1456298.13    | 937.09  |
| 16    | 561953.72     | 1456263.48    | 930.63  |
| 17    | 561880.87     | 1456095.07    | 928.74  |
| 18    | 561258.14     | 1455869.02    | 1023.16 |
| 19    | 561169.26     | 1455977.74    | 994.7   |
| 20    | 561216.56     | 1456260.7     | 959.5   |
| 21    | 561723.56     | 1456265.19    | 943.49  |
| 22    | 561743.03     | 1456271.98    | 941.76  |
| 23    | 561847.71     | 1456073.62    | 928.28  |
| 24    | 561148.55     | 1455987.29    | 988.2   |
| 25    | 562123.09     | 1456179.19    | 928.65  |
| 26    | 561415.5      | 1456106.29    | 958.92  |
| 27    | 561405.75     | 1456107.84    | 959.05  |
| 28    | 561390.01     | 1456061.67    | 965.28  |
| 29    | 561371.82     | 1456043.24    | 968.3   |
| 30    | 561356.81     | 1456032.24    | 972.05  |
| 31    | 561334.59     | 1456002.26    | 979.88  |
| 32    | 561342.82     | 1456015.13    | 977.16  |
| 33    | 561293.72     | 1455978.33    | 985.75  |
| 34    | 561265.82     | 1455962.16    | 988.41  |
| 35    | 561250.25     | 1455952.55    | 991.21  |
| 36    | 561238.34     | 1455945.92    | 992.08  |
| 37    | 561223        | 1455955.29    | 992.02  |

|    |           |            |        |
|----|-----------|------------|--------|
| 38 | 561196.98 | 1455969.24 | 993.2  |
| 39 | 561404.01 | 1456129.14 | 955.13 |
| 40 | 561398.24 | 1456139.99 | 953.46 |
| 41 | 561377.96 | 1456162.8  | 949.96 |
| 42 | 561390.07 | 1456152.94 | 951.17 |
| 43 | 561365.38 | 1456172.76 | 947.92 |
| 44 | 561348.96 | 1456180.92 | 947.45 |
| 45 | 561332.64 | 1456193.35 | 949.05 |
| 46 | 561328.95 | 1456225.3  | 952.35 |
| 47 | 561297.91 | 1456253.88 | 954.24 |
| 48 | 561326.85 | 1456231.84 | 952.71 |
| 49 | 561324.73 | 1456245.4  | 953.21 |
| 50 | 561327.7  | 1456251.55 | 953.36 |
| 51 | 561205.38 | 1456286.02 | 961.73 |
| 52 | 561190.23 | 1456314.74 | 964.89 |
| 53 | 561173.63 | 1456348.2  | 968.42 |
| 54 | 561213.42 | 1456270.47 | 960.36 |
| 55 | 561219.24 | 1456265.83 | 959.89 |
| 56 | 561352.46 | 1456264.23 | 953.78 |
| 57 | 561380.96 | 1456271.94 | 953.45 |
| 58 | 561405.17 | 1456279.53 | 953.42 |
| 59 | 561445.04 | 1456292.72 | 952.45 |
| 60 | 561471.79 | 1456303.62 | 952.26 |
| 61 | 561478.09 | 1456305.77 | 952.28 |
| 62 | 561525.68 | 1456299.24 | 951.65 |
| 63 | 561561.65 | 1456295.88 | 951.44 |
| 64 | 561585.98 | 1456289.87 | 950.06 |
| 65 | 561612.59 | 1456279.11 | 949.74 |
| 66 | 561634.59 | 1456269.66 | 947.34 |
| 67 | 561652.96 | 1456264.89 | 944.89 |
| 68 | 561700.82 | 1456260.62 | 943.84 |
| 69 | 561777.8  | 1456276.35 | 940.61 |
| 70 | 561817.18 | 1456302.07 | 938.64 |
| 71 | 561828.18 | 1456304.67 | 937.79 |
| 72 | 561878.71 | 1456297.65 | 936.57 |
| 73 | 561901.77 | 1456295.27 | 937.2  |
| 74 | 561929.16 | 1456297.46 | 936.45 |
| 75 | 561939.98 | 1456295.5  | 934.56 |
| 76 | 561961.54 | 1456237.71 | 929.31 |
| 77 | 561968.13 | 1456231.49 | 928.65 |

|     |           |            |        |
|-----|-----------|------------|--------|
| 78  | 561978.8  | 1456227.18 | 927.71 |
| 79  | 562015.12 | 1456216.98 | 924.86 |
| 80  | 561946.89 | 1456250.23 | 929.8  |
| 81  | 561935.62 | 1456223.88 | 928.69 |
| 82  | 561941.56 | 1456293.07 | 934.06 |
| 83  | 561946.19 | 1456286.07 | 932.71 |
| 84  | 561949.41 | 1456267.95 | 930.72 |
| 85  | 561911.89 | 1456172.65 | 928.74 |
| 86  | 561900.09 | 1456146.95 | 929.52 |
| 87  | 561889.55 | 1456120.92 | 928.87 |
| 88  | 561915.87 | 1456061.9  | 926.91 |
| 89  | 561905.5  | 1456073.05 | 928.19 |
| 90  | 561857.28 | 1456077.14 | 928.96 |
| 91  | 561918.34 | 1456041.52 | 926.26 |
| 92  | 561912.89 | 1456027.32 | 925.89 |
| 93  | 561842.63 | 1456064.18 | 926.69 |
| 94  | 561396.08 | 1456067.43 | 964.48 |
| 95  | 561384.9  | 1456052.82 | 966.7  |
| 96  | 561351.31 | 1456035.33 | 972.36 |
| 97  | 561343.8  | 1456008.51 | 978.85 |
| 98  | 561333.83 | 1456015.65 | 977.81 |
| 99  | 561294.35 | 1456006.44 | 977.21 |
| 100 | 561235.19 | 1456019.69 | 976.56 |
| 101 | 561242.98 | 1455959.2  | 990.35 |
| 102 | 561233.98 | 1455956.74 | 991.47 |
| 103 | 561214.33 | 1455960.01 | 992.58 |
| 104 | 561488.4  | 1456185.78 | 945.27 |
| 105 | 561492.36 | 1456181.34 | 945.19 |
| 106 | 561393.89 | 1456095.72 | 961.12 |
| 107 | 561398.83 | 1456122.85 | 955.89 |
| 108 | 561361.6  | 1456149.03 | 953.71 |
| 109 | 561339.1  | 1456191.22 | 949.63 |
| 110 | 561317.81 | 1456240.82 | 953.13 |
| 111 | 561296.38 | 1456249.89 | 954.44 |
| 112 | 561282.03 | 1456258.08 | 955.5  |
| 113 | 561268.94 | 1456251.86 | 955.94 |
| 114 | 561252.77 | 1456259.49 | 956.88 |
| 115 | 561167.67 | 1456360.4  | 970.78 |
| 116 | 561226.57 | 1456263.42 | 959.38 |
| 117 | 561382.25 | 1456268.51 | 953.09 |

|     |           |            |        |
|-----|-----------|------------|--------|
| 118 | 561433.49 | 1456283.55 | 952.42 |
| 119 | 561755.45 | 1456272.7  | 941.33 |
| 120 | 562008.63 | 1456222.61 | 925.88 |
| 121 | 561897.58 | 1456077.12 | 928.48 |
| 122 | 561886.09 | 1456086.24 | 928.67 |
| 123 | 561855.77 | 1456083.86 | 929.22 |
| 124 | 561841.19 | 1456119.76 | 930.54 |
| 125 | 561841.59 | 1456071.68 | 928.44 |
| 126 | 561838.93 | 1456127.5  | 930.84 |
| 127 | 561914.5  | 1456041.71 | 926.53 |
| 128 | 561914.42 | 1456016.41 | 925.22 |
| 129 | 561911.32 | 1456014.54 | 925.32 |
| 130 | 561912.92 | 1456009.99 | 924.88 |
| 131 | 561910.83 | 1456004.1  | 924.73 |
| 132 | 561826.29 | 1456128.05 | 931.59 |
| 133 | 561819.78 | 1456121.76 | 932.12 |
| 134 | 561821.75 | 1456107.62 | 931.46 |
| 135 | 561836.56 | 1456078.61 | 929.21 |
| 136 | 561821.46 | 1456082.67 | 929.71 |
| 137 | 561808.3  | 1456076.56 | 930.73 |
| 138 | 561801.37 | 1456085.88 | 931.17 |
| 139 | 561840.96 | 1456070.45 | 928.69 |
| 140 | 561403.73 | 1456094.47 | 961.43 |
| 141 | 561398.78 | 1456080.25 | 963.08 |
| 142 | 561364.92 | 1456039.18 | 969.88 |
| 143 | 561337.99 | 1456015.54 | 977.69 |
| 144 | 561321.17 | 1455994.82 | 981.55 |
| 145 | 561442    | 1456093.94 | 959.61 |
| 146 | 561440.79 | 1456090.82 | 960.09 |
| 147 | 561440.09 | 1456087.25 | 960.58 |
| 148 | 561445.24 | 1456092.68 | 959.68 |
| 149 | 561443.76 | 1456089.02 | 960.22 |
| 150 | 561443.12 | 1456086.23 | 960.61 |
| 151 | 561448.37 | 1456091.91 | 959.74 |
| 152 | 561447.4  | 1456088.9  | 960.08 |
| 153 | 561446.12 | 1456085.42 | 960.6  |
| 154 | 561426.89 | 1456101.77 | 959.7  |
| 155 | 561351.31 | 1456035.33 | 972.36 |
| 156 | 561447    | 1456112.5  | 958.7  |
| 157 | 561438.5  | 1456125    | 0      |

**Tabla 33 "Parámetros para estudios fisicoquímico, bacteriológico y metales pesados"**

| Origen                                       | Parámetro (b)   | Valor Recomendado | Valor máximo Admisible | Observaciones                                                                      |
|----------------------------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Todo tipo de agua de bebida               | Coliforme fecal | Neg               | Neg                    |                                                                                    |
| B. Agua que entra al sistema de distribución | Coliforme fecal | Neg               | Neg                    |                                                                                    |
|                                              | Coliforme total | Neg               | ≤4                     | En muestras no consecutivas                                                        |
| C. Agua en el sistema de distribución        | Coliforme total | Neg               | ≤4                     | En muestras puntuales No debe ser detectado en el 95 % de las muestras anuales (c) |
|                                              | Coliforme fecal | Neg               | Neg                    |                                                                                    |

| Parámetro                        | Unidad                 | Valor Recomendado | Valor máximo Admisible |
|----------------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| Temperatura                      | °C                     | 18 a 30           |                        |
| Concentración de Iones Hidrógeno | Valor pH               | 6.5 a 8.5 (a)     |                        |
| Cloro Residual                   | mg/L                   | 0.5 a 1.0 (b)     | (c)                    |
| Cloruros                         | mg/L                   | 25                | 250                    |
| Conductividad                    | μS/cm                  | 400               |                        |
| Dureza                           | mg/L CaCO <sub>3</sub> | 400               |                        |
| Sulfatos                         | mg/L                   | 25                | 250                    |
| Aluminio                         | mg/L                   |                   | 0.2                    |
| Calcio                           | mg/L CaCO <sub>3</sub> | 100               |                        |
| Cobre                            | mg/L                   | 1.0               | 2.0                    |
| Magnesio                         | mg/L CaCO <sub>3</sub> | 30                | 50                     |
| Sodio                            | mg/L                   | 25                | 200                    |
| Potasio                          | mg/L                   |                   | 10                     |
| Sólidos Disueltos Totales        | mg/L                   |                   | 1000                   |
| Zinc                             | mg/L                   |                   | 3.0                    |

| Parámetro | Unidad | Valor máximo Admisible |
|-----------|--------|------------------------|
| Arsénico  | mg/L   | 0.01                   |
| Cadmio    | mg/L   | 0.05                   |
| Cianuro   | mg/L   | 0.05                   |
| Cromo     | mg/L   | 0.05                   |
| Mercurio  | mg/L   | 0.001                  |
| Níquel    | mg/L   | 0.05                   |
| Plomo     | mg/L   | 0.01                   |
| Antimonio | mg/L   | 0.05                   |
| Selenio   | mg/L   | 0.01                   |

Tabla 34 "Resultado de estudio físicoquímicos de la muestra de agua



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

FQAN-2101-0010

|                                     |                                                                                    |                                                                   |                                |                     |                     |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| <b>CLIENTE</b>                      |                                                                                    | <b>DIRECCIÓN</b>                                                  |                                | <b>TELÉFONO</b>     |                     |
| SINARSA                             |                                                                                    | Barrio Leonel Rugama, Frente al costado oeste del campo de fútbol |                                | NR                  |                     |
| <b>ATENCIÓN</b>                     |                                                                                    | <b>CARGO</b>                                                      |                                | <b>EMAIL</b>        |                     |
| Ing. Jenny González                 |                                                                                    | Gerente Técnico                                                   |                                | sinarsa@hotmail.com |                     |
| <b>CELULAR</b>                      |                                                                                    | 8433-4381                                                         |                                |                     |                     |
| <b>DATOS DE LA MUESTRA</b>          |                                                                                    |                                                                   | <b>CONTROL DEL LABORATORIO</b> |                     |                     |
| Fecha y Hora de recolección         | 25/01/2021; 7:25 p.m.                                                              |                                                                   | Ingreso de muestra             | 28/01/2021          |                     |
| Fuente                              | Construcción y mejoramiento sistema de agua potable Comunidad El Regadillo, Estelí |                                                                   | Inicio de análisis             | 28/01/2021          |                     |
| Tipo de muestra                     | Agua Subterránea                                                                   |                                                                   | Finalización de análisis       | 04/02/2021          |                     |
| Ubicación de la fuente              | Comunidad El Regadillo - Estelí                                                    |                                                                   | Emisión del certificado        | 05/02/2021          |                     |
| Coordenadas                         | NR                                                                                 |                                                                   | No. Cadena de custodia         | 4415                |                     |
| Recolectada por                     | Ing. Jenny González                                                                |                                                                   | Código de muestra              | LA-2101-0077        |                     |
| Supervisor en campo                 | Ing. Jorge Lazo                                                                    |                                                                   | Muestra No.                    | Uno (01)            |                     |
| <b>METODO</b><br>SM // EPA/<br>HACH | <b>ENSAYO REALIZADO</b>                                                            | <b>UNIDAD</b>                                                     | <b>RESULTADOS</b>              |                     | <b>Norma CAPRE*</b> |
| Visual                              | Aspecto                                                                            | NE                                                                | Clara                          |                     | NE                  |
| 4500-B                              | Potencial de Hidrógeno                                                             | pH                                                                | 6.97                           |                     | 6.5 - 8.5**         |
| 2510-B                              | Conductividad Eléctrica                                                            | µS/cm                                                             | 294.00                         |                     | 400**               |
| 2130-B                              | Turbiedad                                                                          | UNT                                                               | 0.049                          |                     | 5                   |
| 2120-G                              | Color Verdadero                                                                    | mg/L (Pt-Co)                                                      | <1.00                          |                     | 15                  |
| 2320-B                              | Alcalinidad                                                                        | mg/L CaCO <sub>3</sub>                                            | 120.80                         |                     | NE                  |
| 2320-B                              | Carbonatos                                                                         | mg/L CaCO <sub>3</sub>                                            | <0.40                          |                     | NE                  |
| 2320-B                              | Bicarbonatos                                                                       | mg/L CaCO <sub>3</sub>                                            | 120.80                         |                     | NE                  |
| 4500-B                              | Nitratos                                                                           | mg/L                                                              | 9.14                           |                     | 50                  |
| 4500-B                              | Nitritos                                                                           | mg/L                                                              | <0.003                         |                     | 0.1                 |
| 4500-D                              | Cloruros                                                                           | mg/L                                                              | 11.00                          |                     | 250                 |
| 3500-B                              | Hierro Total                                                                       | mg/L                                                              | 0.050                          |                     | 0.3                 |
| 4500-D                              | Sulfatos                                                                           | mg/L                                                              | 7.16                           |                     | 250                 |
| 2340-C                              | Dureza Total                                                                       | mg/L CaCO <sub>3</sub>                                            | 114.08                         |                     | 400**               |
| 2340-C                              | Dureza Cálcica                                                                     | mg/L CaCO <sub>3</sub>                                            | 65.80                          |                     | NE                  |
| 3500-B                              | Calcio                                                                             | mg/L                                                              | 28.37                          |                     | 100**               |
| 3500-B                              | Magnesio                                                                           | mg/L                                                              | 11.73                          |                     | 50                  |
| 8149                                | Manganeso                                                                          | mg/L                                                              | 0.009                          |                     | 0.5                 |
| 3500-X                              | Sodio                                                                              | mg/L                                                              | 12.25                          |                     | 200                 |
| 3500-C                              | Potasio                                                                            | mg/L                                                              | 1.25                           |                     | 10                  |
| 4500-F                              | Fósforo                                                                            | mg/L                                                              | 0.333                          |                     | 0.7                 |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. Abreviaturas y símbolos: < menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, HACH: Metodología HACH EPA = Environmental Protection Agency, \* Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE, \*\* Valor recomendado

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los métodos empleados por el cliente

*Ing. María Lilia Gómez*  
Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI  
COORDINACIÓN TÉCNICA  
PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

000177

Tabla 35 "Resultado de estudio bacteriológico de la muestra de agua"



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MB-2101-0012

|                             |                                                                                         |                                                                    |                     |                     |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| <b>CLIENTE</b>              |                                                                                         | <b>DIRECCIÓN</b>                                                   |                     | <b>TELÉFONO</b>     |
| SINARSA                     |                                                                                         | Barrio Leonel Rugama, frente al costado oeste del campo de fútbol. |                     | NR                  |
| <b>ATENCIÓN</b>             |                                                                                         | <b>CARGO</b>                                                       | <b>EMAIL</b>        | <b>CELULAR</b>      |
| Ing. Jenny González         |                                                                                         | Gerente Técnico                                                    | sinarsa@hotmail.com | 8433-4361           |
| <b>DATOS DE LA MUESTRA</b>  |                                                                                         | <b>CONTROL DEL LABORATORIO</b>                                     |                     |                     |
| Fecha y Hora de recolección | 25/01/2021 ; 07:25 pm                                                                   | Ingreso de muestra                                                 | 28/01/2021          |                     |
| Fuente                      | Construcción y mejoramiento de sistemas de agua potable. Comunidad El Regadillo- Estelí | Inicio de análisis                                                 | 28/01/2021          |                     |
| Tipo de muestra             | Agua Subterránea                                                                        | Finalización de análisis                                           | 28/01/2021          |                     |
| Ubicación de la fuente      | Comunidad El Regadillo- Estelí                                                          | Emisión del certificado                                            | 03/02/2021          |                     |
| Coordenadas                 | NR                                                                                      | No. Cadena de custodia                                             | 4415                |                     |
| Recolectada por             | Ing. Jenny González                                                                     | Código de muestra                                                  | LA-2101-0077        |                     |
| Supervisor en campo         | Ing. Jorge Lazo                                                                         | Muestra No.                                                        | Una (01)            |                     |
| <b>METODO</b><br>SM // EPA  | <b>ENSAYO REALIZADO</b>                                                                 | <b>UNIDAD</b>                                                      | <b>RESULTADOS</b>   | <b>Norma CAPRE*</b> |
| 9221-B                      | Coliforme Total                                                                         | NMP/100mL                                                          | 78.0                | Negativo            |
| 9221-E                      | Coliforme Fecal                                                                         | NMP/100mL                                                          | 48.0                | Negativo            |
| 9221-F                      | E. coli                                                                                 | NMP/100mL                                                          | Negativo            | NE                  |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
Abreviaturas y símbolos: s: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificado en la Norma, NR= No Reporta  
Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017  
EPA = Environmental Protection Agency, \* Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

*[Firma]*  
Ing. Mariela Gómez  
Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*[Sello circular: LABORATORIOS AMBIENTALES PIENSA-UNI, COORDINACIÓN TÉCNICA]*

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente y no será utilizado para fines de responsabilidad o imparcialidad del informe.

000178

Tabla 36 "Resultado de metales pesados de la muestra de agua"



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MP-2101-0008  
PTP-7.6.2.1

|                             |                                                                                       |                                                                   |                                |                     |                     |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| <b>CLIENTE</b>              |                                                                                       | <b>DIRECCIÓN</b>                                                  |                                | <b>TELÉFONO</b>     |                     |
| SINARSA                     |                                                                                       | Barrio Leonel Rugama, frente al costado oeste del campo de fútbol |                                | NR                  |                     |
| <b>ATENCIÓN</b>             |                                                                                       | <b>CARGO</b>                                                      |                                | <b>EMAIL</b>        |                     |
| Ing. Jenny González         |                                                                                       | Gerente Técnico                                                   |                                | sinarsa@hotmail.com |                     |
| <b>CELULAR</b>              |                                                                                       | 8433-4381                                                         |                                |                     |                     |
| <b>DATOS DE LA MUESTRA</b>  |                                                                                       |                                                                   | <b>CONTROL DEL LABORATORIO</b> |                     |                     |
| Fecha y Hora de recolección | 25/01/2021; 7:25 pm                                                                   |                                                                   | Ingreso de muestra             | 27/01/2021          |                     |
| Fuente                      | Construcción y mejoramiento de sistema de agua potable. Comunidad El Regadillo-Esteli |                                                                   | Inicio de análisis             | 02/01/2021          |                     |
| Tipo de muestra             | Agua Subterránea                                                                      |                                                                   | Finalización de análisis       | 02/01/2021          |                     |
| Ubicación de la fuente      | Comunidad El Regadillo-Esteli                                                         |                                                                   | Emisión del certificado        | 03/02/2021          |                     |
| Coordenadas                 | NR                                                                                    |                                                                   | No. Cadena de custodia         | 4415                |                     |
| Recolectada por             | Jenny González                                                                        |                                                                   | Código de muestra              | LA-2101-0077        |                     |
| Supervisor en campo         | Ing. Jorge Lazo                                                                       |                                                                   | Muestra No.                    | Uno (01)            |                     |
| <b>METODO</b>               | <b>ENSAYO REALIZADO</b>                                                               | <b>UNIDAD</b>                                                     | <b>RESULTADOS</b>              |                     | <b>Norma CAPRE*</b> |
| G.H                         | Arsénico                                                                              | mg/L                                                              | <0.002                         |                     | 0.01                |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
Abreviaturas y símbolos: < menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR= No Reporta  
Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017  
EPA = Environmental Protection Agency, \* Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE  
G.H: Generador de Hidruros, Utilizando ARSENATOR

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los análisis solicitados por el cliente

*[Firma]*  
Ing. María Lidia Gómez  
Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI  
COORDINACIÓN TÉCNICA  
PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

000179

Dirección: (505) 2278-1462 - Área Académica: 2270-5613 y 8886-8702 (M); Atención al Cliente: 2270-1517 y 8152-7314 (M)

## Valle el regadío

**Ilustración 25 "Limpieza del lugar 1m2 y profundidad de 30 cm donde se aplicará el método de porchet"**



**Ilustración 26 "Material extraído"**



**Ilustración 27 " Medición de diámetro del agujero"**



**Ilustración 28 "Tipos de estratos del agujero"**



***Ilustración 29 "Vista del agujero en el centro del área delimitada"***



***Ilustración 30 " Mediciones de la superficie a la niveleta y la altura del fondo del agujero a la niveleta"***



***Ilustración 32 "Llenado de agua en la perforación para saturar el suelo"***



***Ilustración 31 "Medición de cuánta agua se infiltro en el lapso de 10 minutos"***



## Comunidad de San Francisco

***Ilustración 33 " Limpieza del lugar  
1m2 y profundidad de 30 cm donde se  
aplicara el metodo porchet"***



***Ilustración 34 "Medicion de  
diametro del agujero"***



***Ilustración 35 "Medición de altura del  
fondo del agujero a la niveleta"***



***Ilustración 36 "Vista del agujero en el  
centro del área delimitada"***



***Ilustración 38 "Llenado de agua en la perforación para saturar el suelo"***



***Ilustración 37 "Medición de cuánta agua se infiltró en el lapso de 10 minutos"***



Tabla 37 "Aforo el regadío"



