



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO FINAL N° 63**

**SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA
DE LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT
- PROVINCIA DE SANTA FE-**

DIRECTOR ACADEMICO:

Ing. CARLOS ALBERDI

DIRECTOR TECNICO:

Ing. ALBERTO ARMAS

ALUMNOS:

DUTTO LUCRECIA SOLEDAD

LEZCANO RICARDO LUIS

FECHA DE PRESENTACION

22 DE DICIEMBRE DE 2017



INDICE

<u>SECCION A</u>	
Ubicación Geográfica.....	pág. 1-3
Población, Clima, Topografía y Suelos.....	pág. 4-5
Identificación de la Problemática	
Análisis de Factibilidad.....	pág. 6-8
Estudio de Fuentes.....	pág. 8-12
Geología y Comportamiento Hidrológico.....	pág. 12-18
Hidrogeoquímica	
Parámetros Físicos	
Parámetros Químicos	
Parámetros Orgánicos	
Parámetros Biológicos.....	pág. 19-36
Tecnologías Convencionales de Tratamientos de Agua.....	pág. 37-38
Acueductos.....	pág. 39-41
Osmosis Inversa.....	pág. 41-48
Problemática en Santa Fe.....	pág. 49-52
Justificación de Elección de Sistema de Tratamiento de Agua para la localidad de Wheelwright Santa Fe.....	pág. 53
<u>SECCION B</u>	
Parámetros de diseño.....	pág. 1
Cálculos de Consumo.....	pág. 2-9
Calidad de Agua a Tratar y Calidad de Agua Tratada	
Justificación del Tratamiento.....	pág. 9-16
Estado Actual de los Pozo en Explotación.....	pág. 17-21

Planta de Tratamiento.....	pág. 21
Reserva de Agua Cruda.....	pág. 22
Sistema de Tratamiento.....	pág. 23-38
Almacenamiento de Agua Producto.....	pág. 38
Bombeo para Distribución.....	pág. 39
Calculo de Caudales de Componentes del sistema.....	pág. 39-43
Descripción de Componentes.....	pág. 44-47
Análisis de Financiamiento de la Obra.....	pág. 47

Planos

Plano N° 1: Planta General

Plano N° 2: Cisterna de Agua Cruda

Plano N° 3: Cisterna de Agua Producto

Plano N° 4: Detalle de Viga Platea de Fundación

Plano N° 5: Detalle de Columna de Cisterna

Plano N° 6: Detalle de Viga Superior de Cubierta

Plano N° 7: Detalle de Unión Viga Fundación Tabique

Cómputo y Presupuesto

Cisterna Agua Cruda

Cisterna Agua Producto

E.O.I e Interconexiones

Coeficiente de Resumen

Resumen de Presupuesto de Obra

Anexos

Ficha Técnica de Equipo de Impulsión

Ficha Técnica de Variador de Velocidad

Ficha Técnica de Producto Sika

Bibliografía

SECCIÓN A



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

INSTITUTO NACIONAL NACIONAL DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE
VENADO TUERTO - PROVINCIA DE SANTA FE
CALLE 14 N° 100 - P.O. BOX 1000000 - VENADO TUERTO (S.F.A.)
TEL: (0348) 421-1000 - FAX: (0348) 421-1001

SECCIÓN A

TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE LOCALIDAD DE WHEELYRIGHT -
PROVINCIA DE SANTA FE

Ubicación Geográfica

La localidad de Wheelwright, se encuentra en el Departamento General López
Municipalidad de Santa Fe, distante a 20 km de la Ciudad de Colón (S.F.A.), a 10 km del
Café de la Provincia de Buenos Aires, y equidistante entre las localidades de
Mendoza (S.F.A.) y Venado Tuerto (S.F.A.), siendo la Ruta Regional N° 1 su principal
vía de comunicación. Su extensión superficial se encuentra comprendida dentro de la
Comarca de los Hornos, la cual se caracteriza por ser una zona con el más alto grado de
vegetación de pastado que existe en relación a las siguientes distancias con los
centros urbanos del país:

SECCIÓN A

Centro Urbano	Distancia en km
Buenos Aires	443
Rosario	236
Córdoba	487
Santa Fe	280
Mendoza	700
Santa Trínica	500



SECCIÓN A

PLANTA DE AGUA POTABLE LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

Ubicación Geográfica

La Localidad de Wheelwright, se encuentra en el Departamento General López Provincia de Santa Fe, distante a 20 km de la Ciudad de Colón (Bs. As.), a 10 km del límite con la Provincia de Buenos Aires, y equidistante entre las localidades de Pergamino (Bs. As.) y Venado Tuerto (Sta. Fe), siendo la Ruta Nacional N° 8 su principal vía de comunicación. Su distrito se encuentra íntegramente comprendido dentro de la Región Pampeana Húmeda y en el área del territorio nacional con el más alto grado de desarrollo. Su posición casi central la vincula a las siguientes distancias con las principales ciudades del país.

Centro Urbano	Distancia en km
Buenos Aires	443
Rosario	236
Córdoba	467
Santa Fe	380
Mendoza	780
Bahía Blanca	569



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE
WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS

Localizacion en el Mapa de Argentina



Localizacion en el Mapa de la Provincia





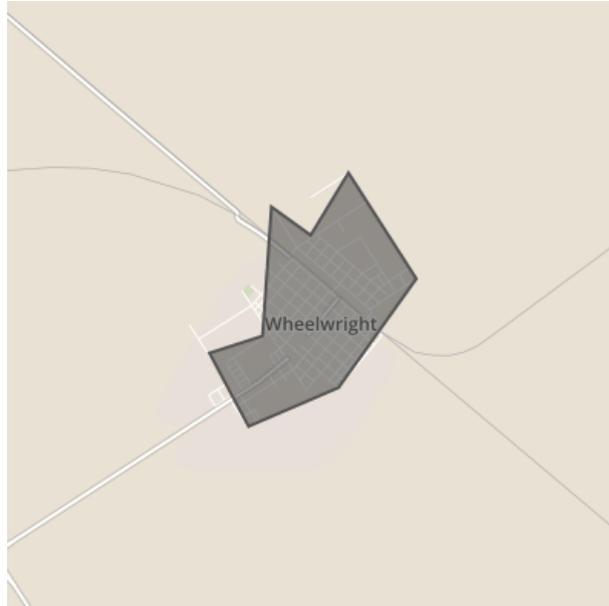
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE
WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS

Mapa envolvente del Área Urbana



Vista Aérea



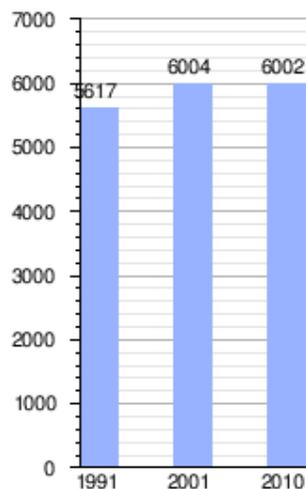


Población

La localidad de Wheelwright, según censo poblacional 2010 (INDEC), cuenta con 6.002 habitantes, lo que representa solo dos (2) personas menos frente a los 6.004 habitantes según censo anterior (INDEC 2001).

Gráfica de evolución demográfica de Wheelwright entre 1991 y 2010.

(Fuentes de Censos Nacionales del INDEC).



Clima

La localidad de Wheelwright posee un clima templado, con un periodo caluroso que comprende los meses de Noviembre a Marzo, cuyas temperaturas oscilan entre los 19°C y 23°C. La temperatura declina rápidamente en los meses de Mayo a Agosto en que se producen las mínimas en promedio alrededor de los 10°C.



La media anual es de 16,4°C. La variación anual de los valores medios oscila en 13°C y hay una amplitud diaria que varía entre 10 y 15°C.

Toda la región se caracteriza por un elevado coeficiente de humedad. El promedio de la humedad relativa varía entre el 70 y 85%, siendo los valores más elevados, los correspondientes a los meses de Mayo y Junio.