## CONSTRUCCIONES Y PERFORACIONES SOCIEDAD ANONIMA CONSPERSA

"NUEVA DIMENSIÓN EN CONSTRUCCIÓN Y PERFORACIÓN TU MEJOR ELECCIÓN"



| PROYECTO DE PERFORACIÓN DE POZO.<br>DATOS DE PRUEBA DE BOMBEO CONTINUA. |              |                   |                         |          |                    |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|-------------------------|----------|--------------------|
| Fecha:                                                                  | 25/01/2021 - | Unidad impulsora: | Bomba eléctrica BRUNELL | T. Agua: |                    |
| Localidad:                                                              | 26/01/2021   | EL REGADIO.       | Pozo No.                | PFNo-1   | Hora inicio        |
| Municipio:                                                              | ESTELI       |                   |                         |          | Hora final         |
| Longitud de columna:                                                    |              | 250 pies          |                         | 1 1/2"   | Diámetro revestim. |
| Diámetro del orificio descarga:                                         |              | 300 pies          |                         | 1 1/2"   | Diámetro, descarga |
| Profundidad del pozo:                                                   |              | 13.50 MTS         |                         |          | CONSPERSA          |
| Nivel estático del agua:                                                |              |                   |                         |          |                    |
| Equipo de bombeo:                                                       |              |                   |                         |          |                    |
|                                                                         |              |                   |                         |          |                    |

| Hora     | Tiempo de Bombeo (minutos) | Prof. Niv. Freático (Mts) | Descenso (MTS) | Caudal (gpm) | CE (uS/cm)<br>T(°C), pH<br>Eh (mv) | Recuperación     |                       |                  |
|----------|----------------------------|---------------------------|----------------|--------------|------------------------------------|------------------|-----------------------|------------------|
|          |                            |                           |                |              |                                    | Tiempo (minutos) | Descenso Residual (m) | Recuperación (m) |
|          | 0                          | 13.50                     | 0.00 mts       | 100          | 37.85                              | 0                |                       |                  |
|          | 1                          | 13.83                     | 0.33           | 100          | 37.85                              | 1                |                       | 15.07            |
|          | 2                          | 13.84                     | 0.01           | 100          | 37.85                              | 2                |                       | 14.94            |
|          | 3                          | 13.88                     | 0.04           | 100          | 37.85                              | 3                |                       | 14.87            |
|          | 4                          | 13.92                     | 0.04           | 100          | 37.85                              | 4                |                       | 14.74            |
|          | 5                          | 13.95                     | 0.03           | 100          | 37.85                              | 5                |                       | 14.70            |
|          | 6                          | 13.98                     | 0.03           | 100          | 37.85                              | 6                |                       | 14.61            |
|          | 7                          | 14.00                     | 0.02           | 100          | 37.85                              | 7                |                       | 14.53            |
|          | 8                          | 14.00                     | -              | 100          | 37.85                              | 8                |                       | 14.41            |
|          | 9                          | 14.01                     | 0.01           | 100          | 37.85                              | 9                |                       | 14.33            |
|          | 10                         | 14.01                     | -              | 100          | 37.85                              | 10               |                       | 14.24            |
|          | 12                         | 14.02                     | 0.01           | 100          | 37.85                              | 11               |                       | 14.16            |
|          | 14                         | 14.03                     | 0.01           | 100          | 37.85                              | 12               |                       | 14.04            |
|          | 16                         | 14.04                     | 0.01           | 100          | 37.85                              | 13               |                       | 13.91            |
|          | 18                         | 14.04                     | -              | 100          | 37.85                              | 14               |                       | 13.83            |
|          | 20                         | 14.04                     | -              | 100          | 37.85                              | 15               |                       | 13.77            |
|          | 25                         | 14.04                     | -              | 100          | 37.85                              | 16               |                       | 13.71            |
|          | 30                         | 14.05                     | 0.01           | 100          | 37.85                              | 17               |                       | 13.65            |
|          | 35                         | 14.05                     | -              | 100          | 37.85                              | 18               |                       | 13.59            |
|          | 40                         | 14.05                     | -              | 100          | 37.85                              | 19               |                       | 13.54            |
|          | 45                         | 14.05                     | -              | 100          | 37.85                              | 20               |                       | 13.50            |
|          | 50                         | 14.05                     | -              | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 55                         | 14.05                     | -              | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
| 1 HORA   | 60                         | 14.05                     | -              | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 70                         | 14.06                     | 0.01           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 80                         | 14.06                     | -              | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 90                         | 14.06                     | -              | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 100                        | 14.06                     | -              | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
| 2 HORAS  | 110                        | 14.06                     | -              | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 120                        | 14.06                     | -              | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 140                        | 14.06                     | -              | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 160                        | 14.06                     | -              | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
| 3 HORAS  | 180                        | 14.06                     | -              | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 210                        | 14.06                     | -              | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
| 4 HORAS  | 240                        | 14.06                     | -              | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 270                        | 14.07                     | 0.01           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
| 5 HORAS  | 300                        | 14.09                     | 0.02           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 330                        | 14.12                     | 0.03           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
| 6 HORAS  | 360                        | 14.14                     | 0.02           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 390                        | 14.16                     | 0.02           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
| 7 HORAS  | 420                        | 14.18                     | 0.02           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 450                        | 14.21                     | 0.03           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
| 8 HORAS  | 480                        | 14.24                     | 0.03           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 510                        | 14.27                     | 0.03           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
| 9 HORAS  | 540                        | 14.30                     | 0.03           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 570                        | 14.34                     | 0.04           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
| 10 HORAS | 600                        | 14.37                     | 0.03           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 630                        | 14.40                     | 0.03           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
| 11 HORAS | 660                        | 14.44                     | 0.04           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
|          | 690                        | 14.49                     | 0.05           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |
| 12 HORAS | 720                        | 14.54                     | 0.05           | 100          | 37.85                              |                  |                       |                  |

Dir.: Entrada Principal al Sector XIX 50 Vrs. Al Oeste, Bo. Los Maestros  
Somoto, Madriz

Teléfonos: 27220279 Cel. 86029594  
Email: edgaro.2008@yahoo.com



Continuacion de Tabla 37



# **CONSTRUCCIONES Y PERFORACIONES SOCIEDAD ANONIMA**

## **CONSPERSA**

"NUEVA DIMENSIÓN EN CONSTRUCCIÓN Y PERFORACIÓN TU MEJOR ELECCIÓN"



|          |      |       |      |     |       |  |      |  |
|----------|------|-------|------|-----|-------|--|------|--|
|          | 750  | 14.58 | 0.04 | 100 | 37.85 |  |      |  |
| 13 HORAS | 780  | 14.62 | 0.04 | 100 | 37.85 |  |      |  |
|          | 810  | 14.65 | 0.03 | 100 | 37.85 |  |      |  |
| 14 HORAS | 840  | 14.69 | 0.04 | 100 | 37.85 |  |      |  |
|          | 870  | 14.74 | 0.05 | 100 | 37.85 |  |      |  |
| 15 HORAS | 900  | 14.77 | 0.03 | 100 | 37.85 |  |      |  |
|          | 930  | 14.79 | 0.02 | 100 | 37.85 |  |      |  |
| 16 HORAS | 960  | 14.82 | 0.03 | 100 | 37.85 |  |      |  |
|          | 990  | 14.85 | 0.03 | 100 | 37.85 |  |      |  |
| 17 HORAS | 1020 | 14.87 | 0.02 | 100 | 37.85 |  |      |  |
|          | 1050 | 14.89 | 0.02 | 100 | 37.85 |  |      |  |
| 18 HORAS | 1080 | 14.91 | 0.02 | 100 | 37.85 |  |      |  |
|          | 1110 | 14.93 | 0.02 | 100 | 37.85 |  |      |  |
| 19 HORAS | 1140 | 14.95 | 0.02 | 100 | 37.85 |  |      |  |
|          | 1170 | 14.97 | 0.02 | 100 | 37.85 |  |      |  |
| 20 HORAS | 1200 | 15.00 | 0.03 | 100 | 37.85 |  |      |  |
|          | 1230 | 15.03 | 0.03 | 100 | 37.85 |  |      |  |
| 21 HORAS | 1260 | 15.05 | 0.02 | 100 | 37.85 |  |      |  |
|          | 1290 | 15.07 | 0.02 | 100 | 37.85 |  |      |  |
| 22 HORAS | 1320 | 15.08 | 0.01 | 100 | 37.85 |  |      |  |
|          | 1350 | 15.09 | 0.01 | 100 | 37.85 |  |      |  |
| 23 HORAS | 1380 | 15.10 | 0.01 | 100 | 37.85 |  |      |  |
|          | 1410 | 15.11 | 0.01 | 100 | 37.85 |  |      |  |
| 24 HORAS | 1440 | 15.12 | 0.01 | 100 | 37.85 |  | 1.62 |  |

Dir.: Entrada Principal al Sector XIX 50 Vrs. Al Oeste, Bo. Los Maestros  
Somoto, Madriz

Teléfonos: 27220279 Cel. 86029594  
Email: edgardo.2008@yahoo.com

*Edgardo Somoto*



Continuación de Tabla 37



## CONSTRUCCIONES Y PERFORACIONES SOCIEDAD ANONIMA

### CONSPERSA

"NUEVA DIMENSIÓN EN CONSTRUCCIÓN Y PERFORACIÓN TU MEJOR ELECCIÓN"

POZO COMUNIDAD EL REGADIO, MUNICIPIO DE ESTELI- DEPARTAMENTO DE ESTELI.



CURVA TIPO DEL POZO

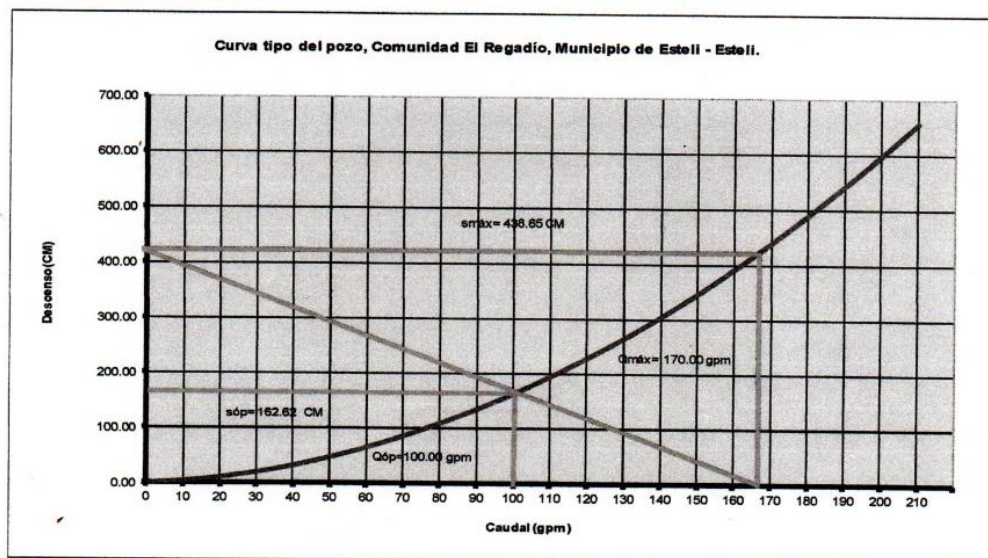
$$s = 0.2632Q + 0.01363Q^2$$

ESPOSOR SATURADO = PROFUNDIDAD DEL POZO (91.46 MTS) - NEA (13.60 MTS)  
ESPOSOR SATURADO = 77.86 MTS)

| Caudal (gpm) | Descenso (CMS) |
|--------------|----------------|
| 0            | 0.00           |
| 10           | 4.00           |
| 20           | 10.72          |
| 30           | 20.16          |
| 40           | 32.34          |
| 50           | 47.24          |
| 60           | 64.86          |
| 70           | 85.21          |
| 80           | 108.29         |
| 90           | 134.09         |
| 100          | 162.62         |
| 110          | 193.88         |
| 120          | 227.86         |
| 130          | 264.56         |
| 140          | 304.00         |
| 150          | 346.16         |
| 160          | 391.04         |
| 170          | 438.65         |
| 180          | 488.99         |
| 190          | 542.05         |
| 200          | 597.84         |
| 210          | 656.36         |

El caudal óptimo de explotación recomendado a largo es de 100.00 gpm, para obtener un descenso de 162.62 centímetros.

Por períodos cortos o de emergencia el pozo puede explotarse con un caudal máximo de 170.00 gpm, para obtener un descenso máximo de 438.65 centímetros.



Dir.: Entrada Principal al Sector XIX 50 Vrs. Al Oeste, Bo. Los Maestros  
Somoto, Madriz

Teléfonos: 27220279 Cel. 86029594  
Email: edgardo.2008@yahoo.com



Tabla 38 "Población y demanda proyectada a 20 años"

| N° | Año  | Población | CD   | Institucional | Comercial | CPD  | Fugas | CMH  | CMD  | Volumen de almacenamiento |
|----|------|-----------|------|---------------|-----------|------|-------|------|------|---------------------------|
| 0  | 2021 | 206       | 0.19 | 0.01          | 0.01      | 0.21 | 0.04  | 0.36 | 0.57 | 4.23                      |
| 1  | 2022 | 211       | 0.20 | 0.01          | 0.01      | 0.22 | 0.04  | 0.37 | 0.59 | 4.44                      |
| 2  | 2023 | 216       | 0.20 | 0.01          | 0.01      | 0.22 | 0.04  | 0.37 | 0.59 | 4.44                      |
| 3  | 2024 | 222       | 0.21 | 0.01          | 0.01      | 0.23 | 0.05  | 0.40 | 0.63 | 4.64                      |
| 4  | 2025 | 227       | 0.21 | 0.01          | 0.01      | 0.23 | 0.05  | 0.40 | 0.63 | 4.64                      |
| 5  | 2026 | 233       | 0.22 | 0.02          | 0.02      | 0.26 | 0.05  | 0.44 | 0.70 | 5.24                      |
| 6  | 2027 | 239       | 0.22 | 0.02          | 0.02      | 0.26 | 0.05  | 0.44 | 0.70 | 5.24                      |
| 7  | 2028 | 245       | 0.23 | 0.02          | 0.02      | 0.27 | 0.05  | 0.46 | 0.73 | 5.44                      |
| 8  | 2029 | 251       | 0.23 | 0.02          | 0.02      | 0.27 | 0.05  | 0.46 | 0.73 | 5.44                      |
| 9  | 2030 | 257       | 0.24 | 0.02          | 0.02      | 0.28 | 0.06  | 0.48 | 0.76 | 5.64                      |
| 10 | 2031 | 264       | 0.24 | 0.02          | 0.02      | 0.28 | 0.06  | 0.48 | 0.76 | 5.64                      |
| 11 | 2032 | 270       | 0.25 | 0.02          | 0.02      | 0.29 | 0.06  | 0.50 | 0.79 | 5.85                      |
| 12 | 2033 | 277       | 0.26 | 0.02          | 0.02      | 0.30 | 0.06  | 0.51 | 0.81 | 6.05                      |
| 13 | 2034 | 284       | 0.26 | 0.02          | 0.02      | 0.30 | 0.06  | 0.51 | 0.81 | 6.05                      |
| 14 | 2035 | 291       | 0.27 | 0.02          | 0.02      | 0.31 | 0.06  | 0.53 | 0.84 | 6.25                      |
| 15 | 2036 | 298       | 0.28 | 0.02          | 0.02      | 0.32 | 0.06  | 0.54 | 0.86 | 6.45                      |
| 16 | 2037 | 306       | 0.28 | 0.02          | 0.02      | 0.32 | 0.06  | 0.54 | 0.86 | 6.45                      |
| 17 | 2038 | 313       | 0.29 | 0.02          | 0.02      | 0.33 | 0.07  | 0.57 | 0.90 | 6.65                      |
| 18 | 2039 | 321       | 0.30 | 0.02          | 0.02      | 0.34 | 0.07  | 0.58 | 0.92 | 6.85                      |
| 19 | 2040 | 329       | 0.30 | 0.02          | 0.02      | 0.34 | 0.07  | 0.58 | 0.92 | 6.85                      |
| 20 | 2041 | 338       | 0.31 | 0.02          | 0.02      | 0.35 | 0.07  | 0.60 | 0.95 | 7.06                      |

**Tabla 39 "Longitud, diámetro, caudal, velocidades y perdidas en la red de distribución"**

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Perdidas m/km |
|----------|------------|-------------|------------|---------------|---------------|
| Ap81     | 37.84      | 44.6        | 0.04       | 0.03          | 0.03          |
| Ap82     | 11.55      | 44.6        | 0.04       | 0.03          | 0.03          |
| Ap83     | 9.079      | 44.6        | 0.04       | 0.03          | 0.02          |
| Ap84     | 19.28      | 44.6        | 0.04       | 0.03          | 0.03          |
| Ap85     | 17.92      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap86     | 18.51      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap87     | 8.501      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap88     | 2.942      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap89     | 11.15      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap90     | 27.48      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap91     | 23.2       | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap92     | 51.03      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap93     | 11.33      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap94     | 17.14      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap95     | 30         | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap96     | 22.66      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap97     | 12.45      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap98     | 17.53      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap99     | 26.32      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap100    | 31.46      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap101    | 16.63      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap102    | 19.13      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap103    | 24.07      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap104    | 12.55      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.19          |
| Ap105    | 16.91      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap106    | 25.1       | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap107    | 36.13      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap108    | 40.58      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap109    | 9.028      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap110    | 6.653      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap111    | 21.91      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap112    | 7.019      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.19          |
| Ap113    | 14.74      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap114    | 28.62      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap115    | 25.37      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap116    | 29.53      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |
| Ap117    | 27.82      | 44.6        | 0.43       | 0.28          | 2.2           |

|              |       |      |      |      |      |
|--------------|-------|------|------|------|------|
| <b>Ap118</b> | 6.817 | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.51 |
| <b>Ap119</b> | 13.75 | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.51 |
| <b>Ap120</b> | 6.874 | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.51 |
| <b>Ap121</b> | 32.33 | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.51 |
| <b>Ap122</b> | 13.12 | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.51 |
| <b>Ap123</b> | 8.366 | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.51 |
| <b>Ap124</b> | 18.35 | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.51 |
| <b>Ap125</b> | 16.17 | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.51 |
| <b>Ap126</b> | 15.67 | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.52 |
| <b>Ap127</b> | 15.48 | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.51 |
| <b>Ap128</b> | 12.4  | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.51 |
| <b>Ap129</b> | 21.73 | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.51 |
| <b>Ap130</b> | 13.72 | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.51 |
| <b>Ap131</b> | 15.14 | 44.6 | 0.63 | 0.41 | 4.51 |
| <b>Ap132</b> | 13.18 | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.27 |
| <b>Ap133</b> | 8.41  | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.26 |
| <b>Ap134</b> | 10.31 | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.27 |
| <b>Ap135</b> | 16.29 | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.27 |
| <b>Ap136</b> | 8.165 | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.26 |
| <b>Ap137</b> | 10.89 | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.27 |
| <b>Ap138</b> | 22.68 | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.27 |
| <b>Ap139</b> | 6.91  | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.27 |
| <b>Ap140</b> | 11.18 | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.26 |
| <b>Ap141</b> | 15.45 | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.27 |
| <b>Ap142</b> | 32.29 | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.27 |
| <b>Ap143</b> | 32.35 | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.27 |
| <b>Ap144</b> | 18.51 | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.27 |
| <b>Ap145</b> | 13.66 | 44.6 | 0.76 | 0.48 | 6.26 |
| <b>Ap146</b> | 85.28 | 44.6 | 0.96 | 0.62 | 9.77 |
| <b>Bp190</b> | 17.98 | 44.6 | 0.2  | 0.13 | 0.56 |
| <b>Bp191</b> | 9.884 | 44.6 | 0.2  | 0.13 | 0.56 |
| <b>Bp192</b> | 19.67 | 44.6 | 0.2  | 0.13 | 0.56 |
| <b>Cp168</b> | 4.488 | 44.6 | 0.2  | 0.13 | 0.55 |
| <b>Cp169</b> | 25.61 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.29 |
| <b>Cp170</b> | 29.09 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.29 |
| <b>Cp171</b> | 17.91 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.29 |
| <b>Cp172</b> | 26.6  | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.29 |
| <b>Cp173</b> | 7.744 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.29 |
| <b>Cp174</b> | 7.457 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.28 |
| <b>Cp175</b> | 17.56 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.29 |

|              |       |      |      |      |      |
|--------------|-------|------|------|------|------|
| <b>Cp176</b> | 32.62 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.29 |
| <b>Cp177</b> | 37.52 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.29 |
| <b>Cp178</b> | 13.78 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.29 |
| <b>Dp179</b> | 28.68 | 44.6 | 0.39 | 0.25 | 1.82 |
| <b>Dp180</b> | 56.46 | 44.6 | 0.39 | 0.25 | 1.83 |
| <b>Dp181</b> | 28.3  | 44.6 | 0.39 | 0.25 | 1.83 |
| <b>Dp182</b> | 28.08 | 44.6 | 0.39 | 0.25 | 1.83 |
| <b>Dp183</b> | 27.27 | 44.6 | 0.39 | 0.25 | 1.83 |
| <b>Dp184</b> | 10.26 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.29 |
| <b>Dp185</b> | 14.67 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.28 |
| <b>Dp186</b> | 8.91  | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.28 |
| <b>Dp187</b> | 15.28 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.29 |
| <b>Dp188</b> | 20.54 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.29 |
| <b>Dp189</b> | 15.21 | 44.6 | 0.14 | 0.09 | 0.29 |
| <b>Ep194</b> | 10.83 | 44.6 | 0.3  | 0.16 | 0.78 |
| <b>Ep195</b> | 10.22 | 44.6 | 0.3  | 0.16 | 0.78 |
| <b>Ep196</b> | 29.64 | 44.6 | 0.3  | 0.16 | 0.78 |
| <b>Total</b> | 1857  |      |      |      |      |

***Fuente: Elaboración propia***

**Tabla 40 "Presiones en la red de distribución"**

| ID Nudo | Cota m  | Demanda Base L/s | Altura m | Presión m |
|---------|---------|------------------|----------|-----------|
| An1     | 924.858 | 0.041            | 956.54   | 31.68     |
| An2     | 927.706 | 0                | 956.54   | 28.83     |
| An3     | 928.647 | 0                | 956.54   | 27.89     |
| An4     | 929.306 | 0                | 956.54   | 27.23     |
| An5     | 929.799 | 0                | 956.54   | 26.74     |
| An6     | 930.725 | 0                | 956.58   | 25.85     |
| An7     | 932.709 | 0                | 956.62   | 23.91     |
| An8     | 934.057 | 0                | 956.64   | 22.58     |
| An9     | 934.557 | 0                | 956.64   | 22.09     |
| An10    | 936.446 | 0                | 956.67   | 20.22     |
| An11    | 937.205 | 0                | 956.73   | 19.52     |
| An12    | 936.573 | 0                | 956.78   | 20.21     |
| An13    | 937.79  | 0                | 956.89   | 19.1      |
| An14    | 938.638 | 0                | 956.92   | 18.28     |
| An15    | 938.933 | 0                | 956.96   | 18.02     |
| An16    | 940.606 | 0                | 957.02   | 16.42     |
| An17    | 941.329 | 0                | 957.07   | 15.74     |
| An18    | 941.755 | 0                | 957.1    | 15.34     |
| An19    | 943.365 | 0                | 957.14   | 13.77     |
| An20    | 943.84  | 0                | 957.2    | 13.36     |
| An21    | 944.015 | 0                | 957.26   | 13.25     |
| An22    | 944.892 | 0                | 957.3    | 12.41     |
| An23    | 947.343 | 0                | 984.93   | 37.59     |
| An24    | 949.735 | 0                | 984.99   | 35.25     |
| An25    | 949.854 | 0                | 985.01   | 35.16     |
| An26    | 950.062 | 0                | 985.05   | 34.99     |
| An27    | 951.445 | 0                | 985.11   | 33.66     |
| An28    | 951.652 | 0                | 985.19   | 33.53     |
| An29    | 952.307 | 0                | 985.27   | 32.97     |
| An30    | 952.276 | 0                | 985.29   | 33.02     |
| An31    | 952.258 | 0                | 985.31   | 33.05     |
| An32    | 952.479 | 0                | 985.36   | 32.88     |
| An33    | 952.452 | 0                | 985.37   | 32.92     |
| An34    | 952.416 | 0                | 985.41   | 32.99     |
| An35    | 953.424 | 0                | 985.47   | 32.04     |
| An36    | 953.453 | 0                | 985.52   | 32.07     |
| An37    | 953.777 | 0                | 985.59   | 31.81     |

|              |         |       |         |       |
|--------------|---------|-------|---------|-------|
| <b>An38</b>  | 953.358 | 0     | 985.65  | 32.29 |
| <b>An39</b>  | 953.208 | 0     | 985.68  | 32.47 |
| <b>An40</b>  | 952.713 | 0     | 985.74  | 33.03 |
| <b>An41</b>  | 952.35  | 0     | 985.77  | 33.42 |
| <b>An42</b>  | 949.05  | 0     | 985.92  | 36.87 |
| <b>An43</b>  | 948.059 | 0     | 985.98  | 37.92 |
| <b>An44</b>  | 947.45  | 0     | 986.02  | 38.57 |
| <b>An45</b>  | 947.917 | 0     | 986.1   | 38.18 |
| <b>An46</b>  | 949.962 | 0     | 986.17  | 36.21 |
| <b>An47</b>  | 951.17  | 0     | 986.24  | 35.07 |
| <b>An48</b>  | 953.46  | 0     | 986.31  | 32.85 |
| <b>An49</b>  | 955.132 | 0     | 986.37  | 31.24 |
| <b>An50</b>  | 959.052 | 0     | 986.47  | 27.42 |
| <b>An51</b>  | 961.432 | 0     | 986.53  | 25.1  |
| <b>An52</b>  | 963.079 | 0.123 | 986.6   | 23.52 |
| <b>An53</b>  | 964.484 | 0     | 986.68  | 22.2  |
| <b>An54</b>  | 965.283 | 0     | 986.73  | 21.45 |
| <b>An55</b>  | 966.699 | 0     | 986.8   | 20.1  |
| <b>An56</b>  | 968.302 | 0     | 986.9   | 18.6  |
| <b>An57</b>  | 969.885 | 0     | 986.95  | 17.07 |
| <b>An58</b>  | 972.048 | 0     | 987.02  | 14.97 |
| <b>An59</b>  | 977.161 | 0     | 1022.51 | 45.34 |
| <b>An60</b>  | 978.851 | 0     | 1022.55 | 43.7  |
| <b>An61</b>  | 979.882 | 0     | 1022.62 | 42.74 |
| <b>An62</b>  | 981.55  | 0     | 1022.72 | 41.17 |
| <b>An63</b>  | 985.754 | 0     | 1022.92 | 37.16 |
| <b>An64</b>  | 988.413 | 0     | 1023.12 | 34.71 |
| <b>An65</b>  | 991.214 | 0     | 1023.24 | 32.02 |
| <b>An66</b>  | 992.083 | 0     | 1023.32 | 31.24 |
| <b>Bn115</b> | 992.025 | 0     | 1023.31 | 31.29 |
| <b>Bn116</b> | 992.582 | 0     | 1023.31 | 30.73 |
| <b>Bn117</b> | 993.196 | 0.205 | 1023.3  | 30.1  |
| <b>Cn104</b> | 953.592 | 0.061 | 985.65  | 32.06 |
| <b>Cn105</b> | 954.242 | 0     | 985.64  | 31.4  |
| <b>Cn106</b> | 955.937 | 0     | 985.63  | 29.69 |
| <b>Cn107</b> | 956.88  | 0     | 985.63  | 28.75 |
| <b>Cn108</b> | 959.376 | 0     | 985.62  | 26.24 |
| <b>Cn109</b> | 959.893 | 0     | 985.62  | 25.72 |
| <b>Cn110</b> | 960.363 | 0     | 985.61  | 25.25 |
| <b>Cn111</b> | 961.732 | 0     | 985.61  | 23.88 |

|              |         |       |        |       |
|--------------|---------|-------|--------|-------|
| <b>Cn112</b> | 964.889 | 0     | 985.6  | 20.71 |
| <b>Cn113</b> | 968.419 | 0     | 985.59 | 17.17 |
| <b>Cn114</b> | 970.781 | 0.143 | 985.59 | 14.8  |
| <b>Dn67</b>  | 928.688 | 0     | 956.49 | 27.8  |
| <b>Dn68</b>  | 928.736 | 0     | 956.38 | 27.65 |
| <b>Dn69</b>  | 929.525 | 0     | 956.33 | 26.81 |
| <b>Dn70</b>  | 928.866 | 0     | 956.28 | 27.42 |
| <b>Dn71</b>  | 928.74  | 0     | 956.23 | 27.49 |
| <b>Dn72</b>  | 928.667 | 0     | 956.23 | 27.56 |
| <b>Dn73</b>  | 928.475 | 0     | 956.22 | 27.75 |
| <b>Dn74</b>  | 928.188 | 0     | 956.22 | 28.03 |
| <b>Dn75</b>  | 926.912 | 0     | 956.22 | 29.31 |
| <b>Dn76</b>  | 926.262 | 0     | 956.21 | 29.95 |
| <b>Dn77</b>  | 925.888 | 0.143 | 956.21 | 30.32 |
| <b>En78</b>  | 928.96  | 0     | 956.21 | 27.25 |
| <b>En79</b>  | 928.276 | 0     | 956.2  | 27.92 |
| <b>En80</b>  | 926.688 | 0.246 | 956.19 | 29.5  |

***Fuente: Elaboración propia***

**Tabla 41 "Presiones sin demanda"**

| ID Nudo | Cota m  | Demanda Base L/s | Altura m | Presión m |
|---------|---------|------------------|----------|-----------|
| An1     | 924.858 | 0                | 957.34   | 32.49     |
| An2     | 927.706 | 0                | 957.34   | 29.64     |
| An3     | 928.647 | 0                | 957.34   | 28.7      |
| An4     | 929.306 | 0                | 957.34   | 28.04     |
| An5     | 929.799 | 0                | 957.34   | 27.54     |
| An6     | 930.725 | 0                | 957.34   | 26.62     |
| An7     | 932.709 | 0                | 957.34   | 24.63     |
| An8     | 934.057 | 0                | 957.34   | 23.29     |
| An9     | 934.557 | 0                | 957.34   | 22.79     |
| An10    | 936.446 | 0                | 957.34   | 20.9      |
| An11    | 937.205 | 0                | 957.34   | 20.14     |
| An12    | 936.573 | 0                | 957.34   | 20.77     |
| An13    | 937.79  | 0                | 957.34   | 19.55     |
| An14    | 938.638 | 0                | 957.34   | 18.71     |
| An15    | 938.933 | 0                | 957.34   | 18.41     |
| An16    | 940.606 | 0                | 957.34   | 16.74     |
| An17    | 941.329 | 0                | 957.34   | 16.01     |
| An18    | 941.755 | 0                | 957.34   | 15.59     |
| An19    | 943.365 | 0                | 957.34   | 13.98     |
| An20    | 943.84  | 0                | 957.34   | 13.5      |
| An21    | 944.015 | 0                | 957.34   | 13.33     |
| An22    | 944.892 | 0                | 957.34   | 12.45     |
| An23    | 947.343 | 0                | 987.16   | 39.82     |
| An24    | 949.735 | 0                | 987.16   | 37.43     |
| An25    | 949.854 | 0                | 987.16   | 37.31     |
| An26    | 950.062 | 0                | 987.16   | 37.1      |
| An27    | 951.445 | 0                | 987.16   | 35.72     |
| An28    | 951.652 | 0                | 987.16   | 35.51     |
| An29    | 952.307 | 0                | 987.16   | 34.85     |
| An30    | 952.276 | 0                | 987.16   | 34.89     |
| An31    | 952.258 | 0                | 987.16   | 34.9      |
| An32    | 952.479 | 0                | 987.16   | 34.68     |
| An33    | 952.452 | 0                | 987.16   | 34.71     |
| An34    | 952.416 | 0                | 987.16   | 34.75     |
| An35    | 953.424 | 0                | 987.16   | 33.74     |
| An36    | 953.453 | 0                | 987.16   | 33.71     |
| An37    | 953.777 | 0                | 987.16   | 33.38     |

|       |         |   |         |       |
|-------|---------|---|---------|-------|
| An38  | 953.358 | 0 | 987.16  | 33.8  |
| An39  | 953.208 | 0 | 987.16  | 33.95 |
| An40  | 952.713 | 0 | 987.16  | 34.45 |
| An41  | 952.35  | 0 | 987.16  | 34.81 |
| An42  | 949.05  | 0 | 987.16  | 38.11 |
| An43  | 948.059 | 0 | 987.16  | 39.1  |
| An44  | 947.45  | 0 | 987.16  | 39.71 |
| An45  | 947.917 | 0 | 987.16  | 39.24 |
| An46  | 949.962 | 0 | 987.16  | 37.2  |
| An47  | 951.17  | 0 | 987.16  | 35.99 |
| An48  | 953.46  | 0 | 987.16  | 33.7  |
| An49  | 955.132 | 0 | 987.16  | 32.03 |
| An50  | 959.052 | 0 | 987.16  | 28.11 |
| An51  | 961.432 | 0 | 987.16  | 25.73 |
| An52  | 963.079 | 0 | 987.16  | 24.08 |
| An53  | 964.484 | 0 | 987.16  | 22.68 |
| An54  | 965.283 | 0 | 987.16  | 21.88 |
| An55  | 966.699 | 0 | 987.16  | 20.46 |
| An56  | 968.302 | 0 | 987.16  | 18.86 |
| An57  | 969.885 | 0 | 987.16  | 17.28 |
| An58  | 972.048 | 0 | 987.16  | 15.11 |
| An59  | 977.161 | 0 | 1024.16 | 46.99 |
| An60  | 978.851 | 0 | 1024.16 | 45.3  |
| An61  | 979.882 | 0 | 1024.16 | 44.27 |
| An62  | 981.55  | 0 | 1024.16 | 42.61 |
| An63  | 985.754 | 0 | 1024.16 | 38.4  |
| An64  | 988.413 | 0 | 1024.16 | 35.74 |
| An65  | 991.214 | 0 | 1024.16 | 32.94 |
| An66  | 992.083 | 0 | 1024.16 | 32.07 |
| Bn115 | 992.025 | 0 | 1024.16 | 32.13 |
| Bn116 | 992.582 | 0 | 1024.16 | 31.57 |
| Bn117 | 993.196 | 0 | 1024.16 | 30.96 |
| Cn104 | 953.592 | 0 | 987.16  | 33.57 |
| Cn105 | 954.242 | 0 | 987.16  | 32.92 |
| Cn106 | 955.937 | 0 | 987.16  | 31.22 |
| Cn107 | 956.88  | 0 | 987.16  | 30.28 |
| Cn108 | 959.376 | 0 | 987.16  | 27.79 |
| Cn109 | 959.893 | 0 | 987.16  | 27.27 |
| Cn110 | 960.363 | 0 | 987.16  | 26.8  |
| Cn111 | 961.732 | 0 | 987.16  | 25.43 |

|       |         |   |        |       |
|-------|---------|---|--------|-------|
| Cn112 | 964.889 | 0 | 987.16 | 22.27 |
| Cn113 | 968.419 | 0 | 987.16 | 18.74 |
| Cn114 | 970.781 | 0 | 987.16 | 16.38 |
| Dn67  | 928.688 | 0 | 957.34 | 28.66 |
| Dn68  | 928.736 | 0 | 957.34 | 28.61 |
| Dn69  | 929.525 | 0 | 957.34 | 27.82 |
| Dn70  | 928.866 | 0 | 957.34 | 28.48 |
| Dn71  | 928.74  | 0 | 957.34 | 28.6  |
| Dn72  | 928.667 | 0 | 957.34 | 28.68 |
| Dn73  | 928.475 | 0 | 957.34 | 28.87 |
| Dn74  | 928.188 | 0 | 957.34 | 29.16 |
| Dn75  | 926.912 | 0 | 957.34 | 30.43 |
| Dn76  | 926.262 | 0 | 957.34 | 31.08 |
| Dn77  | 925.888 | 0 | 957.34 | 31.46 |
| En78  | 928.96  | 0 | 957.34 | 28.38 |
| En79  | 928.276 | 0 | 957.34 | 29.07 |
| En80  | 926.688 | 0 | 957.34 | 30.66 |

***Fuente: Elaboración propia***

Ilustración 39 "Presiones y velocidades de línea de conducción por bombeo"

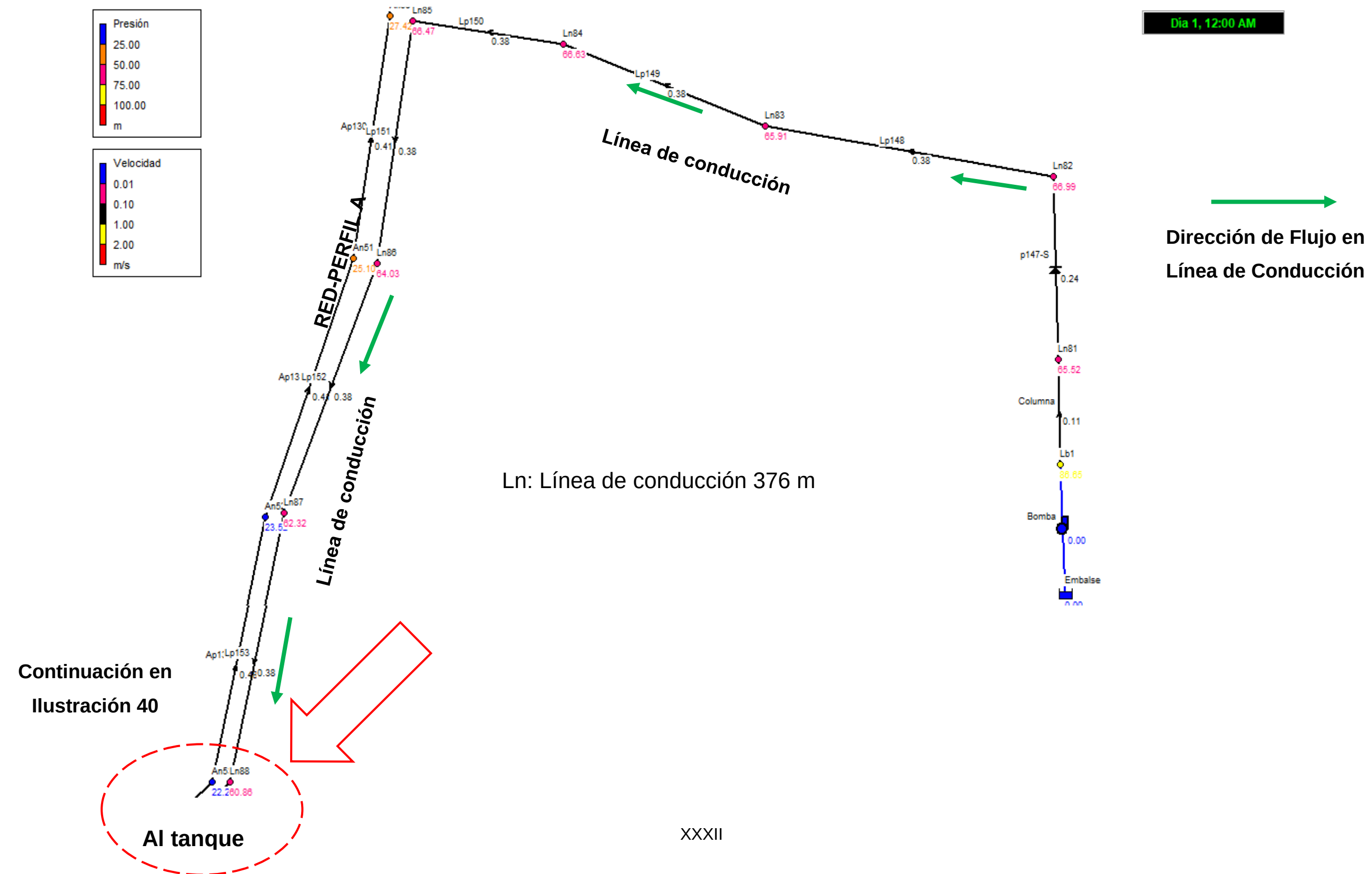


Ilustración 40 “Presiones y velocidades de línea de conducción por bombeo”

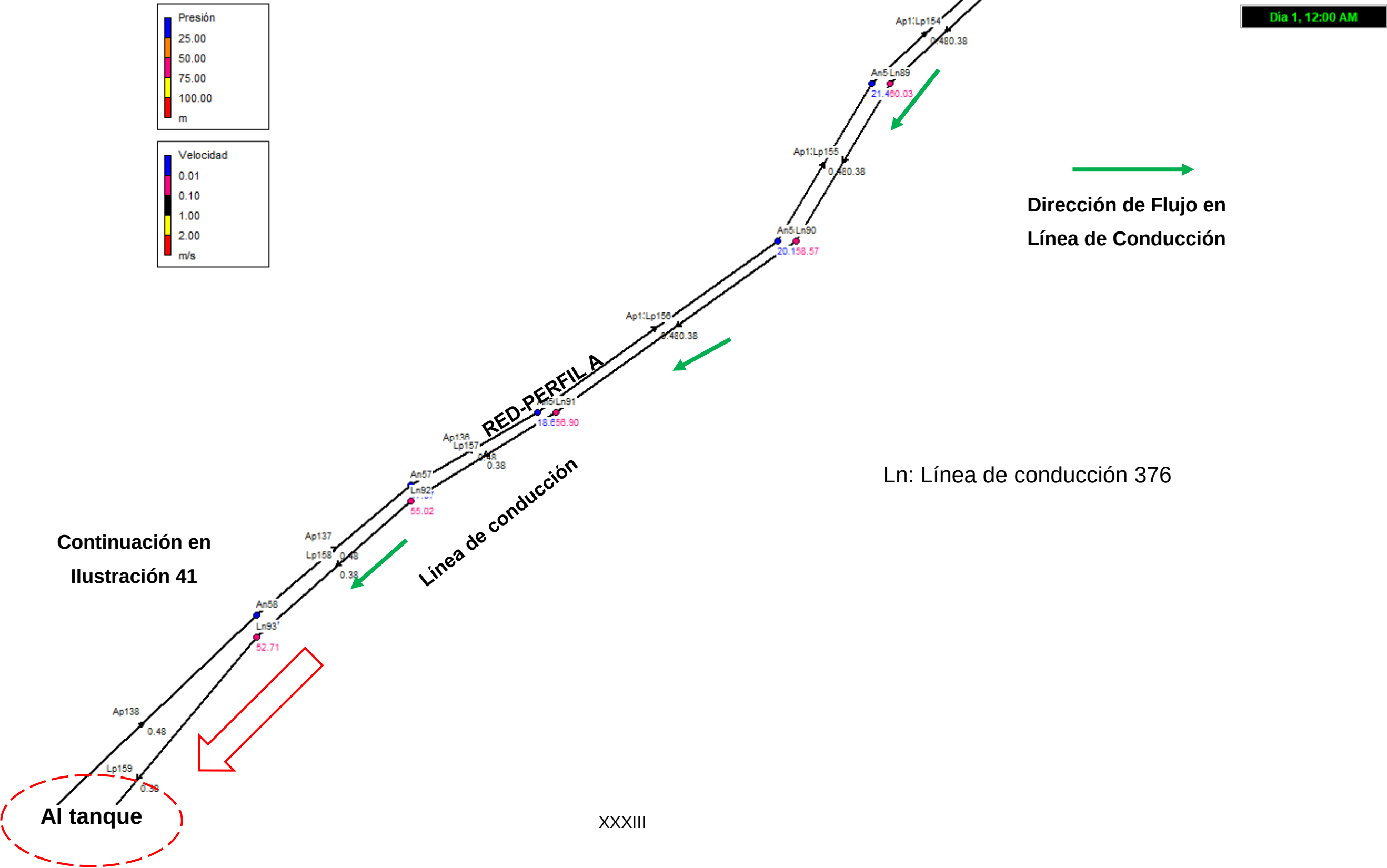


Ilustración 41 “Presiones y velocidades de línea de conducción por bombeo”

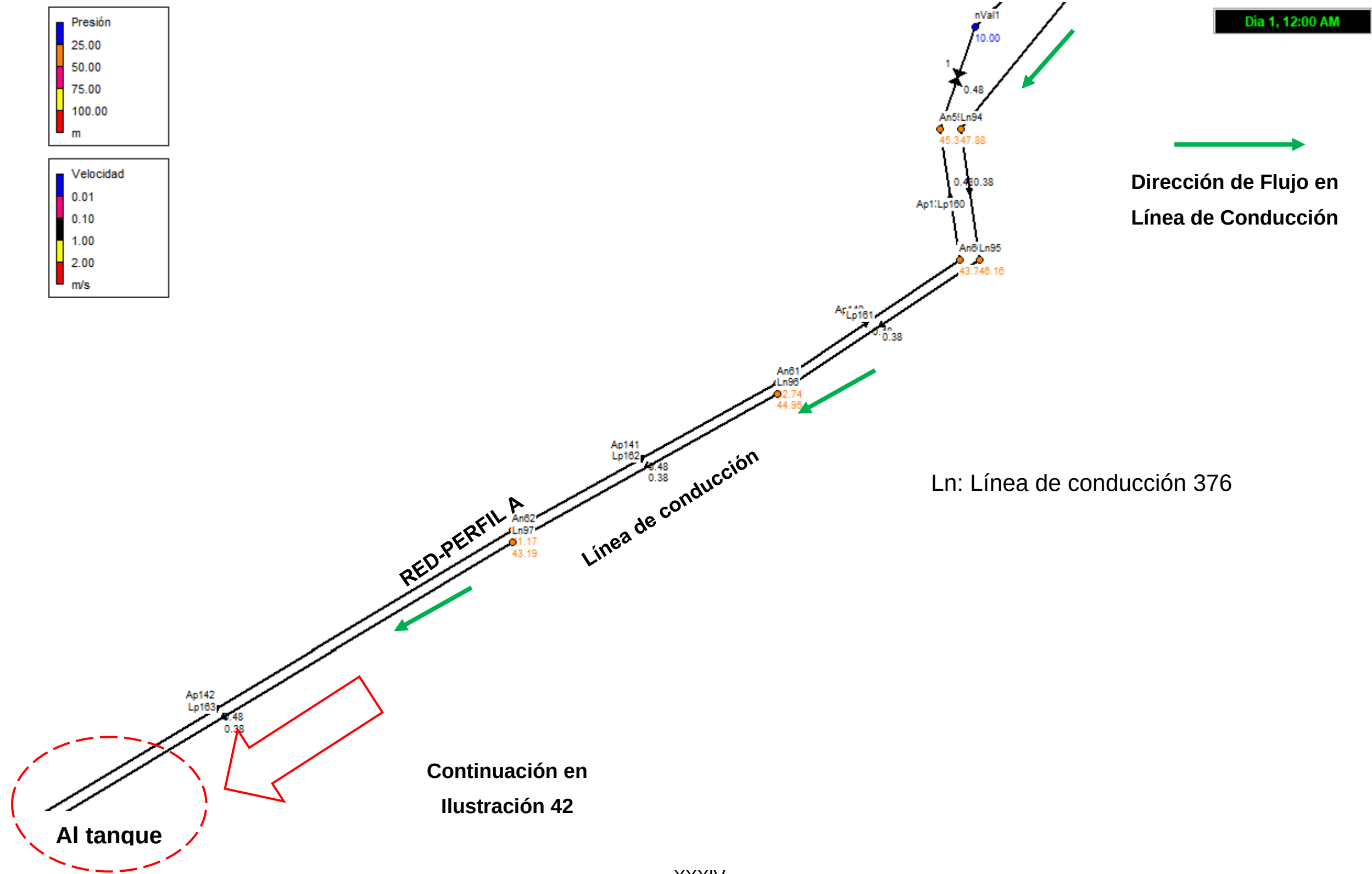


Ilustración 42 “Presiones y velocidades de línea de conducción por bombeo”

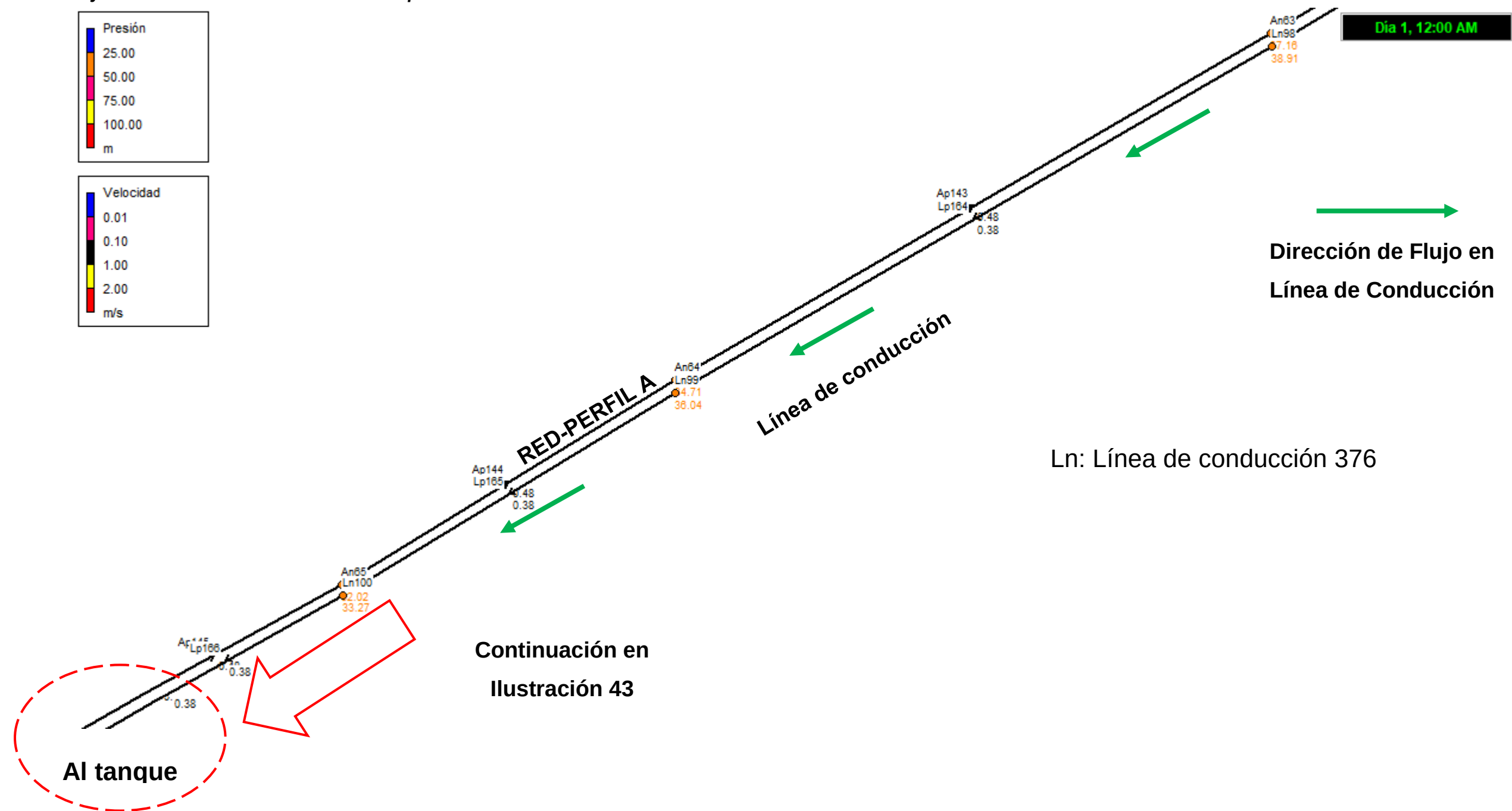


Ilustración 43 “Presiones y velocidades de línea de conducción por bombeo”