La época de heladas, se extiende desde Abril a Octubre, registrándose la mayor frecuencia desde Julio a Agosto.

La precipitación media anual es de 1.000 mm anuales. En valores promedios el balance hídrico es equilibrado, pero esto no significa que estén excluidas posibles sequías o excesos de agua en el suelo debido a la gran variabilidad de los elementos meteorológicos, en especial las precipitaciones.

Topografía y Suelos

El distrito se ubica en la región denominada Pampa Húmeda. Dicho distrito presenta, una topografía llana con algunas zonas bajas, con pendientes es suaves. Los suelos son del tipo pradera negra, su perfil está constituido por un horizonte superior oscuro, rico en materia orgánica.



Identificación de la Problemática

A modo de identificación de la problemática sanitaria actual de la localidad, podemos identificar lo siguiente:

➤ **Falta de servicio cloacal.**

La localidad no cuenta con sistemas de desagües, ni tratamientos de líquidos cloacales. Cada núcleo sanitario habitacional, posee un pozo absorbente, situado dentro de los límites del terreno, o bien en la vereda, cuyo desagote es realizado por medio de camiones atmosféricos que son desagados en zona rural de la localidad.

➤ **Abastecimiento actual de agua**

En la actualidad, la localidad cuenta con sistema de agua corriente, prestado por la Cooperativa de Obras y Servicios Públicos de Wheelwright. Las viviendas están conectadas a la red de distribución, en su mayoría sin tanque de reserva individual.

Tanto el prestador (Cooperativa), como el organismo controlador (ENRESS), efectúan controles en la calidad de agua según frecuencia de normativa vigente, desde el año de puesta en marcha del servicio (1978).

Particularmente en el año 2006, en autocontroles realizados por el prestador y organismo de contralor, se detectaron ligeros desvíos en algunos parámetros analizados, situación que generó la inclusión del prestador local en la Resolución 385/02 del ENRESS, que obliga a instalar un sistema de potabilización de agua que brinde al menos 2 litros / habitante / día, para el consumo personal. A raíz de lo expuesto, desde mayo del año 2006, la Cooperativa instaló un sistema de expendio de agua potable por sistema de osmosis inversa, por bidones, disponible para los socios que deseen retirar de las instalaciones de planta. En la actualidad dicha normativa es la Resolución nº 711/15 que eleva de 2 litros a 5 litros por habitante por día.



En los sucesivos autocontroles que el concesionario continúa efectuando regularmente sobre la calidad que agua que distribuye por red, ha notado que los desvíos en los parámetros de potabilidad se han ido acrecentando paulatinamente.

Por lo expuesto, las autoridades del Consejo de Administración han decidido elaborar un proyecto completo a largo plazo que resuelva esta problemática, cuyo objeto sea adecuar la calidad de agua distribuida por red a los actuales parámetros exigidos. Además, también se deberá prever la adecuación de la calidad de agua a los futuros parámetros que se exigirán, en los cuales descende su umbral obligatorio.

Análisis de Factibilidad

El agua potable es esencial e imprescindible para que la vida misma sea posible sobre la faz de la tierra. Los esfuerzos del hombre por mejorar el medio ambiente en el que habita y elevar su calidad de vida, dependen entonces, de la disponibilidad del agua, existiendo una estrecha correlación esencial entre la calidad del agua y la salud pública, entre la posibilidad de acceder al agua y el nivel de higiene y, entre la abundancia del agua y el crecimiento económico y turístico.

Las medidas dirigidas a ampliar y mejorar los sistemas públicos de prestación del servicio de agua potable, contribuyen a una reducción de la morbimortalidad relacionada, con las enfermedades entéricas, porque dichas patologías, están asociadas directa o indirectamente con el abastecimiento de aguas de deficientes calidades o escasa cantidad.

Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 80% de las enfermedades se transmiten a través de agua contaminada.