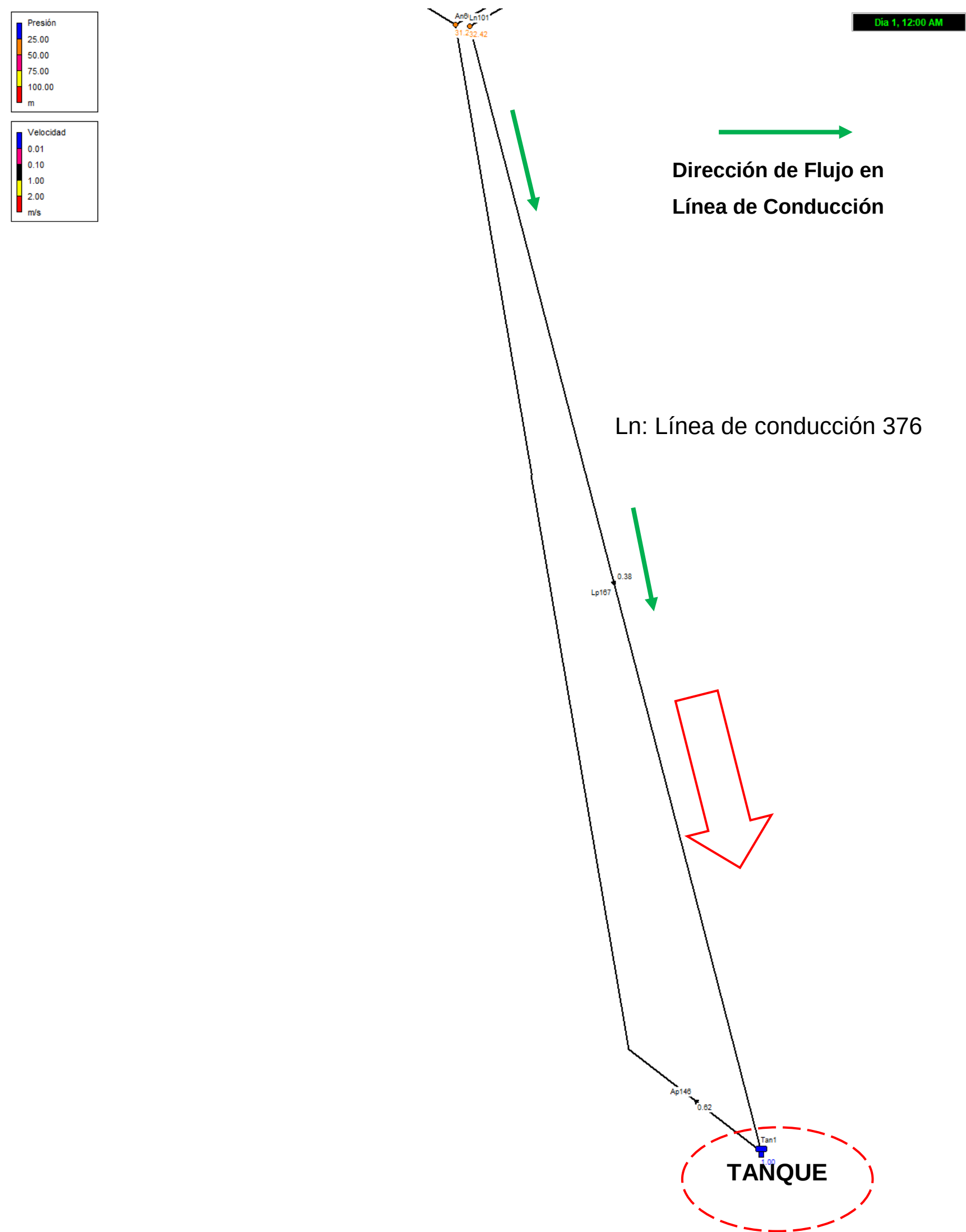


Ilustración 44 "Presiones y velocidades del perfil A"

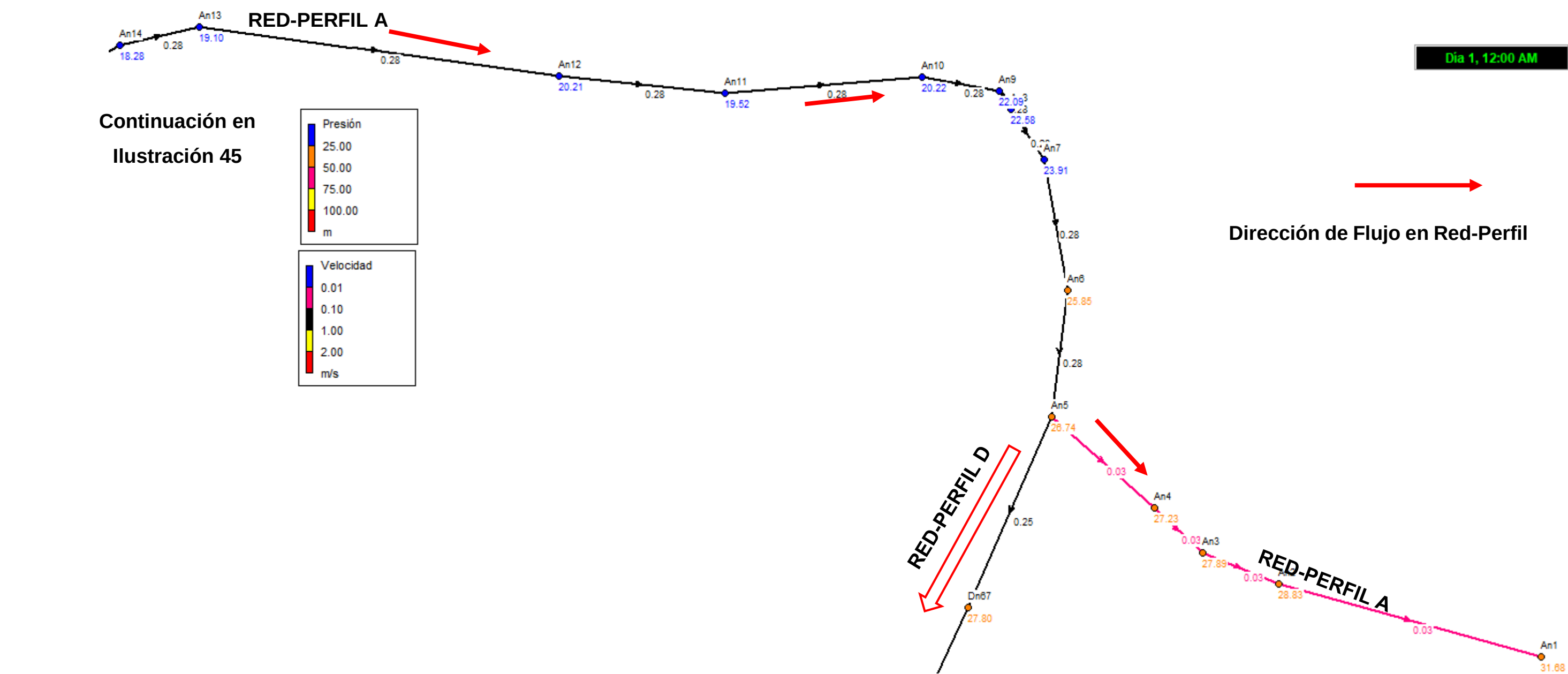


Ilustración 45 "Presiones y velocidades del perfil A"

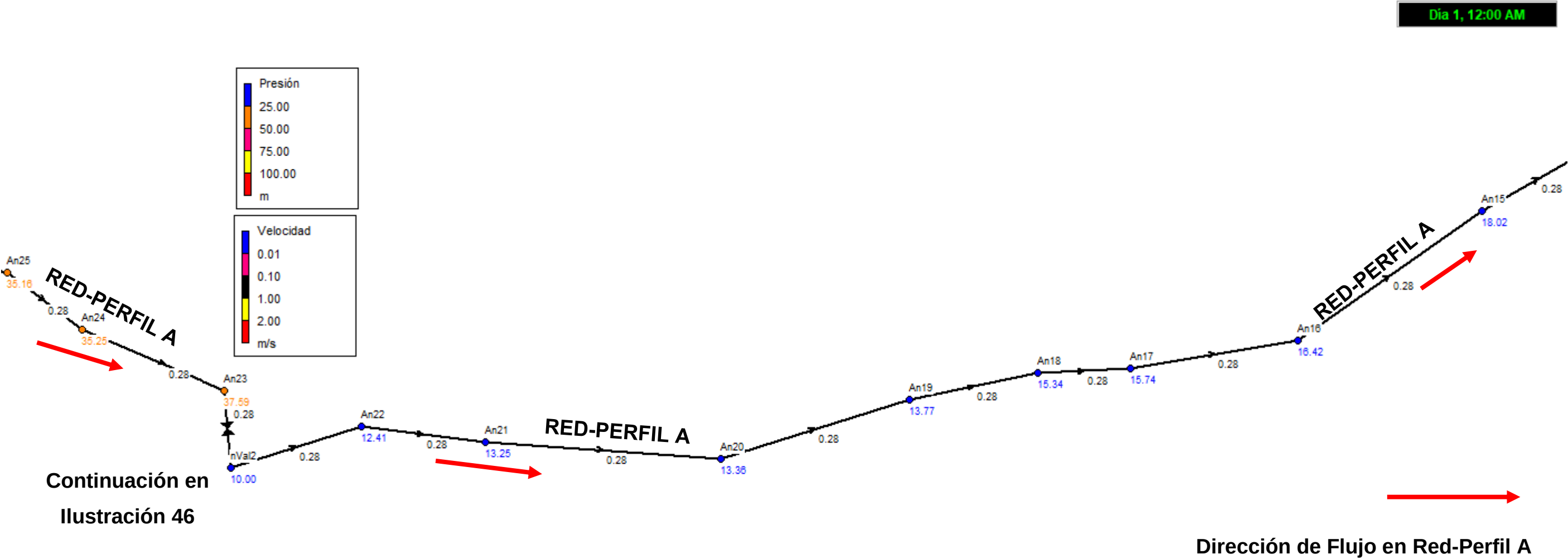


Ilustración 46 "Presiones y velocidades del perfil A"

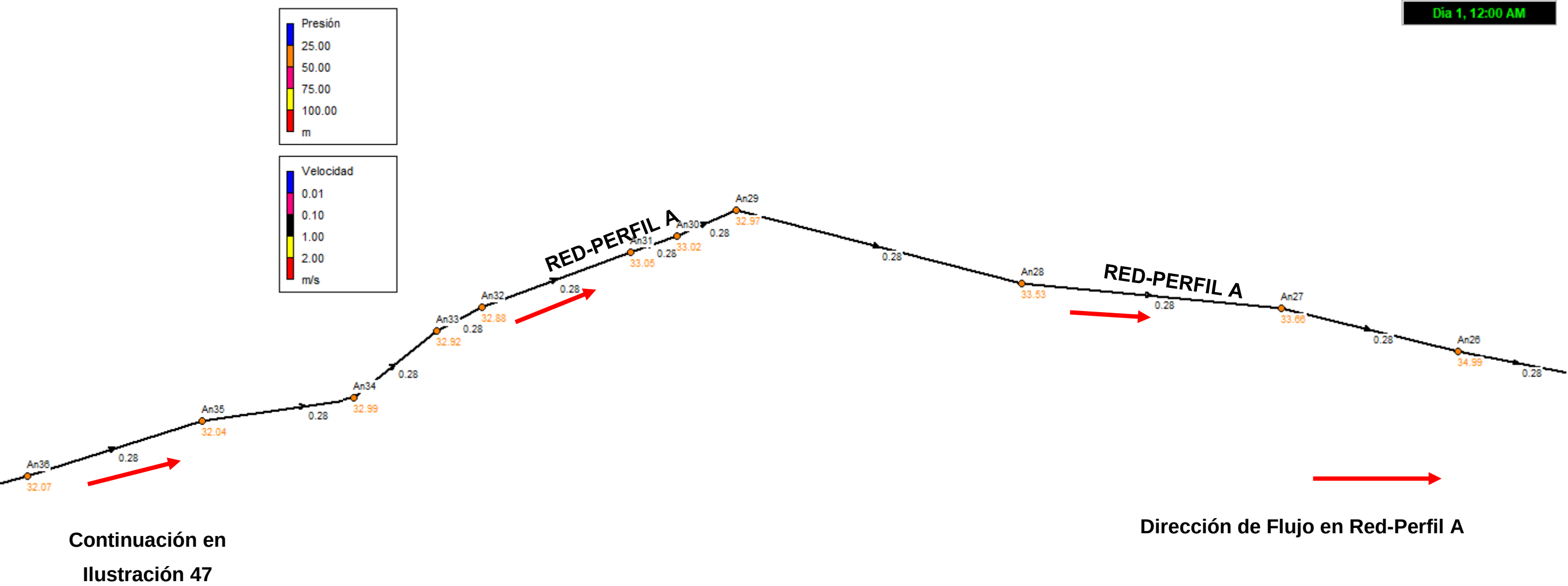


Ilustración 47 "Presiones y velocidades del perfil A"

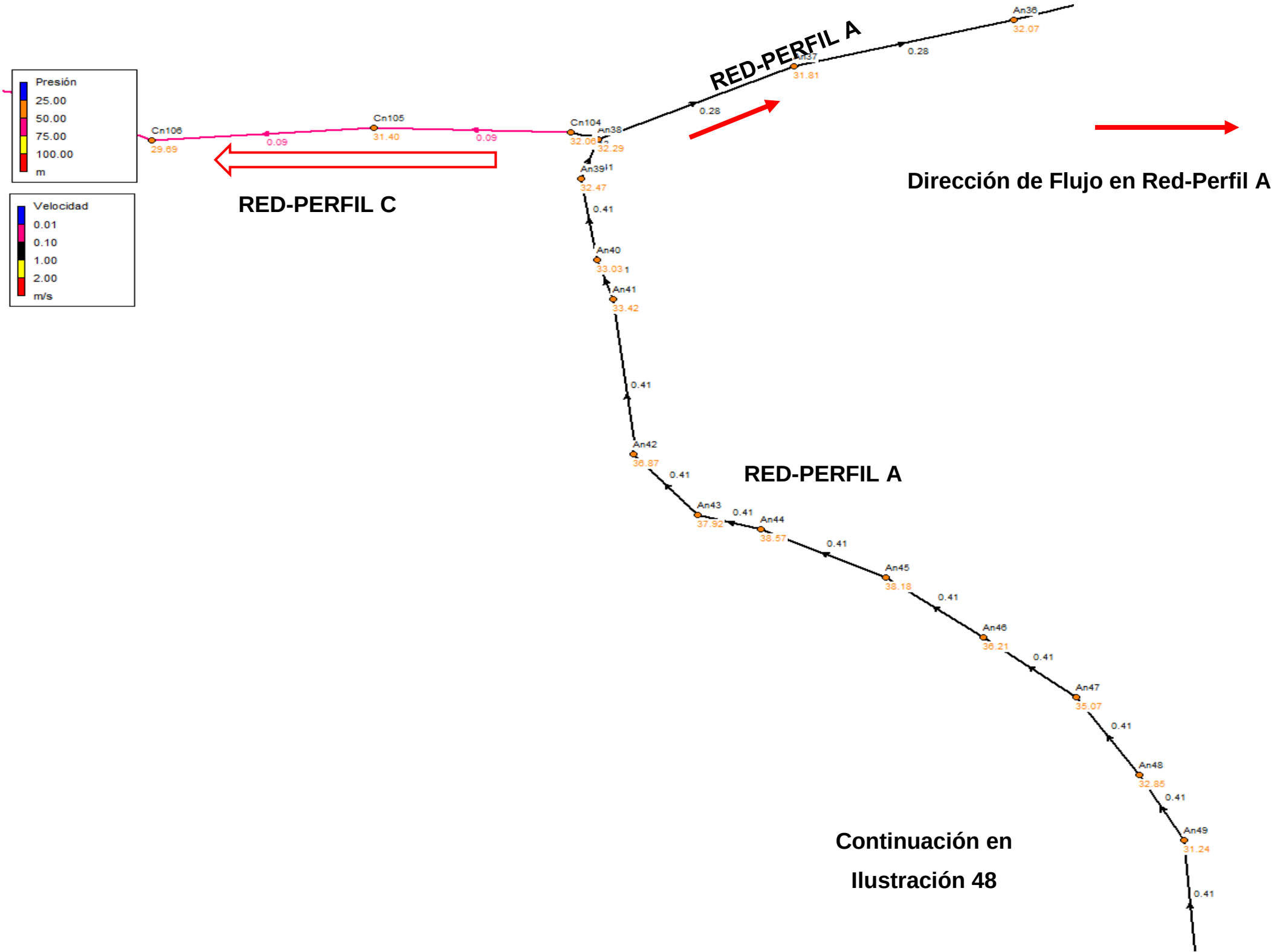
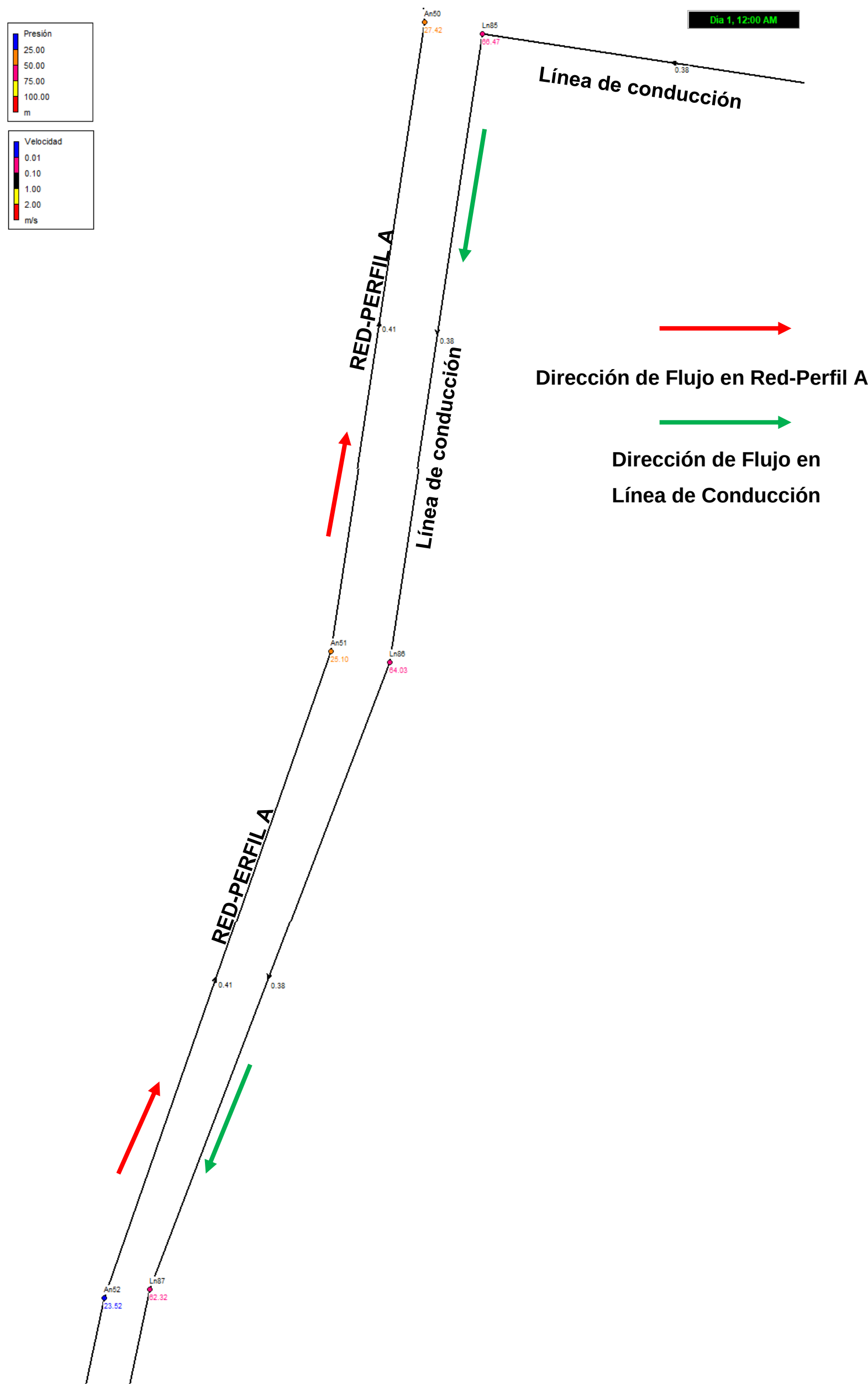


Ilustración 48 "Presiones y velocidades del perfil A"



Continuación en  
Ilustración 49

Ilustración 49 "Presiones y velocidades del perfil A"

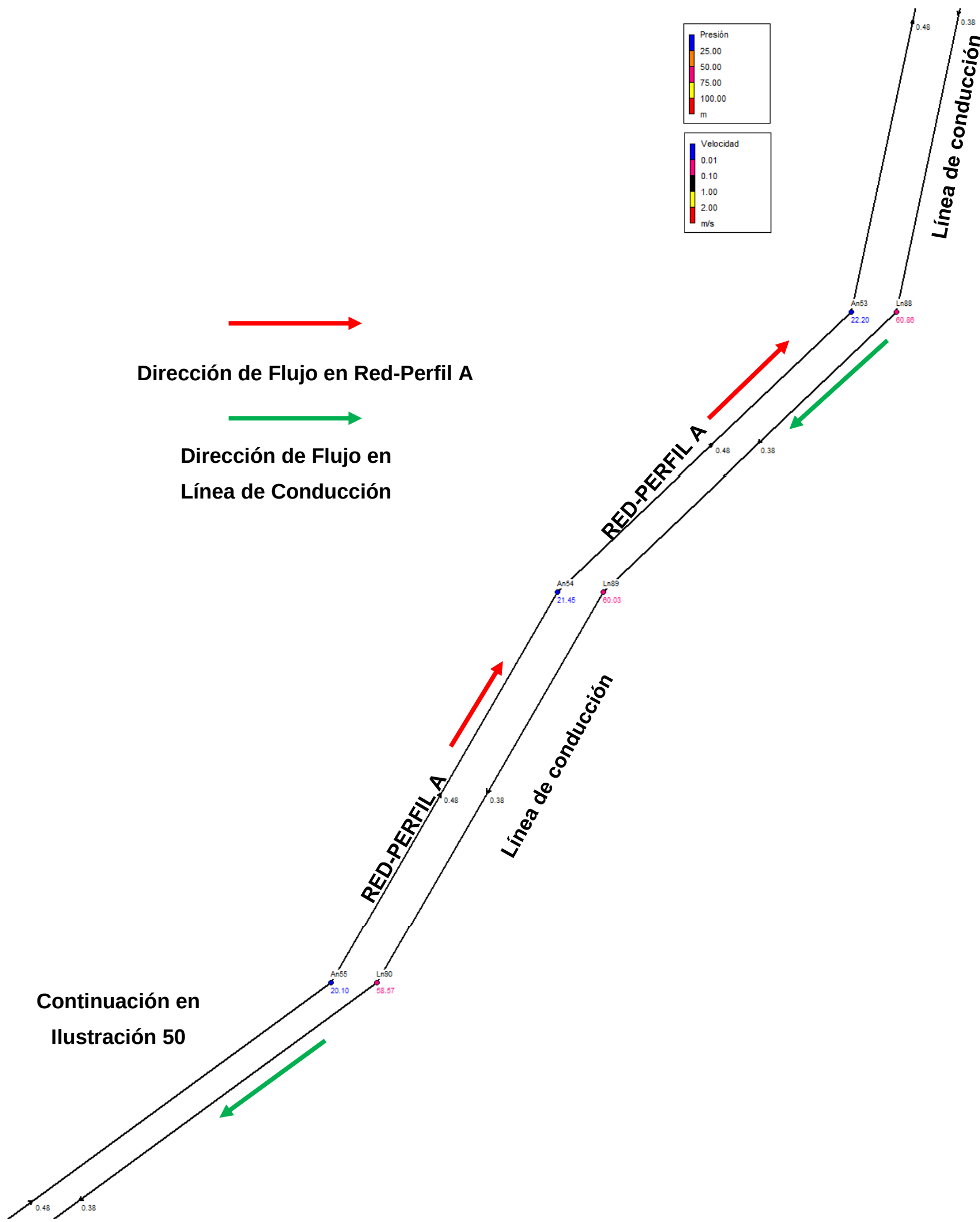


Ilustración 50 "Presiones y velocidades del perfil A"