Esta situación se debe a que solo una pequeña parte de la población, en particular los países en desarrollo, tiene acceso a un abastecimiento de agua de calidad aceptable. Se estima que en algunos países solamente el 20% de la población rural, dispone de

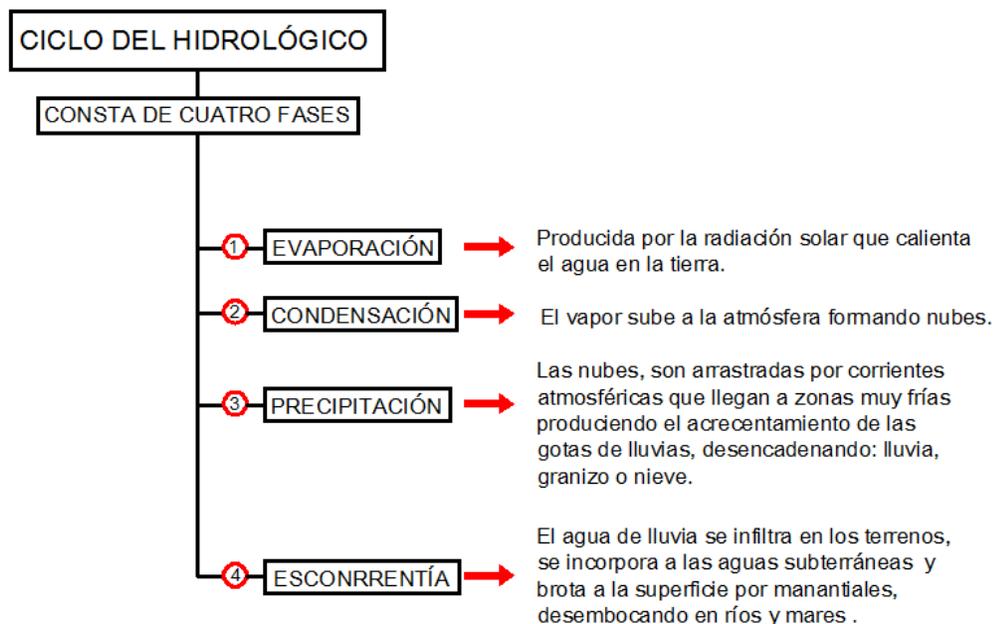


agua de calidad satisfactoria. Basándose en estas estadísticas, se desprende la urgente necesidad de tomar conciencia sobre el cuidado del uso del agua.

ESTUDIO DE FUENTES

Ciclo Hidrológico Natural

Se denomina ciclo hidrológico al movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendentes primero por las precipitaciones y después en forma de escorrentía superficial y subterránea.





Fuentes de Abastecimiento de Agua

Para poder realizar un correcto abastecimiento de agua potable debemos contar con las fuentes correspondientes, sobre las que se deben considerar dos aspectos fundamentales a tener en cuenta:

- Capacidad de suministro.
- Condiciones de sanidad o calidad de agua.

La capacidad de suministro debe ser la suficiente para proveer la cantidad necesaria en volumen y tiempo que requiere el proyecto de abastecimiento.

Las condiciones de sanidad o calidad del agua son claves para definir las obras necesarias de potabilización.

Las fuentes de agua, se clasifican de la siguiente manera:

- Aguas meteóricas (lluvias, nieve y granizo):



Las aguas de lluvia son potables, las que provienen de la nieve derretida son de calidad inferior y suelen contaminarse al estar depositadas sobre los suelos. Las aguas meteóricas que se precipitan sobre el suelo sufren un fraccionamiento triple.

Una porción vuelve a la atmósfera por evaporación, otra escurre por la superficie del suelo y el resto se infiltra formando depósitos subterráneos. Las proporciones de ese fraccionamiento varían de manera considerable con la temperatura, viento y humedad del aire.

Las aguas que penetran en terrenos permeables, descienden bajo la acción de la gravedad con velocidades reguladas por su grado de permeabilidad. A medida que se internan, encuentran capas más comprimidas lo que explica muchas veces los tiempos que tardan en llegar a grandes profundidades. Las aguas de infiltración forman napas o acuíferos, que se detallan a continuación.