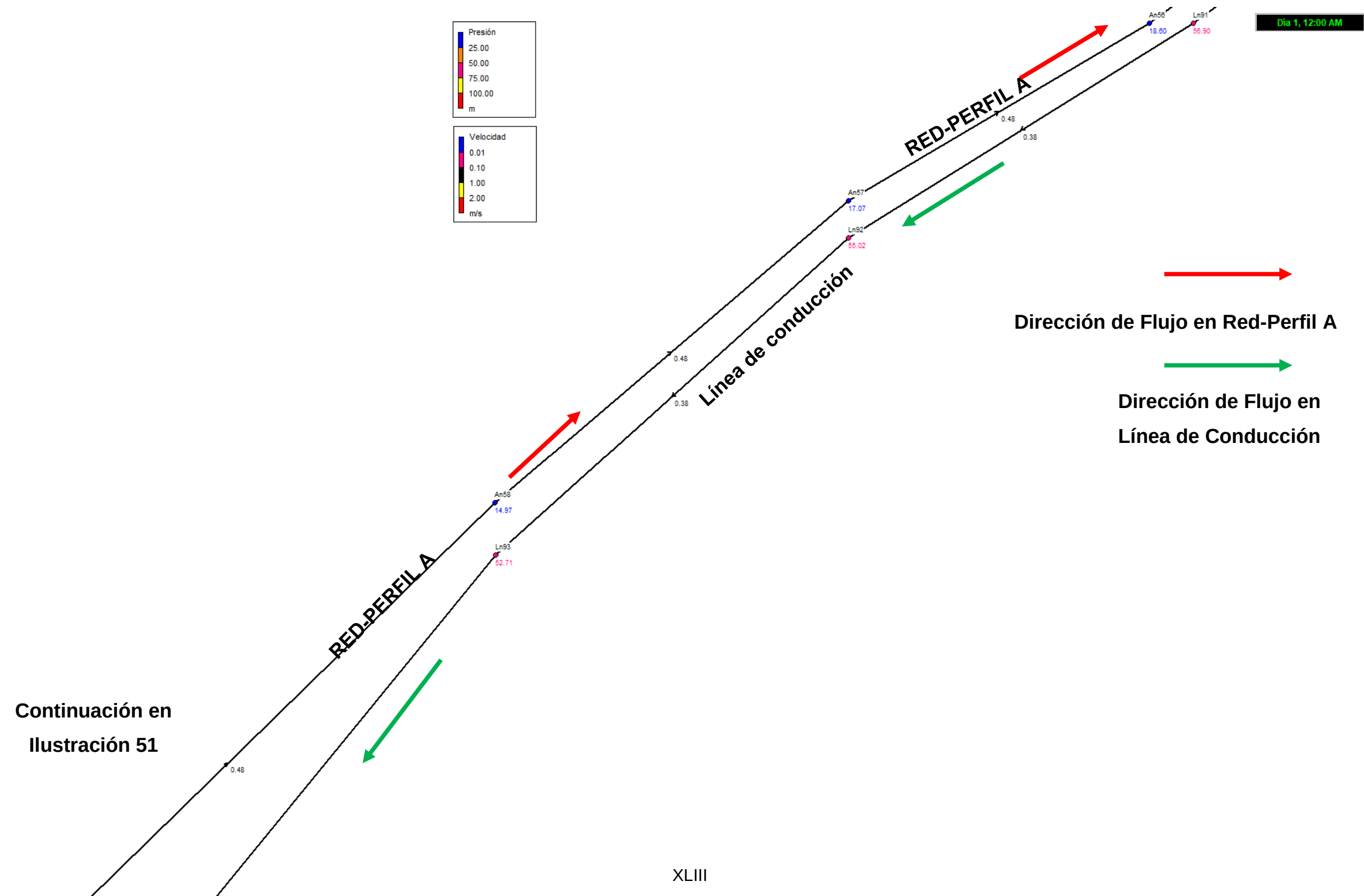


Ilustración 51 "Presiones y velocidades del perfil A"

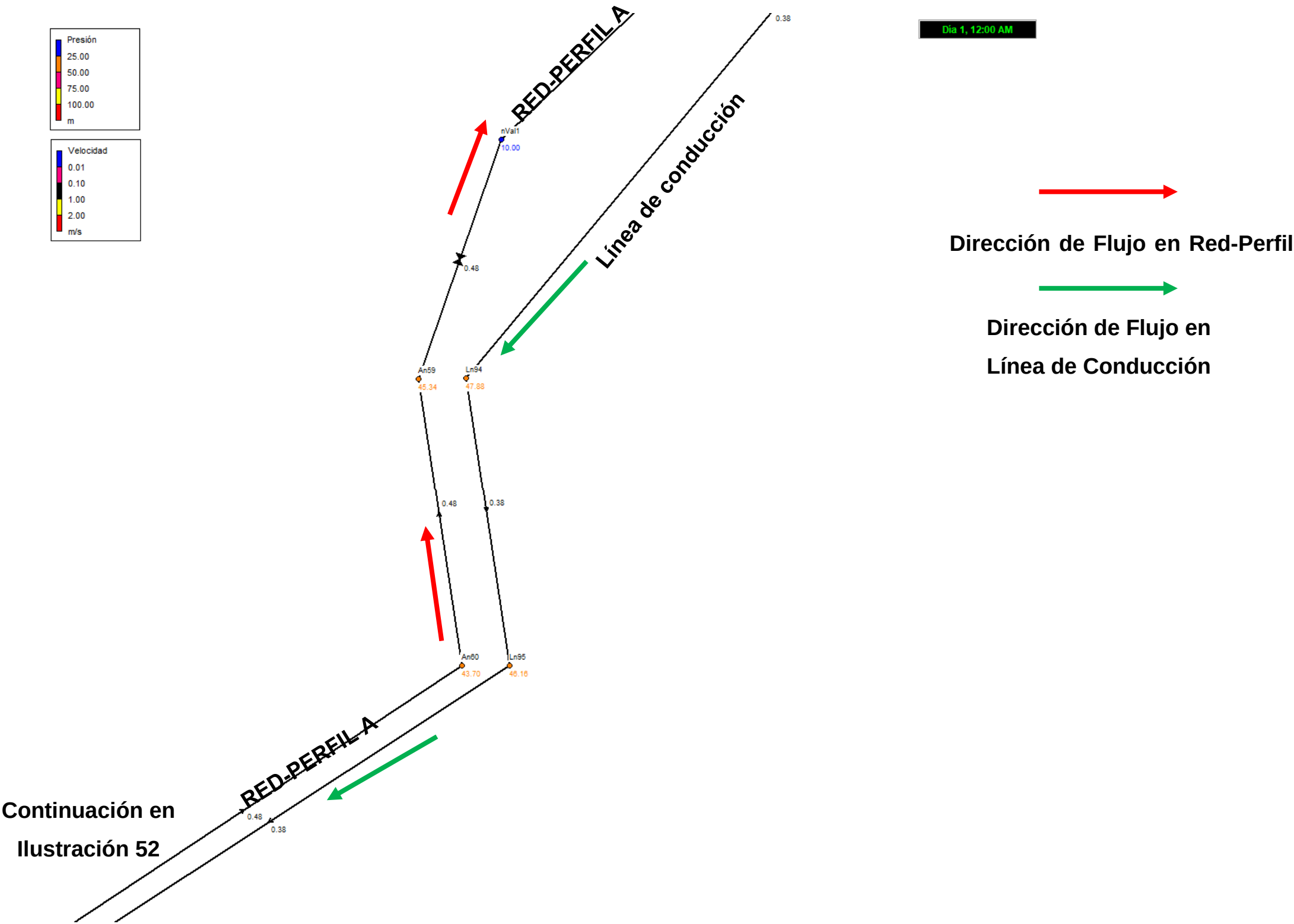


Ilustración 52 "Presiones y velocidades del perfil A"

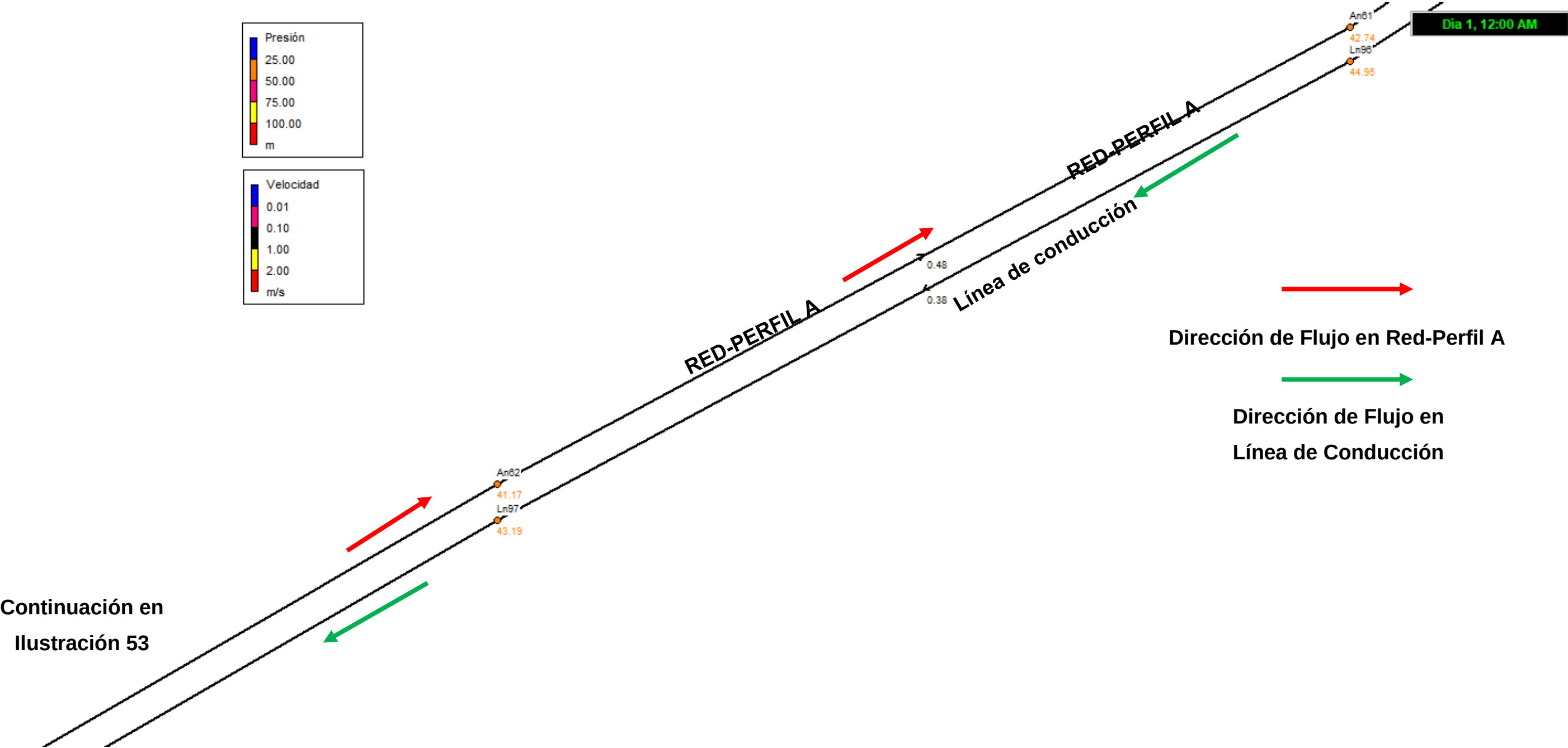


Ilustración 53 "Presiones y velocidades del perfil A"

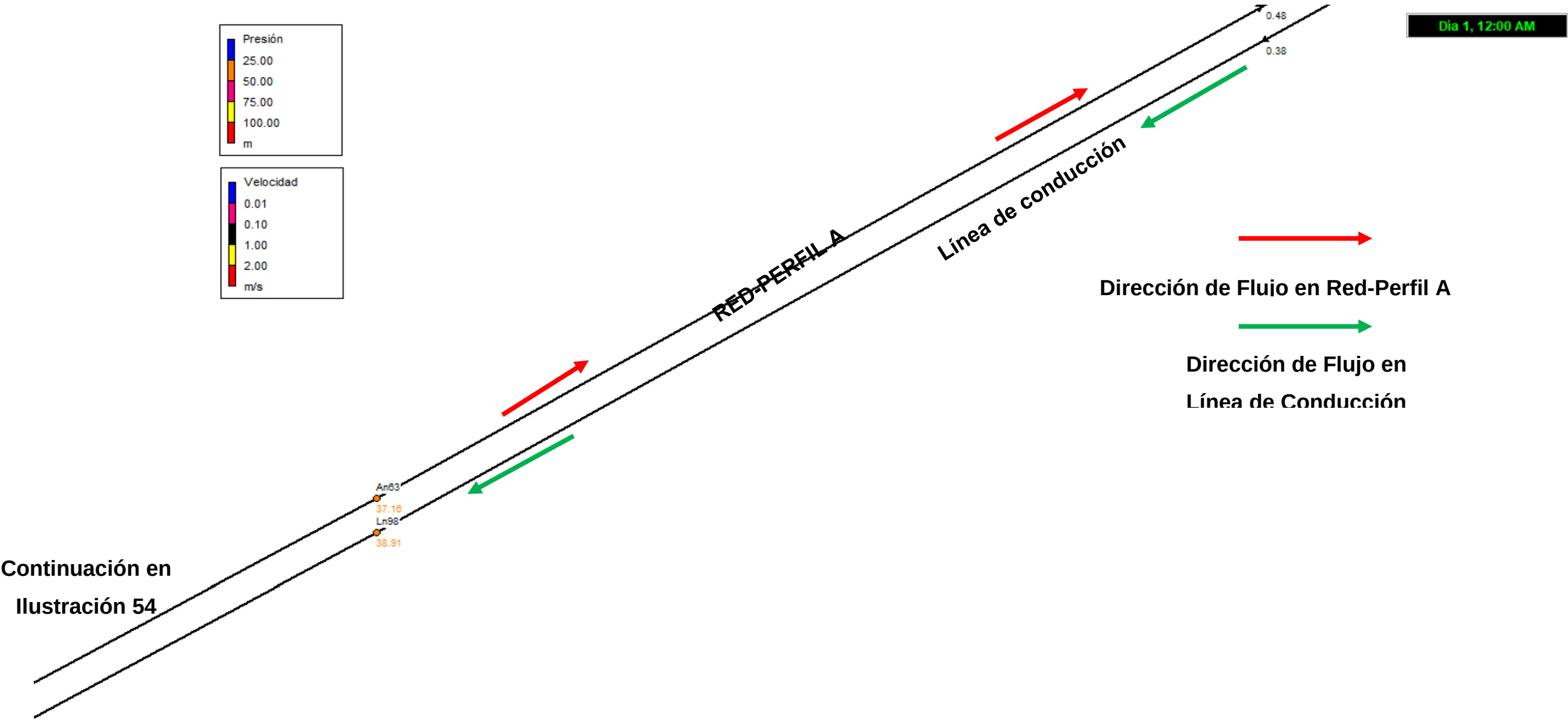


Ilustración 54 "Presiones y velocidades del perfil A"

Día 1, 12:00 AM

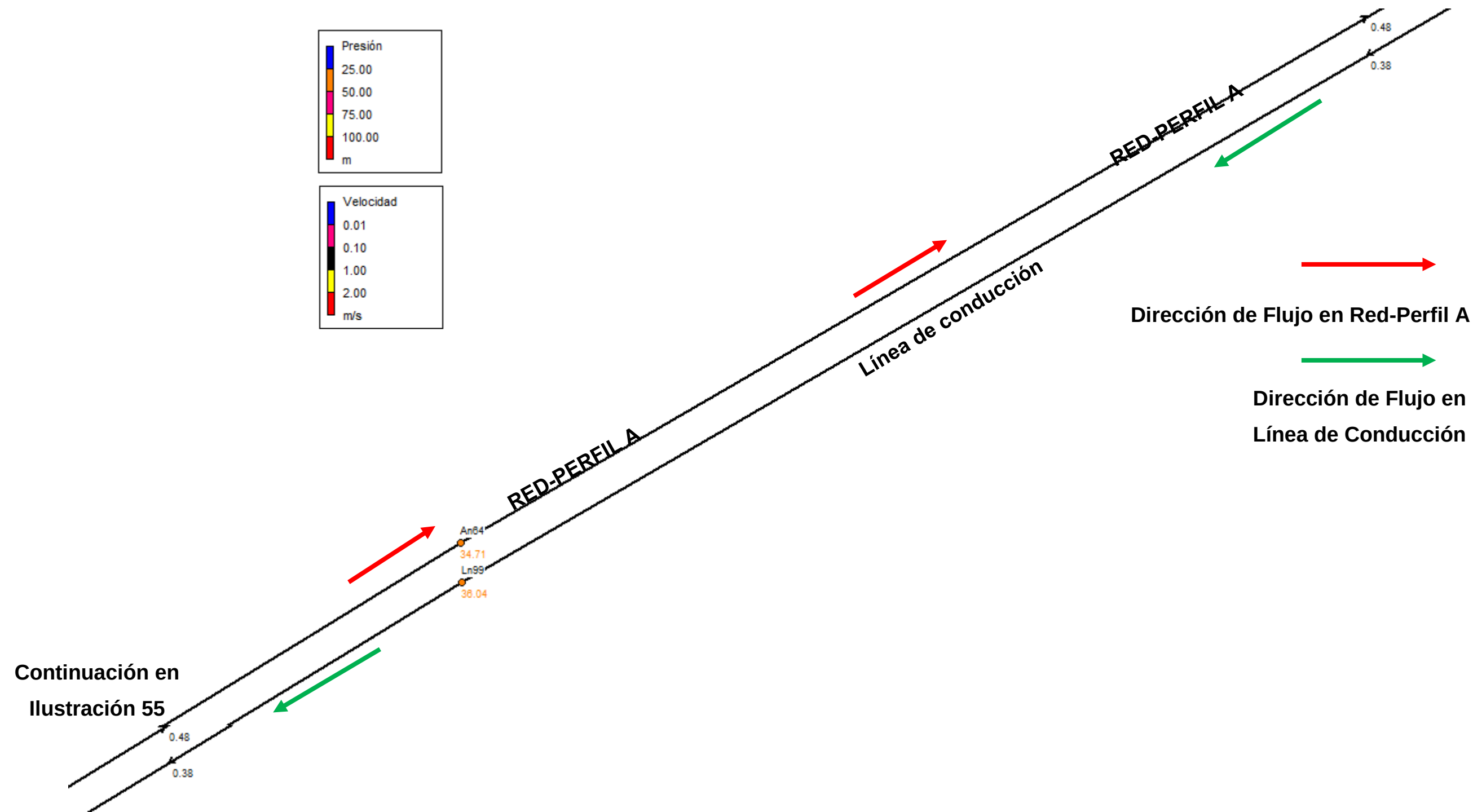


Ilustración 55 "Presiones y velocidades del perfil A"

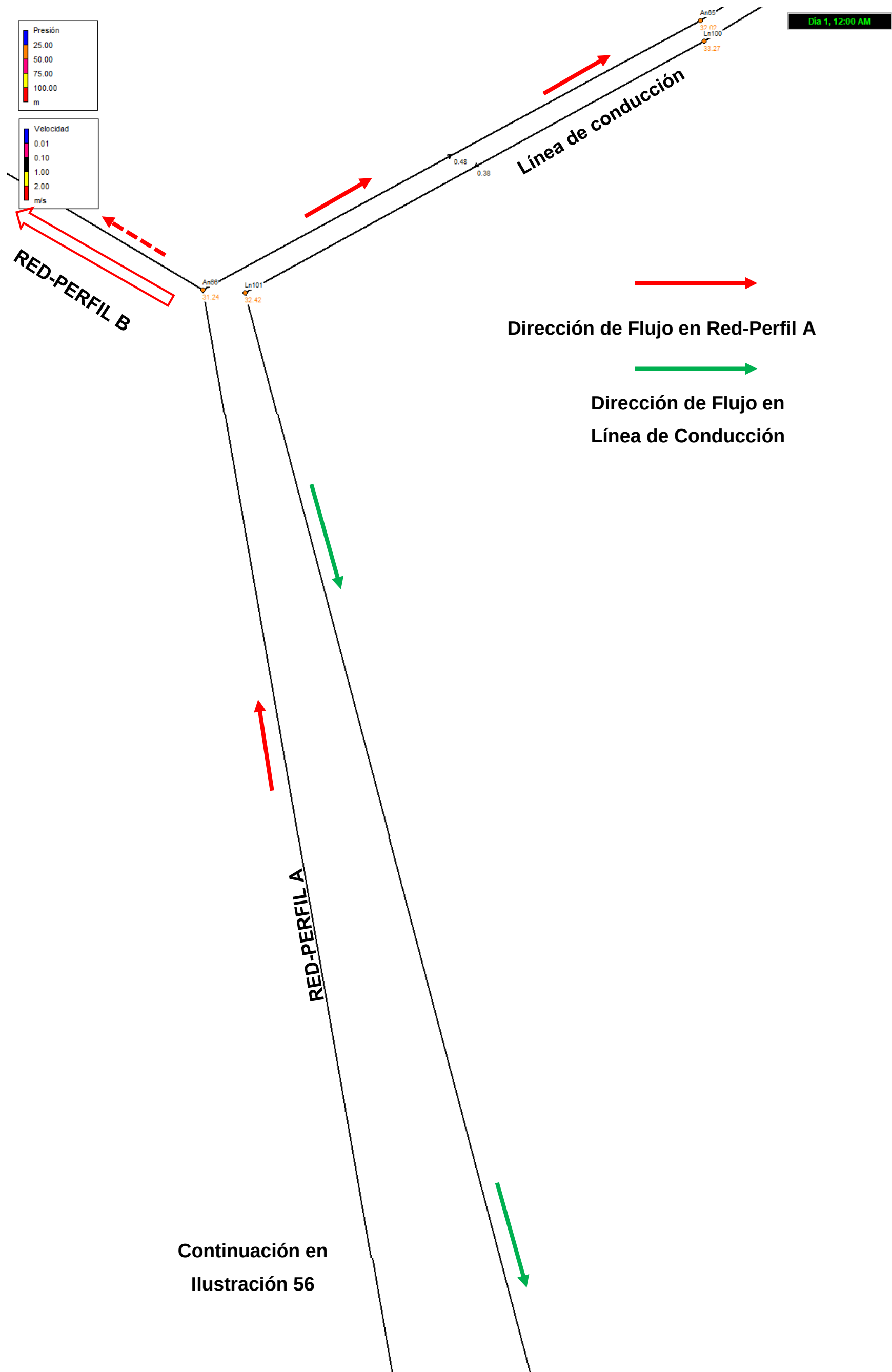
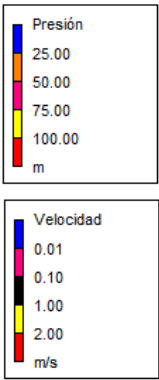


Ilustración 56 "Presiones y velocidades del perfil A"



Día 1, 12:00 AM

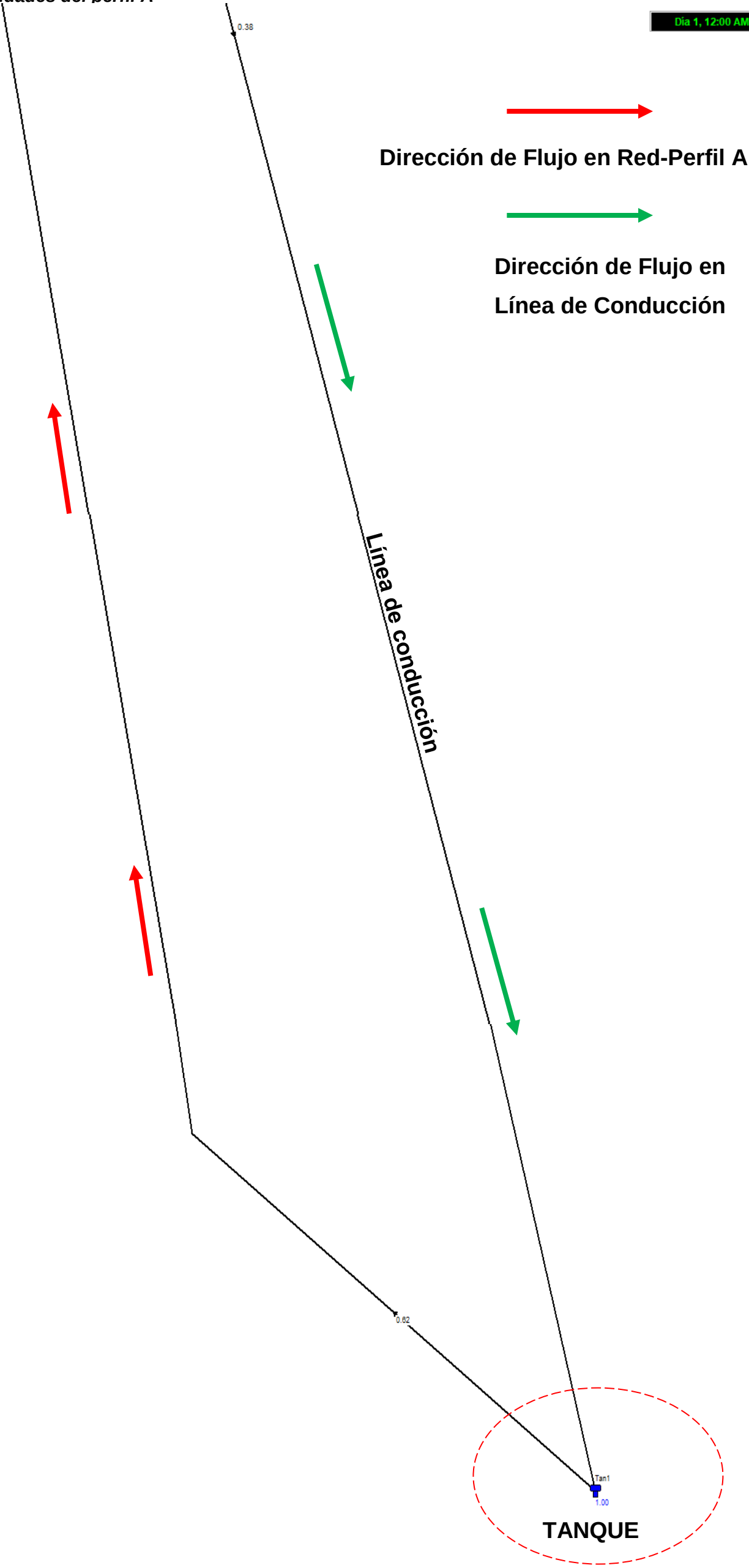


Ilustración 57 "Presiones y velocidades del perfil B"

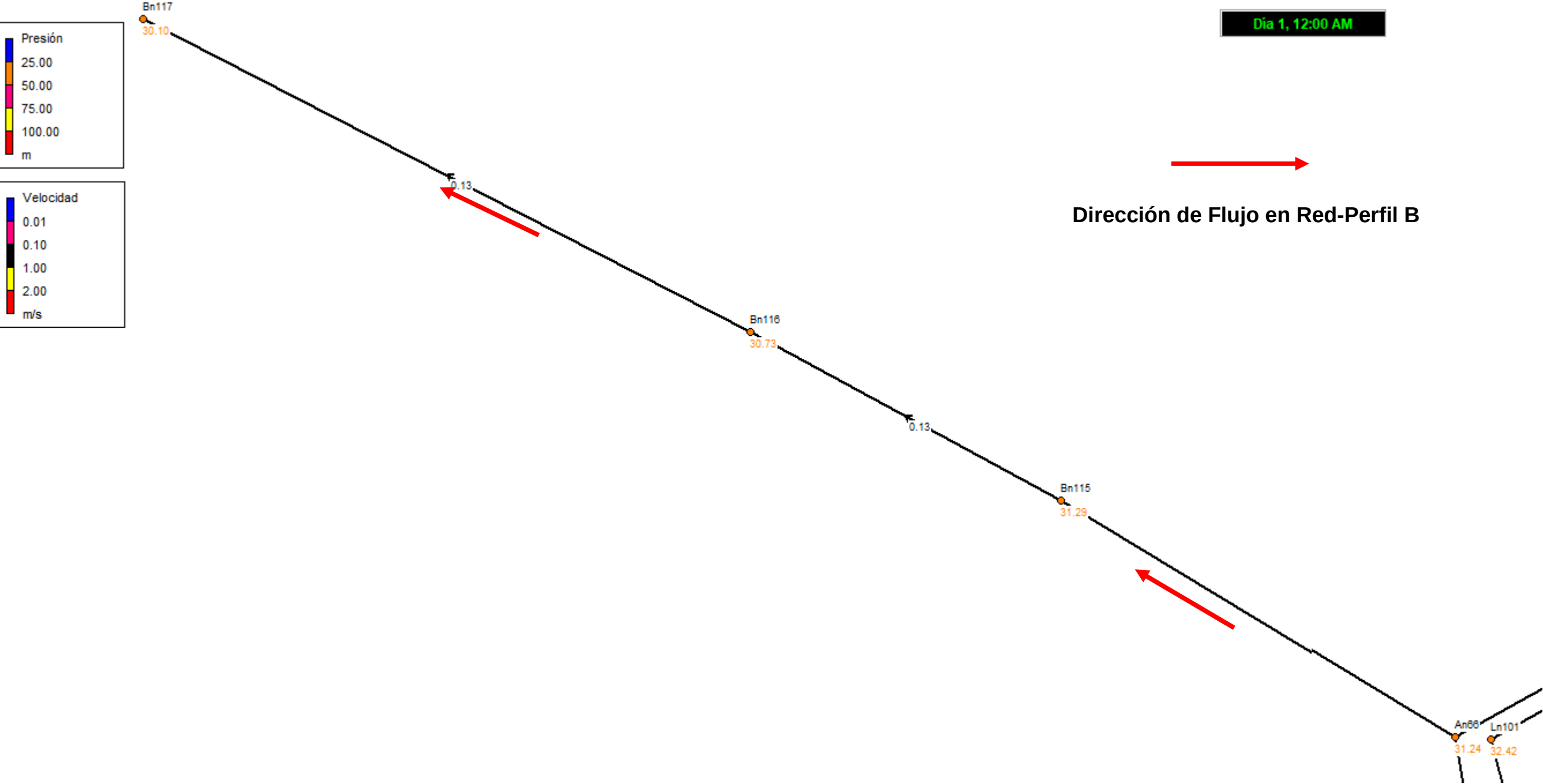
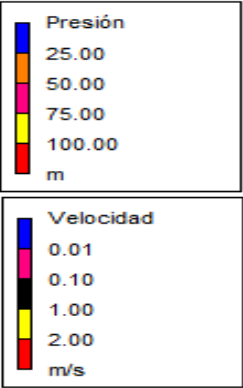


Ilustración 58 "Presiones y velocidades del perfil C"

Día 1, 12:00 AM



Dirección de Flujo en Red-Perfil C

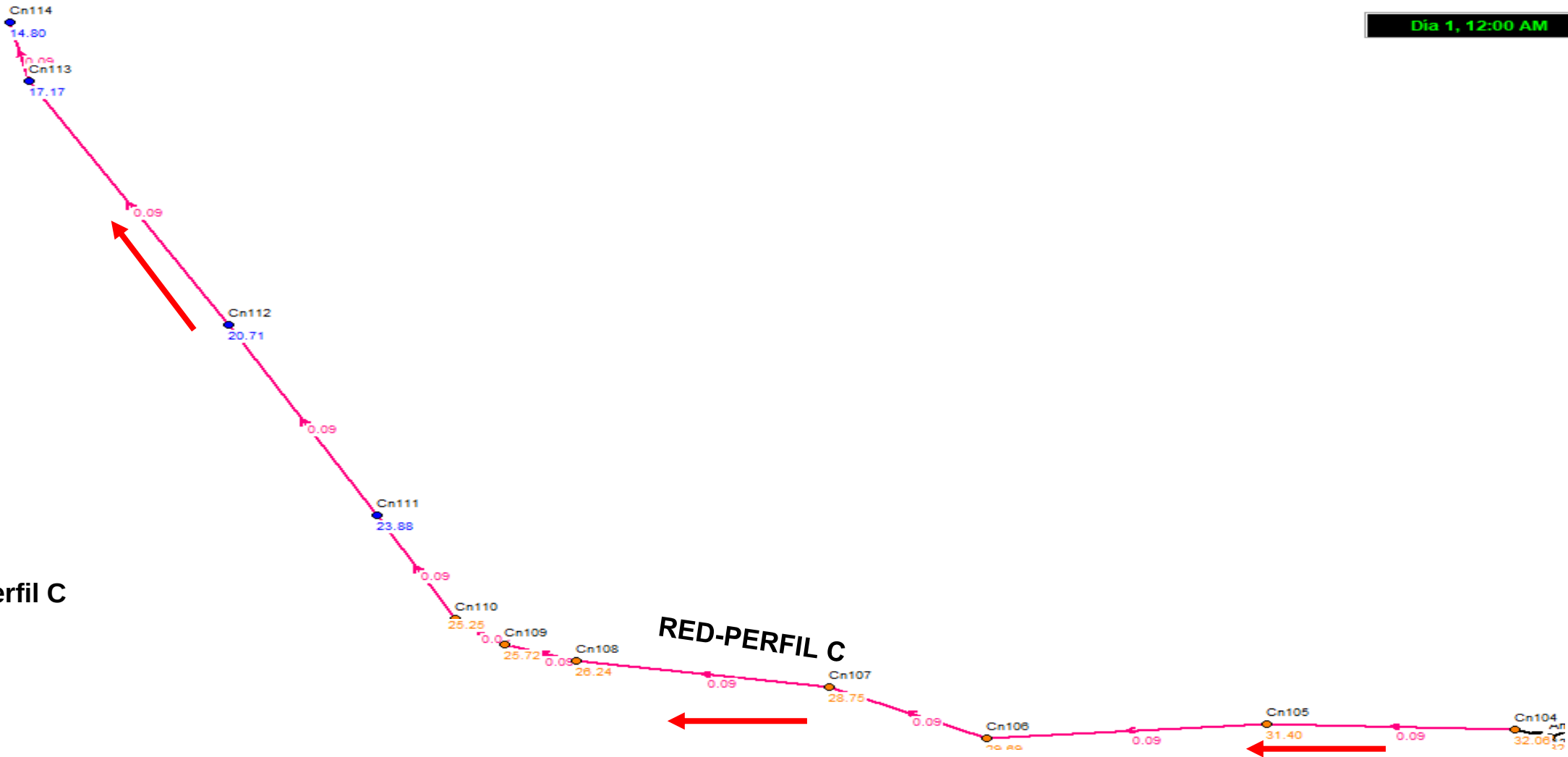


Ilustración 59 "Presiones y velocidades del perfil D"

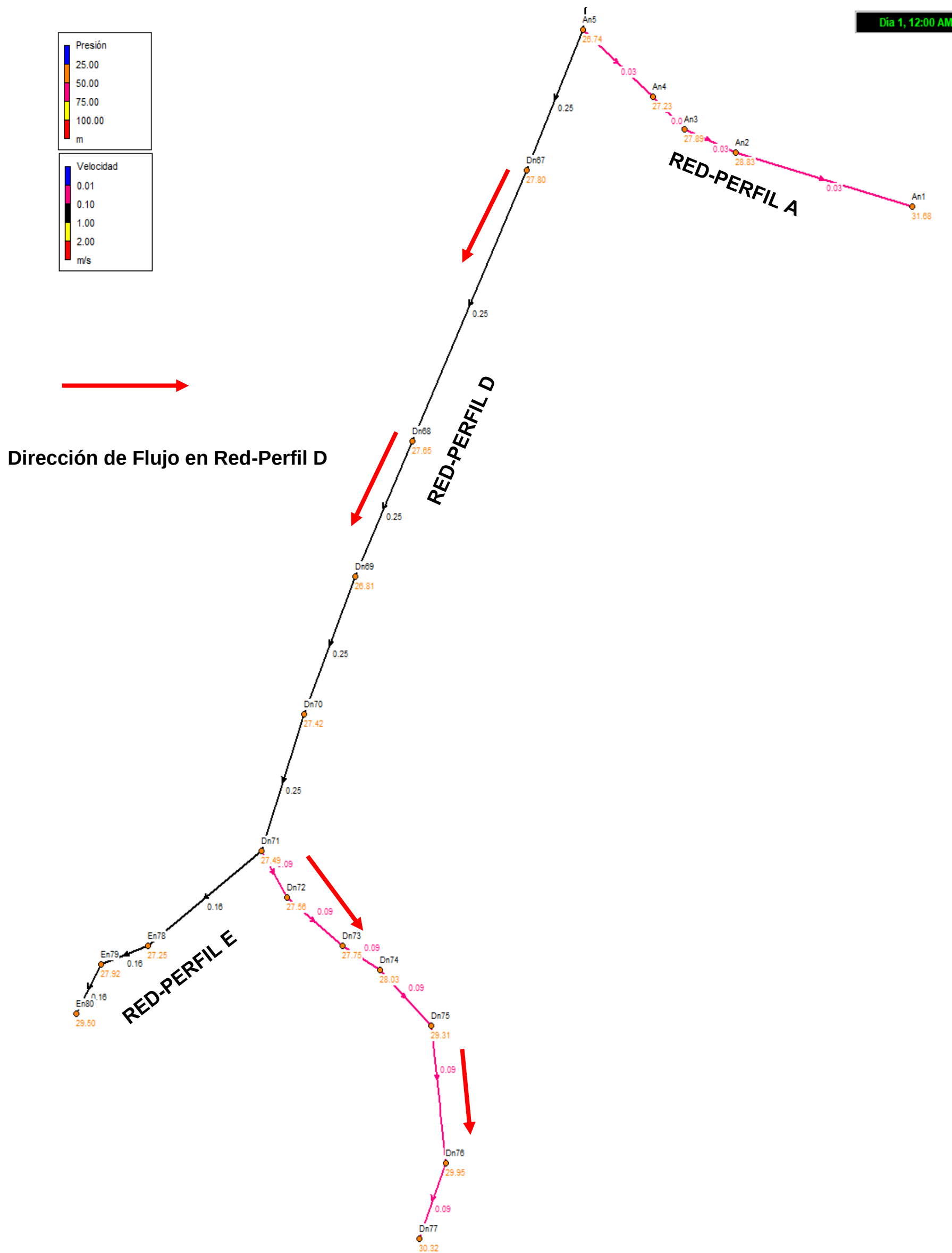


Ilustración 60 "Presiones y velocidades del perfil E"

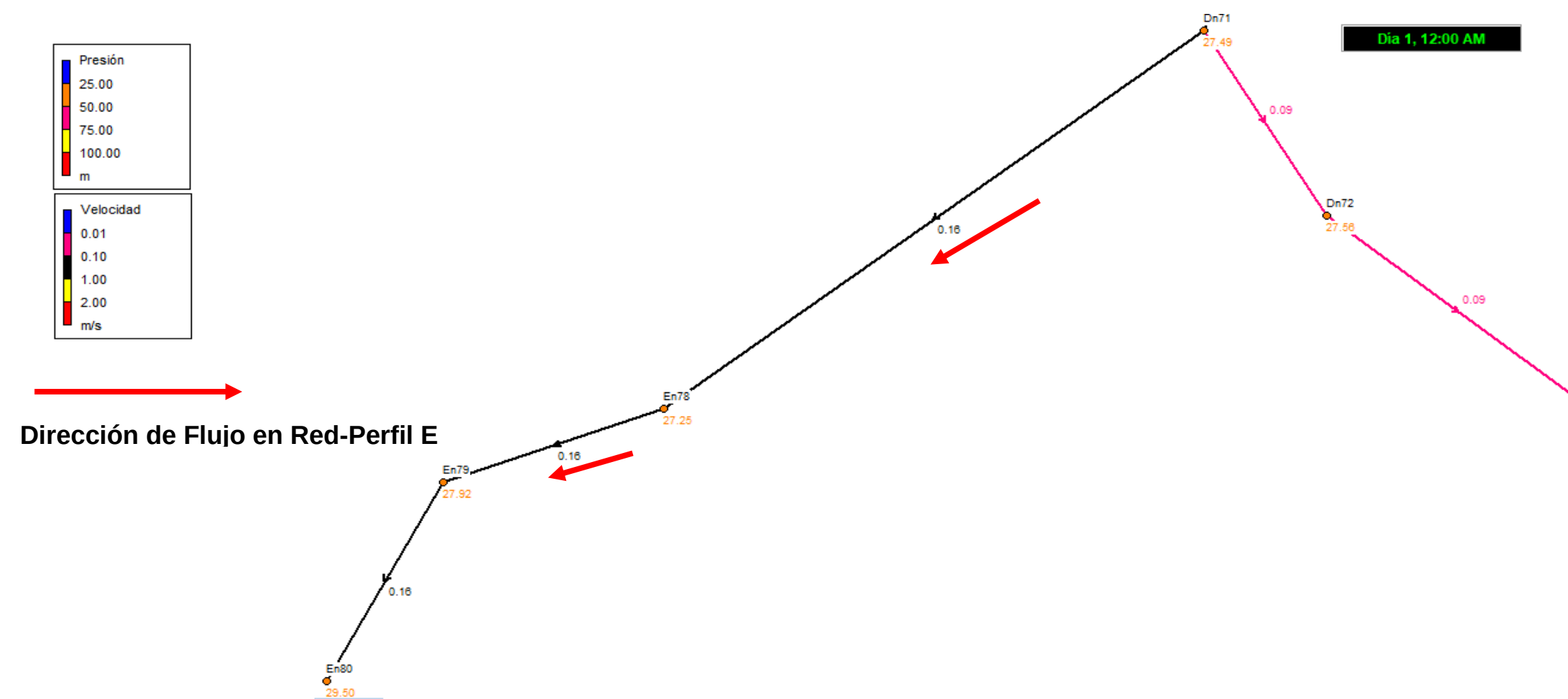


**Tabla 42 "Simulación de cloro residual en la red a 7 hrs, 16 hrs y 24 hrs"**

| ID Nudo | Demanda Base (LPS) | Cloro a 7 Hrs (mg/L) | Cloro a 16 Hrs (mg/L) | Cloro a 24 Hrs (mg/L) |
|---------|--------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| An1     | 0.04               | 1.71                 | 0.82                  | 0.59                  |
| An2     | 0.00               | 1.74                 | 0.86                  | 0.61                  |
| An3     | 0.00               | 1.75                 | 0.86                  | 0.61                  |
| An4     | 0.00               | 1.76                 | 0.88                  | 0.63                  |
| An5     | 0.00               | 1.77                 | 0.89                  | 0.64                  |
| An6     | 0.00               | 1.78                 | 0.89                  | 0.64                  |
| An7     | 0.00               | 1.79                 | 0.89                  | 0.64                  |
| An8     | 0.00               | 1.79                 | 0.9                   | 0.65                  |
| An9     | 0.00               | 1.80                 | 0.9                   | 0.65                  |
| An10    | 0.00               | 1.80                 | 0.9                   | 0.65                  |
| An11    | 0.00               | 1.81                 | 0.9                   | 0.65                  |
| An12    | 0.00               | 1.82                 | 0.91                  | 0.65                  |
| An13    | 0.00               | 1.82                 | 0.91                  | 0.66                  |
| An14    | 0.00               | 1.83                 | 0.91                  | 0.66                  |
| An15    | 0.00               | 1.84                 | 0.92                  | 0.66                  |
| An16    | 0.00               | 1.84                 | 0.92                  | 0.66                  |
| An17    | 0.00               | 1.85                 | 0.92                  | 0.66                  |
| An18    | 0.00               | 1.86                 | 0.93                  | 0.67                  |
| An19    | 0.00               | 1.86                 | 0.93                  | 0.67                  |
| An20    | 0.00               | 1.87                 | 0.93                  | 0.67                  |
| An21    | 0.00               | 1.87                 | 0.94                  | 0.67                  |
| An22    | 0.00               | 1.88                 | 0.94                  | 0.68                  |
| An23    | 0.00               | 1.89                 | 0.94                  | 0.68                  |

|             |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|
| <b>An24</b> | 0.00 | 1.89 | 0.95 | 0.68 |
| <b>An25</b> | 0.00 | 1.90 | 0.95 | 0.68 |
| <b>An26</b> | 0.00 | 1.91 | 0.95 | 0.69 |
| <b>An27</b> | 0.00 | 1.91 | 0.96 | 0.69 |
| <b>An28</b> | 0.00 | 1.92 | 0.96 | 0.69 |
| <b>An29</b> | 0.00 | 1.93 | 0.96 | 0.69 |
| <b>An30</b> | 0.00 | 1.93 | 0.97 | 0.7  |
| <b>An31</b> | 0.00 | 1.94 | 0.97 | 0.7  |
| <b>An32</b> | 0.00 | 1.95 | 0.97 | 0.7  |
| <b>An33</b> | 0.00 | 1.95 | 0.98 | 0.7  |
| <b>An34</b> | 0.00 | 1.96 | 0.98 | 0.71 |
| <b>An35</b> | 0.00 | 1.97 | 0.98 | 0.71 |
| <b>An36</b> | 0.00 | 1.98 | 0.99 | 0.71 |
| <b>An37</b> | 0.00 | 1.98 | 0.99 | 0.71 |
| <b>An38</b> | 0.00 | 1.99 | 0.99 | 0.72 |
| <b>An39</b> | 0.00 | 2.00 | 1    | 0.72 |
| <b>An40</b> | 0.00 | 2.00 | 1    | 0.72 |
| <b>An41</b> | 0.00 | 2.01 | 1    | 0.72 |
| <b>An42</b> | 0.00 | 2.02 | 1.01 | 0.73 |
| <b>An43</b> | 0.00 | 2.02 | 1.01 | 0.73 |
| <b>An44</b> | 0.00 | 2.03 | 1.02 | 0.73 |
| <b>An45</b> | 0.00 | 2.04 | 1.02 | 0.73 |
| <b>An46</b> | 0.00 | 2.05 | 1.02 | 0.74 |
| <b>An47</b> | 0.00 | 2.05 | 1.03 | 0.74 |
| <b>An48</b> | 0.00 | 2.06 | 1.03 | 0.74 |
| <b>An49</b> | 0.00 | 2.07 | 1.03 | 0.74 |
| <b>An50</b> | 0.00 | 2.07 | 1.04 | 0.75 |

LV

|              |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|
| <b>An51</b>  | 0.00 | 2.08 | 1.04 | 0.75 |
| <b>An52</b>  | 0.12 | 2.09 | 1.04 | 0.75 |
| <b>An53</b>  | 0.00 | 2.10 | 1.05 | 0.75 |
| <b>An54</b>  | 0.00 | 2.10 | 1.05 | 0.76 |
| <b>An55</b>  | 0.00 | 2.11 | 1.06 | 0.76 |
| <b>An56</b>  | 0.00 | 2.12 | 1.06 | 0.76 |
| <b>An57</b>  | 0.00 | 2.12 | 1.06 | 0.77 |
| <b>An58</b>  | 0.00 | 2.13 | 1.07 | 0.77 |
| <b>An59</b>  | 0.00 | 2.14 | 1.07 | 0.77 |
| <b>An60</b>  | 0.00 | 2.15 | 1.07 | 0.77 |
| <b>An61</b>  | 0.00 | 2.15 | 1.08 | 0.78 |
| <b>An62</b>  | 0.00 | 2.16 | 1.08 | 0.78 |
| <b>An63</b>  | 0.00 | 2.17 | 1.08 | 0.78 |
| <b>An64</b>  | 0.00 | 2.18 | 1.09 | 0.78 |
| <b>An65</b>  | 0.00 | 2.18 | 1.09 | 0.79 |
| <b>An66</b>  | 0.00 | 2.19 | 1.10 | 0.79 |
| <b>Bn115</b> | 0.00 | 2.18 | 1.09 | 0.79 |
| <b>Bn116</b> | 0.00 | 2.18 | 1.09 | 0.78 |
| <b>Bn117</b> | 0.21 | 2.17 | 1.08 | 0.78 |
| <b>Cn104</b> | 0.06 | 1.98 | 0.99 | 0.71 |
| <b>Cn105</b> | 0.00 | 1.98 | 0.98 | 0.71 |
| <b>Cn106</b> | 0.00 | 1.97 | 0.98 | 0.7  |
| <b>Cn107</b> | 0.00 | 1.96 | 0.97 | 0.7  |
| <b>Cn108</b> | 0.00 | 1.95 | 0.97 | 0.69 |
| <b>Cn109</b> | 0.00 | 1.95 | 0.96 | 0.69 |
| <b>Cn110</b> | 0.00 | 1.94 | 0.96 | 0.69 |
| <b>Cn111</b> | 0.00 | 1.93 | 0.96 | 0.69 |

|              |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|
| <b>Cn112</b> | 0.00 | 1.93 | 0.95 | 0.68 |
| <b>Cn113</b> | 0.00 | 1.92 | 0.94 | 0.67 |
| <b>Cn114</b> | 0.14 | 1.91 | 0.94 | 0.67 |
| <b>Dn67</b>  | 0.00 | 1.77 | 0.88 | 0.63 |
| <b>Dn68</b>  | 0.00 | 1.76 | 0.88 | 0.63 |
| <b>Dn69</b>  | 0.00 | 1.75 | 0.88 | 0.63 |
| <b>Dn70</b>  | 0.00 | 1.75 | 0.87 | 0.63 |
| <b>Dn71</b>  | 0.00 | 1.74 | 0.87 | 0.62 |
| <b>Dn72</b>  | 0.00 | 1.74 | 0.87 | 0.62 |
| <b>Dn73</b>  | 0.00 | 1.73 | 0.86 | 0.62 |
| <b>Dn74</b>  | 0.00 | 1.72 | 0.86 | 0.62 |
| <b>Dn75</b>  | 0.00 | 1.72 | 0.86 | 0.62 |
| <b>Dn76</b>  | 0.00 | 1.71 | 0.85 | 0.61 |
| <b>Dn77</b>  | 0.14 | 1.71 | 0.85 | 0.61 |
| <b>En78</b>  | 0.00 | 1.74 | 0.87 | 0.62 |
| <b>En79</b>  | 0.00 | 1.73 | 0.86 | 0.62 |
| <b>En80</b>  | 0.25 | 1.72 | 0.86 | 0.62 |

***Fuente: Elaboración propia***

**Ilustración 61 "Simulación de cloro residual a 7 hrs "**

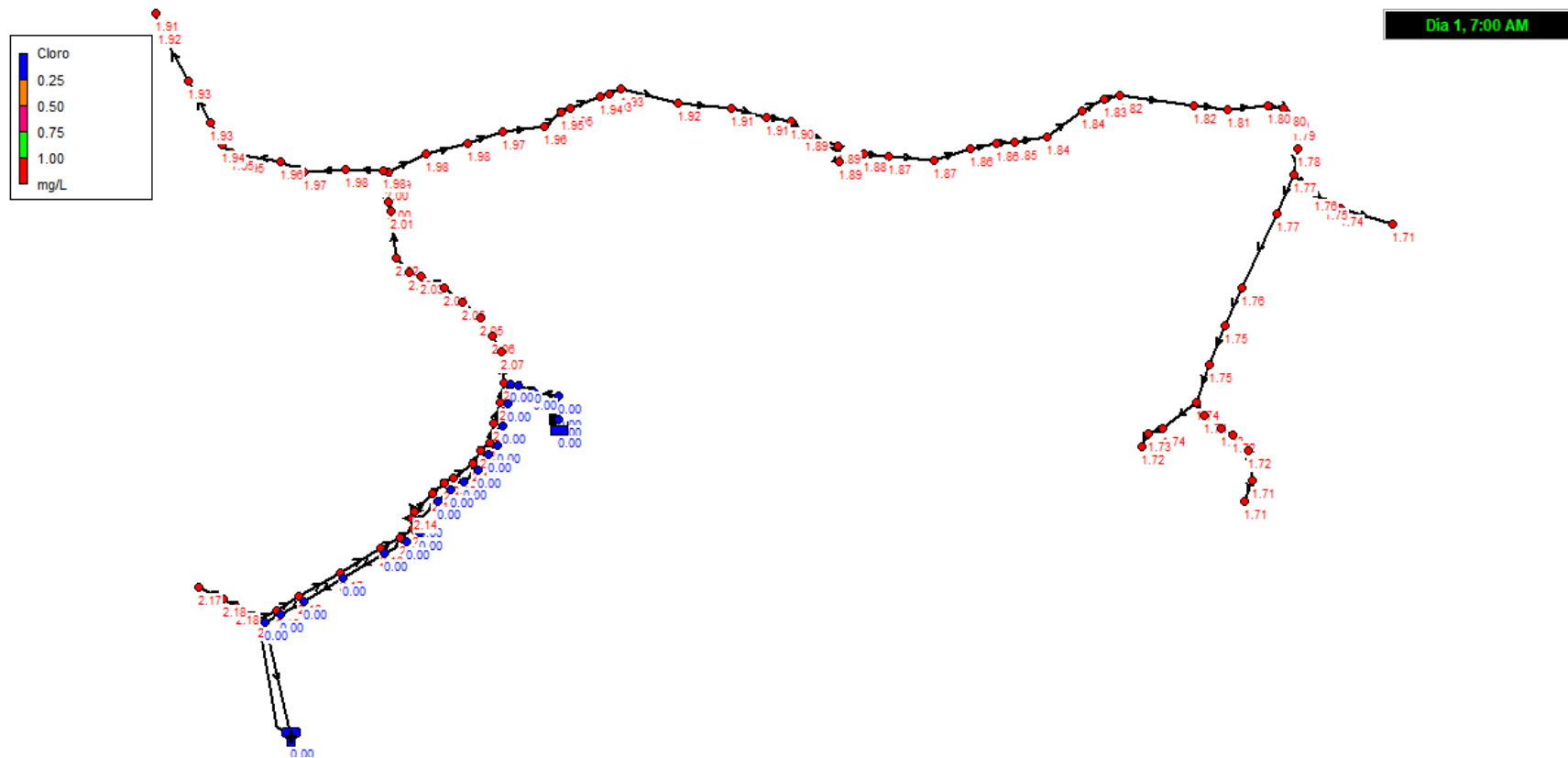


**Ilustración 62 "Simulación de cloro residual a 16 hrs "**

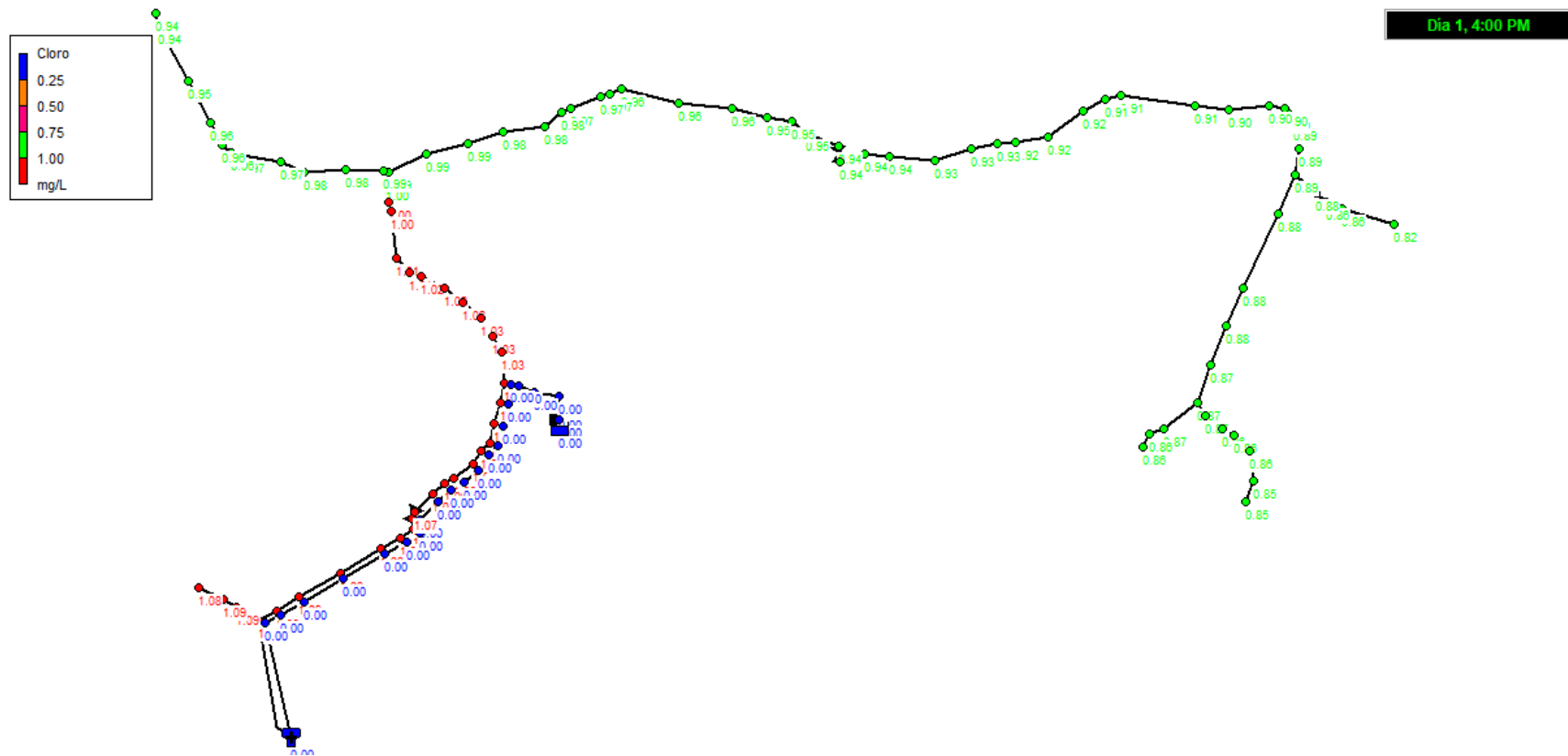


**Ilustración 63 "Simulación de cloro residual a 24 hrs "**

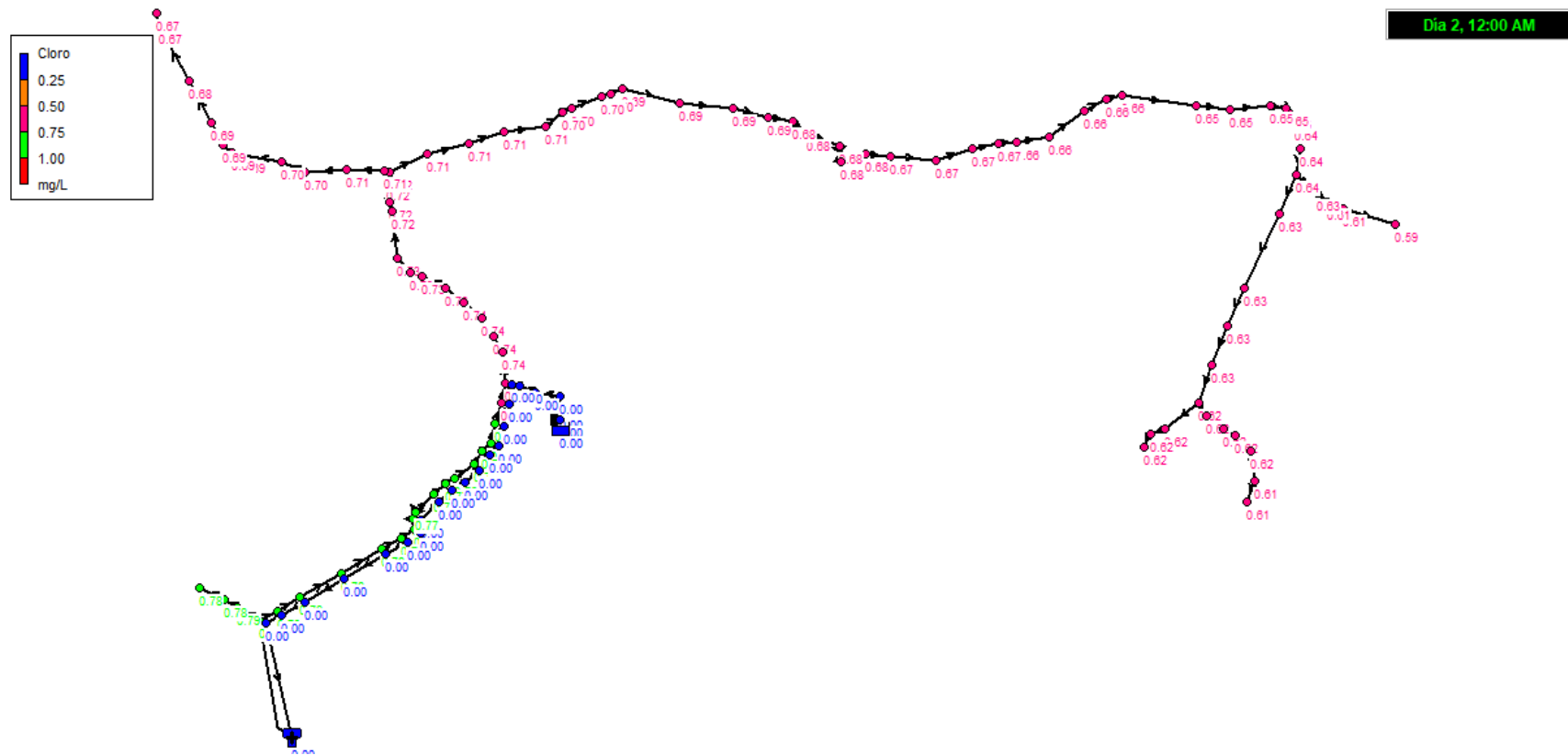


**Tabla 43 "Presupuesto"**

| <b>Proyecto: DISEÑO DE UN MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELECTRICO (MABE ) Y TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES EN LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO MUNICIPIO DE ESTELI</b> |                                                               |                                      |                 |                        |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------|
| <b>ETAPA Y SUB ETAPAS</b>                                                                                                                                    | <b>DEPARTAMENTO: ESTELI</b>                                   | <b>TASAS DE CAMBIO DOLLAR: 34.90</b> |                 | <b>P/UNITARIO FISE</b> | <b>FECHA: MAYO 2021</b> |
|                                                                                                                                                              | <b>DESCRIPCION</b>                                            | <b>U/M</b>                           | <b>CANTIDAD</b> |                        | <b>COSTE TOTAL C\$</b>  |
| <b>310</b>                                                                                                                                                   | <b>PRELIMINARES</b>                                           | <b>U/M</b>                           | <b>CANTIDAD</b> | <b>P/UNITARIO</b>      | <b>C\$36,078.80</b>     |
| <b>1</b>                                                                                                                                                     | LIMPIEZA INICIAL                                              |                                      |                 |                        | C\$16,486.13            |
| <b>2</b>                                                                                                                                                     | LIMPIEZA INICIAL PARA PREDIO DE TANQUE                        | M <sup>2</sup>                       | 35              | C\$7.00                | C\$245.00               |
| <b>3</b>                                                                                                                                                     | LIMPIEZA INICIAL PARA PARA LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION | ML                                   | 2239.16         | C\$7.00                | C\$15,674.13            |
| <b>4</b>                                                                                                                                                     | LIMPIEZA INICIAL PARA PREDIO DE CAPTACION                     | M <sup>2</sup>                       | 81              | C\$7.00                | C\$567.00               |
| <b>5</b>                                                                                                                                                     | TRAZO Y NIVELACION                                            |                                      |                 |                        | C\$19,592.67            |
| <b>6</b>                                                                                                                                                     | TRAZO Y NIVELACIÓN PARA TUBERÍAS                              | M <sup>2</sup>                       | 2239.16         | C\$8.75                | C\$19,592.67            |
|                                                                                                                                                              |                                                               |                                      |                 |                        |                         |
| <b>320</b>                                                                                                                                                   | <b>LINEA DE CONDUCCION</b>                                    | <b>U/M</b>                           | <b>CANTIDAD</b> | <b>P/UNITARIO</b>      | <b>C\$70,345.29</b>     |

|    |                                                        |     |        |             |              |
|----|--------------------------------------------------------|-----|--------|-------------|--------------|
| 1  | EXCAVACION MANUAL PARA TUBERIA 1 m DE PROFUNDIDAD      |     |        |             | C\$32,380.01 |
| 2  | INSTALACION DE TUBERIA ( W 0,50. PROF. 1,20 M)         | M³  | 229.24 | C\$61.25    | C\$14,040.89 |
| 3  | RELLENO Y COMPACTACION MANUAL                          | M³  | 229.24 | C\$80.00    | C\$18,339.12 |
| 4  | PRUEBA HIDROSTATICA(CON BOMBA MANUAL)                  |     |        |             | C\$1,173.22  |
| 5  | PRUEBA HIDROSTÁTICA PROY. A. P. HASTA 4" Y 300M        | C/U | 1      | C\$1,173.22 | C\$1,173.22  |
| 6  | TUBERIA DE 2" DE DIAMETRO                              |     |        |             | C\$36,303.82 |
| 7  | TUBERIA DE PVC Diám.=2" (SDR-26) (NO INCL. EXCAVACION) | ML  | 382.07 | C\$95.02    | C\$36,303.82 |
| 8  | VALVULAS Y ACCESORIOS                                  |     |        |             | C\$488.25    |
| 9  | CODOS DE 45° DE 1 1/2" PVC                             | C/U | 9      | C\$44.10    | C\$396.90    |
| 10 | CODOS DE 90° DE 1 1/2" PVC                             | C/U | 3      | C\$30.45    | C\$91.35     |
| 11 | VALVULAS Y ACCESORIOS                                  |     |        |             | C\$4,806.05  |
| 12 | VALVULA DE LIMPIEZA DE BRONCE DE 1 1/2"                | C/U | 1      | C\$1,600.00 | C\$1,600.00  |
| 13 | VALVULA DE AIRE DE BRONCE DE 1"                        | C/U | 1      | C\$1,400.00 | C\$1,400.00  |
|    |                                                        |     |        |             |              |

|            |                                  |            |                 |                   |                      |
|------------|----------------------------------|------------|-----------------|-------------------|----------------------|
| <b>325</b> | <b>OBRAS VARIAS</b>              | <b>U/M</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>P/UNITARIO</b> | <b>C\$700.20</b>     |
| <b>1</b>   | HUMEDAL Y TRAMPA PARA GRASA      |            |                 |                   |                      |
| <b>2</b>   | TUBO PVC SANITARIO DE 3"         | C/U        | 3               | C\$312.20         | C\$936.60            |
| <b>3</b>   | VARILLA LISA DE 1/2"             | C/U        | 1               | C\$169.25         | C\$169.25            |
| <b>4</b>   | VARILLA CORRUGADA DE 3/8"        | C/U        | 2               | C\$203.35         | C\$406.70            |
| <b>5</b>   | TAPA DE CONCRETO DE 35X4X85mm    | M³         | 0.01            | C\$279.58         | C\$2.80              |
| <b>6</b>   | MALLA METALICA DE 6"X6"X3/16"    | C/U        | 1               | C\$500.00         | C\$500.00            |
| <b>7</b>   | CONCRETO                         | M³         | 0.22            | C\$279.58         | C\$61.93             |
| <b>8</b>   | BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO   |            |                 |                   |                      |
| <b>9</b>   | CONCRETO DE 3000 PSI             | C/U        | 2               | C\$250.00         | C\$500.00            |
| <b>10</b>  | FLANGE PVC DE 1/2"               | C/U        | 2               | C\$52.15          | C\$104.30            |
| <b>11</b>  | TEE LISA PVC DIAMETFRO DE 1 1/2" | C/U        | 2               | C\$47.95          | C\$95.90             |
|            |                                  |            |                 |                   |                      |
| <b>330</b> | <b>RED DE DISTRIBUCION</b>       | <b>U/M</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>P/UNITARIO</b> | <b>C\$341,852.94</b> |

|    |                                                                                                   |     |          |             |               |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------|-------------|---------------|
| 1  | EXCAVACION MANUAL PARA TUBERIA                                                                    |     |          |             | C\$129,996.79 |
| 2  | INSTALACION DE TUBERIAS ( W 0,50. PROF. 1,00 M)                                                   | M³  | 928.55   | C\$60.00    | C\$55,712.91  |
| 3  | RELLENO Y COMPACTACION MANUAL                                                                     | M³  | 928.55   | C\$80.00    | C\$74,283.88  |
| 4  | PRUEBA HIDROSTATICA(CON BOMBA MANUAL)                                                             |     |          |             | C\$7,262.59   |
| 5  | PRUEBA HIDROSTÁTICA PROY. A. P. HASTA 4" Y 300M                                                   | C/U | 6.19     | C\$1,173.22 | C\$7,262.59   |
| 6  | TUBERIA DE 1 1/2 " DE DIAMETRO                                                                    |     |          |             | C\$176,461.36 |
| 7  | TUBERIA DE PVC Diám.=1 1/2" (SDR-26) (NO INCL. EXCAVACION)                                        | ML  | 1857.097 | C\$95.02    | C\$176,461.36 |
| 8  | VALVULAS Y ACCESORIOS                                                                             |     |          |             | C\$28,132.20  |
| 9  | CODO DE 45 ° PVC DISMETRO DE 1 1/2"                                                               | C/U | 60       | C\$29.75    | C\$1,785.00   |
| 10 | TEE LISA PVC DIAMETRO DE 1 1/2"                                                                   | C/U | 4        | C\$47.95    | C\$191.80     |
| 11 | VALVULA DE AIRE DE BRONCE DE 1"                                                                   | C/U | 6        | C\$1,400.00 | C\$8,400.00   |
| 12 | VALVULA DE LIMPIEZA DE BRONCE DE 1 1/2"                                                           | C/U | 7        | C\$1,600.00 | C\$11,200.00  |
| 13 | VALVULA ROMPE PRECION                                                                             | C/U | 2        | C\$3,207.70 | C\$6,415.40   |
| 14 | VALVULA DE PASE GAVETA DE BRONCE DIAMETRO DE 2"CON PROTECTOR DE TUBO DE HIERRO GV, CON EXCAVACION | C/U | 1        | C\$140.00   | C\$140.00     |

|            |                                              |                |                 |                   |                      |
|------------|----------------------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|----------------------|
| <b>335</b> | <b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>              | <b>U/M</b>     | <b>CANTIDAD</b> | <b>P/UNITARIO</b> | <b>C\$113,991.04</b> |
| <b>1</b>   | MOVIMIENTO DE TIERRA PARA TANQUE             |                |                 |                   | C\$1,884.32          |
| <b>2</b>   | EXCAVACION MANUAL CON PROFUNDIDAD DE 1 m     | M <sup>3</sup> | 54              | C\$33.66          | C\$1,817.64          |
| <b>3</b>   | RELLENO Y COMPACTACION                       | M <sup>3</sup> | 54              | C\$66.68          | C\$66.68             |
| <b>4</b>   | LOZA DE CONCRETO DE 5M X 4M X 0.20M          |                |                 |                   | C\$15,190.21         |
| <b>5</b>   | EXCAVACION EN TERRENO NATURAL                | M <sup>3</sup> | 12.38           | C\$66.68          | C\$825.50            |
| <b>6</b>   | BOTAR MAT. SOBRANTE DE EXC. A 100 M (MANUAL) | M <sup>3</sup> | 12.38           | C\$37.61          | C\$465.61            |
| <b>7</b>   | MEJORAMIENTO DEL SUELO CON MATERILA SELECTO  | M <sup>3</sup> | 12.38           | C\$90.00          | C\$1,114.20          |
| <b>8</b>   | ACARREO DE MAT. SELEC.                       | KM             | 25              | C\$150.00         | C\$3,750.00          |
| <b>9</b>   | RELLENO Y COMPACTACION                       | M <sup>3</sup> | 12.38           | C\$66.68          | C\$825.50            |
| <b>10</b>  | ACERO DE REFUERZO #3                         | QQ             | 2.33            | C\$2,846.90       | C\$6,633.28          |
| <b>11</b>  | ALAMBRE DE ALAMBRE                           | LBS            | 12              | C\$38.15          | C\$457.80            |
| <b>12</b>  | CONCRETO 3000 PSI                            | M <sup>3</sup> | 4               | C\$279.58         | C\$1,118.32          |

|           |                                                                             |     |     |              |              |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|-----|-----|--------------|--------------|
| <b>13</b> | TANQUE ALMACENAMIENTO                                                       |     |     |              | C\$46,235.00 |
| <b>14</b> | TANQUE DE ALMACENAMIENTO PLASTITAN<br>CAP. 5000 LTS                         | C/U | 1   | C\$33,775.00 | C\$33,775.00 |
| <b>15</b> | TANQUE DE ALMACENAMIENTO PLASTITAN<br>CAP. 2500 LTS                         | C/U | 1   | C\$12,460.00 | C\$12,460.00 |
| <b>16</b> | OTRO TIPO DE OBRAS                                                          |     |     |              | C\$29,712.61 |
| <b>17</b> | RESPIRADERO DE TUBO DE Ho. Go. Diám. = 3"<br>C/U                            | C/U | 1   | C\$373.89    | C\$373.89    |
| <b>18</b> | VALVULA DE BOYA DE HIERRO FUNDIDO<br>Diám.=2½" CON TUB. HG + UNION MALEABLE | C/U | 1   | C\$2,913.55  | C\$2,913.55  |
| <b>19</b> | CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 3" X 90°.                                     | C/U | 4   | C\$50.00     | C\$200.00    |
| <b>20</b> | CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2 1/2" X<br>90°                               | C/U | 2   | C\$40.00     | C\$80.00     |
| <b>21</b> | VALVULA DE PASE DE GAVETA DE BRONCE<br>Diám. = 2½" (INCL. EXCAVACION)       | C/U | 1   | C\$2,271.99  | C\$2,271.99  |
| <b>22</b> | VALVULA DE PASE DE GAVETA DE BRONCE<br>Diám. = 3" (INCL. EXCAVACION)        | C/U | 1   | C\$2,845.46  | C\$2,845.46  |
| <b>23</b> | VALVULA DE LIMPIEZA DE BRONCE Diám.= 2"<br>(INCL.1m TUBERIA DE Ho. Go.      | C/U | 1   | C\$1,856.52  | C\$1,856.52  |
| <b>24</b> | ANDEN DE CONC. 2500PSI S/REF. (E=7CMS)                                      | M²  | 120 | C\$159.76    | C\$19,171.20 |
| <b>25</b> | CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES                                              |     |     |              | C\$20,968.90 |
| <b>26</b> | CUARTONES DE MADERA DE 3"X3"X5 VARAS                                        | C/U | 5   | C\$200.00    | C\$1,000.00  |

|     |                                                             |      |          |             |               |
|-----|-------------------------------------------------------------|------|----------|-------------|---------------|
| 27  | CANDADO                                                     | C/U  | 1        | C\$500.00   | C\$500.00     |
| 28  | CADENA                                                      | C/U  | 1        | C\$191.10   | C\$191.10     |
| 29  | BISAGRAS DE 4"                                              | C/U  | 6        | C\$147.00   | C\$882.00     |
| 30  | POSTE DE CONCRETO DE 0.80M X 0.12M X 2.70M                  | C/U  | 12       | C\$1,400.00 | C\$16,800.00  |
| 31  | ALAMBRE DE PUAS CALIBRE N4                                  | C/U  | 1        | C\$918.75   | C\$918.75     |
| 32  | MALLA CICLON CAL 12, HUECO 50mm X 50mm                      | C/U  | 1        | C\$677.05   | C\$677.05     |
|     |                                                             |      |          |             |               |
| 340 | FUENTES Y OBRAS DE BOMBEO                                   | U/M  | CANTIDAD | P/UNITARIO  | C\$537,169.80 |
| 1   | MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION                              |      |          |             | C\$3,000.00   |
| 2   | MOVILIZACION,TRANSPORTE DE EQUIPO DE PERFORACION Y PERSONAL | KM   | 25       | C\$120.00   | C\$3,000.00   |
| 3   | PERFORACION DE POZO                                         |      |          |             | C\$239,700.00 |
| 4   | PERFORACION DE AGUJERO DIAMETRO DE 14" EN SUELO COMBINADO   | PIES | 300      | C\$799.00   | C\$239,700.00 |
| 5   | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC                  |      |          |             | C\$49,161.20  |
| 6   | TUBERIA CIEGA Ø 8" PVC SDR-26 (200')                        | PIES | 80       | C\$234.23   | C\$18,738.40  |

|    |                                                              |       |     |             |              |
|----|--------------------------------------------------------------|-------|-----|-------------|--------------|
| 7  | TUBERIA RANURADA LOCAL Ø 8" PVC SDR-26                       | PIES  | 120 | C\$234.30   | C\$28,116.00 |
| 8  | TUBERIA RANURADA Ø 1 1/2" (PIEZOMETRO)                       | PIES  | 40  | C\$43.99    | C\$1,759.60  |
| 9  | TUBERIA CIEGA Ø2"                                            | PIES  | 40  | C\$13.68    | C\$547.20    |
| 10 | SUMINISTRO E INSTALACION<br>CENTRALIZADORES PVC              |       |     |             | C\$1,600.00  |
| 11 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TAPON PVC<br>Ø8"                 | C/U   | 1   | C\$865.00   | C\$865.00    |
| 12 | SUMINISTRO E INSTALACION DE GRAVA DE RIO                     | C/U   | 6   | C\$122.50   | C\$735.00    |
| 13 | BASE SOPORTE DE EQUIPO DE BOMBEO                             |       |     |             | C\$3,838.77  |
| 14 | SUMINISTRO E INSTALACION DE Ho.Co.DE 1/2"<br>Ø               | Kg    | 12  | C\$59.61    | C\$715.32    |
| 15 | SUMINISTRO E INSTALACION DE CONCRETO                         | M³    | 1   | C\$3,123.45 | C\$3,123.45  |
| 16 | DESARROLLO, LIMPIEZA, PRUEBA DE BOMBEO                       |       |     |             | C\$525.50    |
| 17 | SUMINISTRO E INTRODUCCION DE SOLUCION<br>DE AGUA DISPERSANTE | Kg    | 100 | C\$5.26     | C\$525.50    |
| 18 | LIMPIEZA Y DESARROLLO                                        |       |     |             | C\$17,798.82 |
| 19 | PRUEBA DE BOMBEO ( Descenso )                                | Horas | 24  | C\$697.94   | C\$16,750.56 |
| 20 | PRUEBA DE BOMBEO ( Recuperacion )                            | Horas | 6   | C\$174.71   | C\$1,048.26  |

|           |                                                                      |     |   |             |              |
|-----------|----------------------------------------------------------------------|-----|---|-------------|--------------|
| <b>21</b> | ESTACION DE BOMBEO                                                   |     |   |             | C\$74,212.16 |
| <b>22</b> | SARTA DE TUBO REDONDO DE Ho. Go. Diám. = 1½" CON VALV. Y PROTECTORES | C/U | 1 | C\$1,928.85 | C\$1,928.85  |
| <b>23</b> | LLAVE DE CHORRO DE BRONCE DE 1/2" BRONCE. ROSCA MACHO                | C/U | 1 | C\$236.55   | C\$236.55    |
| <b>24</b> | VALVULA DE AIRE HG DE 1" CON ROSCA MACHO Y CA                        | C/U | 1 | C\$2,000.00 | C\$2,000.00  |
| <b>25</b> | TUBO DE COLUMNA DE 2" HG                                             | C/U | 1 | C\$2,265.55 | C\$2,265.55  |
| <b>26</b> | TEE DE 2" X 2" HG                                                    | C/U | 1 | C\$219.10   | C\$219.10    |
| <b>27</b> | ABRAZADERA DE 2" X 1/2" HG                                           | C/U | 1 | C\$25.90    | C\$25.90     |
| <b>28</b> | MANOMETRO 0-200 PSI                                                  | C/U | 1 | C\$280.00   | C\$280.00    |
| <b>29</b> | UNION MACHO DE 2" HG                                                 | C/U | 1 | C\$105.00   | C\$105.00    |
| <b>30</b> | VALVULA DE GLOBO DE 1", BRONCE                                       | C/U | 1 | C\$175.00   | C\$175.00    |
| <b>31</b> | VALVULA DE AIRE Y VACIO DE 1"                                        | C/U | 1 | C\$700.00   | C\$700.00    |
| <b>32</b> | UNION MALEABLE TIPO "DRESSER" DE 2" HF                               | C/U | 1 | C\$225.00   | C\$225.00    |
| <b>33</b> | UNION BRIDA DE 2" HG                                                 | C/U | 1 | C\$175.00   | C\$175.00    |
| <b>34</b> | MEDIDOR DE AGUA DE CHORRO MULTIPLE MT-KD-P DE 2" DE BRIDA            | C/U | 1 | C\$700.00   | C\$700.00    |

|    |                                                 |     |   |             |             |
|----|-------------------------------------------------|-----|---|-------------|-------------|
| 35 | VALVULA DE RETENCION HIDRAULICA DE 2" HF BRIDAS | C/U | 1 | C\$38.50    | C\$38.50    |
| 36 | VALVULAS DE COMPUERTAS DE 2", EXT, BRIDA        | C/U | 1 | C\$1,400.00 | C\$1,400.00 |
| 37 | VALVULA DE ALIVIO DE 2" HF EXT, BRIDA           | C/U | 1 | C\$350.00   | C\$350.00   |
| 38 | NIPLE HG DE 2"                                  | C/U | 1 | C\$17.50    | C\$17.50    |
| 39 | CODO DE 90° X 2" HG DE BRIDAS                   | C/U | 1 | C\$252.00   | C\$252.00   |
| 40 | CODO DE 45° X 2" HG DE ROSCA                    | C/U | 1 | C\$115.50   | C\$115.50   |
| 41 | ADACTADOR HEMBRA DE 2" PVC                      | C/U | 1 | C\$35.35    | C\$35.35    |
| 42 | VALVULA DE CORPORACION DE 1/2" PVC              | C/U | 1 | C\$45.00    | C\$45.00    |
| 43 | CODO DE 90° X 1/2" PVC                          | C/U | 1 | C\$11.20    | C\$11.20    |
| 44 | ADACTADOR HEMBRA DE 1/2" PVC                    | C/U | 1 | C\$7.70     | C\$7.70     |
| 45 | TUBO PVC SDR -13-1/2-1/2"                       | C/U | 1 | C\$570.15   | C\$570.15   |
| 46 | TUBO HG CEDULA 40-1/2"                          | C/U | 1 | C\$600.25   | C\$600.25   |
| 47 | MANGUERA PLASTICA 1/2"                          | C/U | 1 | C\$5.90     | C\$5.90     |
| 48 | ADACTADOR MACHO 1/2"                            | C/U | 1 | C\$12.00    | C\$12.00    |

|    |                                                                        |                |       |              |              |
|----|------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|--------------|--------------|
| 49 | BOMBA C/MOTOR SUMERGIBLE DE 1 HP,Q=10.46GPM,CTD=251'110/60/230 v       | C/U            | 2     | C\$16,357.53 | C\$32,715.06 |
| 50 | BOMBA C/MOTOR SUMERGIBLE DE 3/4 HP,Q=10.46GPM,CTD=251'110/60/230 v     | C/U            | 2     | C\$10,250.00 | C\$20,500.00 |
| 51 | PANEL DE CONTROL DE BOMB. P/ MOTOR DE ARRANQUE DE 1 HP, 110/60/220 V   | C/U            | 1     | C\$1,268.05  | C\$1,268.05  |
| 52 | PANEL DE CONTROL DE BOMB. P/ MOTOR DE ARRANQUE DE 3/4 HP, 110/60/220 V | C/U            | 1     | C\$1,268.05  | C\$1,268.05  |
| 53 | CABLE SUMERGIBLE # 12 X 3                                              | ML             | 30    | C\$198.80    | C\$5,964.00  |
| 54 | CASETA DE CONTROL                                                      |                |       |              | C\$2,317.37  |
| 55 | LIMPIEZA INICIAL                                                       | M <sup>2</sup> | 10.38 | C\$7.00      | C\$72.66     |
| 56 | TRAZ Y NIVELACION                                                      | M <sup>2</sup> | 10.38 | C\$8.75      | C\$90.83     |
| 57 | MOVIMIENTO DE TIERRAS                                                  | M <sup>2</sup> | 1.46  | C\$70.00     | C\$102.06    |
| 58 | FUNDACIONES                                                            | M <sup>3</sup> | 0.7   | C\$45.00     | C\$31.50     |
| 59 | MEJORAMIENTO DEL SUELO CON MATERILA SELECTO                            | M <sup>3</sup> | 0.7   | C\$90.00     | C\$63.00     |
| 60 | ACARREO DE MAT. SELEC.                                                 | KM             | 25    | C\$75.00     | C\$1,875.00  |
| 61 | BOTAR MAT. SOBRANTE DE EXC. A 100 M (MANUAL)                           | M <sup>3</sup> | 0.7   | C\$37.61     | C\$26.33     |
| 62 | RELLENO Y COMPACTACION                                                 | M <sup>3</sup> | 0.7   | C\$80.00     | C\$56.00     |

|           |                                            |     |       |             |              |
|-----------|--------------------------------------------|-----|-------|-------------|--------------|
| <b>63</b> | CERCO PERIMETRAL                           |     |       |             | C\$22,323.00 |
| <b>64</b> | CUARTONES DE MADERA DE 3"X3"X5 VARAS       | C/U | 5     | C\$200.00   | C\$1,000.00  |
| <b>65</b> | CANDADO                                    | C/U | 1     | C\$500.00   | C\$500.00    |
| <b>66</b> | CADENA                                     | C/U | 1     | C\$191.10   | C\$191.10    |
| <b>67</b> | BISAGRAS DE 4"                             | C/U | 6     | C\$147.00   | C\$882.00    |
| <b>68</b> | POSTE DE CONCRETO DE 0.80M X 0.12M X 2.70M | C/U | 12    | C\$1,400.00 | C\$16,800.00 |
| <b>69</b> | ALAMBRE DE PUAS CALIBRE N4                 | C/U | 1     | C\$918.75   | C\$918.75    |
| <b>70</b> | MALLA CICLON CAL 12, HUECO 50mm X 50mm     | ML  | 3     | C\$677.05   | C\$2,031.15  |
| <b>71</b> | ESTRUCTURAS DE CONCRETO                    |     |       |             | C\$11,665.18 |
| <b>72</b> | ACERO DE REFUERZO #3                       | QQ  | 2.01  | C\$2,846.90 | C\$5,722.27  |
| <b>73</b> | ACERO DE REFUERZO #2                       | QQ  | 2.3   | C\$1,354.00 | C\$3,114.20  |
| <b>74</b> | ALAMBRE DE ALAMBRE                         | LBS | 12    | C\$38.15    | C\$457.80    |
| <b>75</b> | CONCRETO 3000 PSI                          | M³  | 1.77  | C\$279.58   | C\$494.86    |
| <b>76</b> | FORMALETAS PARA VIGAS Y COLUMNAS           | ML  | 41.69 | C\$45.00    | C\$1,876.05  |

|           |                                                        |     |       |           |              |
|-----------|--------------------------------------------------------|-----|-------|-----------|--------------|
| <b>77</b> | MANPOSTERIA                                            |     |       |           | C\$18,726.64 |
| <b>78</b> | BLOQUE 6"X8"X12"                                       | C/U | 631   | C\$28.00  | C\$17,668.00 |
| <b>79</b> | REPELLO Y FINO                                         | M²  | 26.47 | C\$40.00  | C\$1,058.64  |
| <b>80</b> | TECHO                                                  |     |       |           | C\$4,520.64  |
| <b>81</b> | CUBIERTA DE ZINC CORRUG.CAL.26 DE 8 PIES               | C/U | 4     | C\$208.25 | C\$833.00    |
| <b>82</b> | CUBIERTA DE ZINC CORRUG.CAL.26 DE 12 PIES              | C/U | 2     | C\$213.50 | C\$427.00    |
| <b>83</b> | ESTRUCTURA DE MADERA DE CEDRO REAL DE 2"X2" DE 4 VARAS | C/U | 8     | C\$100.00 | C\$800.00    |
| <b>84</b> | ESTRUCTURA DE MADERA DE CEDRO REAL DE 2"X2" DE 6 VARAS | C/U | 4     | C\$120.00 | C\$480.00    |
| <b>85</b> | ESTRUCTURA DE MADERA DE CEDRO REAL DE 2"X4" DE 5 VARAS | C/U | 6     | C\$180.00 | C\$1,080.00  |
| <b>86</b> | CANAL DE DRENAJE PARA TECHO DE PVC 4" DIAMETRO         | ML  | 4     | C\$114.91 | C\$459.64    |
| <b>87</b> | CLAVOS DE 3" PARA ZINC                                 | LBS | 7     | C\$63.00  | C\$441.00    |
| <b>88</b> | FACIA                                                  |     |       |           | C\$1,152.00  |
| <b>89</b> | CEDRO O POCHOTE DE 3/4"X10" DE 5 VARAS                 | C/U | 2     | C\$250.00 | C\$500.00    |
| <b>90</b> | CEDRO O POCHOTE DE 3/4"X10" DE 6 VARAS                 | C/U | 2     | C\$200.00 | C\$400.00    |

|     |                                                                          |                |       |              |              |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|--------------|--------------|
| 91  | CLAVOS DE 3" PARA ZINC                                                   | LBS            | 4     | C\$63.00     | C\$252.00    |
| 92  | PISOS                                                                    |                |       |              | C\$675.35    |
| 93  | EMBALDOSADO DE CONCRTEO DE 2500 PSI DE 3" DE ESPESOR (FINO TIPO PIZARRA) | M <sup>2</sup> | 10.39 | C\$65.00     | C\$675.35    |
| 94  | PUERTAS                                                                  |                |       |              | C\$12,600.00 |
| 95  | PUERTA DE MADERA SOLIDA 8 TABLEROS, HERRAJES, 0.90 X 2.10 CON MARCO      | C/U            | 1     | C\$12,000.00 | C\$12,000.00 |
| 96  | BISAGRAS DE 2"                                                           | C/U            | 2     | C\$100.00    | C\$200.00    |
| 97  | CERRADURA PARA PUERTA                                                    | C/U            | 1     | C\$400.00    | C\$400.00    |
| 98  | VENTANAS                                                                 |                |       |              | C\$1,080.00  |
| 99  | BLOQUE DECORATIVO 30"X30"                                                | C/U            | 36    | C\$30.00     | C\$1,080.00  |
| 100 | INSTALACIONES ELECTRICAS EN CASETAS                                      |                |       |              | C\$12,283.00 |
| 101 | APAGADOR SENCILLO EAGLE DE 15 AMP/125V CON PLACA DE ACERO INOXIDABLE     | C/U            | 2     | C\$51.80     | C\$103.60    |
| 102 | CAJA EMT 2"X4"X1/2"                                                      | C/U            | 3     | C\$42.70     | C\$128.10    |
| 103 | CAJA DE REGISTRO ELECTRICA DE EMT DE 4" X 4" x 1 1/2"                    | C/U            | 3     | C\$580.30    | C\$1,740.90  |
| 104 | TUBO CONDUIT FLEXIBLE DE 1/2" FORRADO                                    | ML             | 7     | C\$568.05    | C\$3,976.35  |

|     |                                                         |     |     |              |              |
|-----|---------------------------------------------------------|-----|-----|--------------|--------------|
| 105 | ALAMBRE ELECTRICO DE COBRE FORRADO DE #12 AWG           | ML  | 5   | C\$43.91     | C\$219.55    |
| 106 | ALAMBRE ELECTRICO DE COBRE FORRADO DE #10 AWG           | ML  | 5   | C\$39.55     | C\$197.75    |
| 107 | CANALIZACION ELECTRICA DE PVC. 1"                       | ML  | 7   | C\$34.30     | C\$240.10    |
| 108 | CANALIZACION ELECTRICA DE EMT DE 2"                     | ML  | 7   | C\$97.30     | C\$681.10    |
| 109 | TOMA CORRIENTE DOBLE POLAR. DE 15 AMP/120V CON PLACA M. | C/U | 1   | C\$29.75     | C\$29.75     |
| 110 | LUMINARIA FLUORESCENTE DE 1 X22 W P/TECHO               | C/U | 1   | C\$357.00    | C\$357.00    |
| 111 | PANEL MONOFASICO 125 AMP.120/240V. 8 ESPACIOS           | C/U | 2   | C\$2,304.40  | C\$4,608.80  |
| 112 | INSTALACIONES ELECTRICAS MONOFASICA EN BAJA TENCION     |     |     |              | C\$86,835.94 |
| 113 | POSTE DE CONCRETO DE 300 DAM DE 9 METROS O 30 PIES      | C/U | 2   | C\$10,875.90 | C\$21,751.80 |
| 114 | ALAMBRE ELECTRICO DE COBRE FORRADO N° 14 AWG            | ML  | 200 | C\$71.15     | C\$14,230.00 |
| 115 | VA5-1:RAMAL PRIMARIO;14.4/24.9 KV                       | ML  | 1   | C\$2,664.40  | C\$2,664.40  |
| 116 | VA-5:REMATE SENCILLO;14.4/24.9 KV                       | ML  | 1   | C\$1,429.78  | C\$1,429.78  |
| 117 | CABLE DE ALUMINIO # 2/3 TRIPLE ASRC                     | ML  | 200 | C\$150.50    | C\$30,100.00 |
| 118 | POLO A TIERRA CON VARILLA COPPERWELD D=5/8", L=8'       | C/U | 1   | C\$765.10    | C\$765.10    |

|     |                                                       |     |          |             |              |
|-----|-------------------------------------------------------|-----|----------|-------------|--------------|
| 119 | D1-1:RETENIDA SENC.C/PERNO GUARDACABO Y ANCLAJE       | C/U | 9        | C\$71.75    | C\$645.75    |
| 120 | ALAMBRE ELECTRICO SOLIDO N° 8 THHN                    | ML  | 200      | C\$18.55    | C\$3,710.00  |
| 121 | ARRANCADOR MAGNETICO P/MOTOR DE 2 HP,1/60/230V C/TODO | C/U | 1        | C\$3,157.00 | C\$3,157.00  |
| 122 | PARARRAYOS DE 18 KV                                   | C/U | 1        | C\$2,841.65 | C\$2,841.65  |
| 123 | VA-1 SOPORTE SENCILLO ANGULO 0° A 5°, 14.4/24.9 KV    | C/U | 3        | C\$1,623.17 | C\$4,869.51  |
| 124 | CALAVERA EMT DE 2"                                    | C/U | 3        | C\$223.65   | C\$670.95    |
| 125 | OBRAS EXTERIORES                                      |     |          |             | C\$1,029.81  |
| 126 | ANDEN PERIMETRAL                                      | M²  | 1.62     | C\$159.76   | C\$258.81    |
| 127 | PINTURA DE ACEITE EN PAREDES                          | M²  | 30.84    | C\$25.00    | C\$771.00    |
|     |                                                       |     |          |             |              |
| 350 | CONEXIONES                                            | U/M | CANTIDAD | P/UNITARIO  | C\$48,487.55 |
| 1   | CONEXIONES INTRADOMICILIARES                          |     |          |             | C\$48,487.55 |
| 2   | ADACTADOR MACHO PVC DE 1/2"                           | C/U | 94       | C\$10.00    | C\$940.00    |
| 3   | TUVO PVC DE 1/2"                                      | ML  | 117.5    | C\$90.00    | C\$10,575.00 |

|     |                                      |     |          |            |              |
|-----|--------------------------------------|-----|----------|------------|--------------|
| 4   | CODOS DE 90° X 1/2"                  | C/U | 94       | C\$7.00    | C\$658.00    |
| 6   | LLAVE DE PASE DE 1/2"                | C/U | 47       | C\$62.65   | C\$2,944.55  |
| 7   | ADACTADOR EMBRA PVC DE 1/2"          | C/U | 47       | C\$10.00   | C\$470.00    |
| 8   | MEDIDORES DOMICILIAR DE AGUA POTABLE | C/U | 47       | C\$700.00  | C\$32,900.00 |
|     |                                      |     |          |            |              |
| 360 | PURIFICACION                         | U/M | CANTIDAD | P/UNITARIO | 2,935.16     |
|     | TORRE PARA TANQUE                    |     |          |            | C\$2,935.16  |
| 1   | TUBERIA DE PVC Diám.=1 1/2" (SDR-26) | ML  | 6        | C\$95.02   | C\$570.12    |
| 2   | ANGULAR DE 1/4" X 4"                 | ML  | 6.12     | C\$86.68   | C\$530.48    |
| 3   | TUBO CUADRADO DE 3"                  | ML  | 3.2      | C\$258.30  | C\$826.56    |
| 4   | CODOS DE 90° DE 1 1/2"               | C/U | 2        | C\$13.00   | C\$26.00     |
| 5   | TEE LISA PVC DIAMETRO DE 1 1/2"      | C/U | 2        | C\$10.00   | C\$20.00     |
| 6   | LLAVE DE PASE PVC DE 1 1/2"          | C/U | 1        | C\$12.00   | C\$12.00     |
| 7   | CUBETA DE PLASTICO DE 5 GALONES      | C/U | 1        | C\$50.00   | C\$50.00     |

|                                      |                                                                                                |                |          |             |                  |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|-------------|------------------|
| 8                                    | ADACTADOR MACHO PVC DE 1 1/2" A 1"                                                             | C/U            | 3        | C\$15.00    | C\$45.00         |
| 9                                    | TUBO PVC DE 1/2"                                                                               | ML             | 9        | C\$95.00    | C\$855.00        |
|                                      |                                                                                                |                |          |             |                  |
| 370                                  | LIMPIEZA Y ENTREGA                                                                             | U/M            | CANTIDAD | P/UNITARIO  | 22,356.77        |
| 1                                    | LIMPIEZA FINAL                                                                                 | M <sup>2</sup> | 2355.16  | C\$7.00     | C\$16,486.13     |
| 3                                    | ROTULO TIPO FISE DE 1.22M X 1.44M<br>(ESTRUCTURA METALICA Y ZINC LISO) CON<br>BASE DE CONCRETO | C/U            | 1        | C\$5,870.64 | C\$5,870.64      |
| SUB TOTAL                            |                                                                                                |                |          |             | C\$ 1,201,793.13 |
| ADMINISTRACION 10%                   |                                                                                                |                |          |             | C\$ 120,179.31   |
| UTILIDADES 15%                       |                                                                                                |                |          |             | C\$ 180,268.97   |
| TRANSPORTE 5%                        |                                                                                                |                |          |             | C\$ 60,089.66    |
| TOTAL UTILIDADES                     |                                                                                                |                |          |             | C\$ 360,537.94   |
| COSTO TOTAL DEL PROYECTO EN CORDOBAS |                                                                                                |                |          |             | C\$ 1,922,869.02 |
| COSTO TOTAL DEL PROYECTO EN DOLARES  |                                                                                                |                |          |             | \$54,318.33      |

*Fuente: Elaboración propia*