➤ Aguas Superficiales (ríos, arroyos, lagos, presas, etc.)

Las aguas que se encuentran en la superficie comprenden dos categorías distintas. Las animadas por un movimiento continuo por la aceleración de la gravedad, descienden desde los puntos más elevados, que luego de un recorrido más o menos regular, se vierte en el mar. En forma enérgica se denominan corrientes de aguas.

En el caso particular de la provincia de Santa Fe, las posibles reservas de agua superficial son lagunas, arroyos y ríos. Un condicionamiento fundamental para la elección de una fuente de agua superficial para consumo humano dependerá de:

- Calidad de las aguas.
- Sustentabilidad del volumen.
- Tipo de tratamiento.
- Distancia del lugar de toma al de abastecimiento.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE
WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS

En el caso de la zona del sur de Santa Fe, existen lagunas de agua dulce, las cuales no proporcionan carácter de fuente debido a los siguientes aspectos fundamentales:

- Disponibilidad: el volumen depende del ciclo hidrológico, el cual es determinante para la sustentabilidad.
- Vulnerabilidad de fuente: dependen en gran medida del entorno de ubicación y su exposición a la contaminación antrópica.

El agua del subsuelo es uno de los recursos naturales más valiosos de la tierra, el volumen que se almacena en los poros, hendiduras y aberturas del material rocoso del subsuelo se conoce como agua subterránea. La palabra acuífero se utiliza para describir una formación subterránea que es capaz de almacenar y transmitir agua. La calidad y la cantidad del agua varían de un acuífero a otro y en ocasiones cambia dentro del mismo sistema. Algunos acuíferos producen millones de litros de agua al día y mantienen su nivel, mientras que otros solo producen pequeñas cantidades. En ciertas áreas es posible que los pozos se hagan perforando a cientos de metros para llegar al agua utilizable, mientras que en otros, estos se encuentran a solo unos cuantos metros. Un sitio puede concentrar varios acuíferos ubicados a distintas profundidades, mientras que otro puede contener poco o nada de agua.

La edad del agua subterránea varía de un acuífero a otro, por ejemplo un acuífero superficial no confinado podría contener agua de hace solo unos cuantos días, semanas o meses; en tanto que un acuífero profundo, cubierto por una o más capas impermeables, podría contener agua con cientos e incluso miles de años de antigüedad. La velocidad de desplazamiento subterráneo varía de acuerdo al material rocoso de la formación a través de la que se mueve. Cuando el agua se infiltra hacia el manto freático, se transforma en agua subterránea y comienza a moverse lentamente en gradiente hacia abajo. El movimiento del agua corresponde a las diferencias entre



los niveles de energía. Las energías que hacen que el agua subterránea fluya se expresan como Energía Gravitacional y Presión Energética.

Como se desplaza el agua a través del subsuelo:

- Movimiento del agua a través de la grava.
- Movimiento del agua a través de la arena.

- Movimiento del agua a través de la arcilla.

Geología y Comportamiento Hidrogeológico

A continuación se citan los caracteres de las unidades geológicas y su comportamiento hidrológico, iniciando la descripción por las más modernas, por ser las que tienen comunicación directa con las fases atmosféricas y superficiales del ciclo hidrológico.

Podemos decir, que sobre el basamento técnico impermeables de rocas cristalinas, se apoyan tres reservorios que llamaremos Epipelches, Pelche e Hipopelche.

En cada uno de ellos pueden distinguirse paquetes sedimentarios acuíferos, medianamente acuíferos, pobres o acuitardos e impermeables.

Los acuitardos de granulometría fina o muy fina, si bien transmiten muy lentamente el agua, cumplen una muy buena función filtrante.

Epipelche: Esta sección, que comprende sedimentos del pampeano y Post-Pampeano, tendría dos capas productoras, una freática y otra semiconfinada, alojadas en sedimento areno-limosos.

Pospampeano: Se denomina de esta manera genérica a depósitos de diferentes orígenes (fluvial, eólico, marino, lacustre), más modernos que los “Sedimentos Pampeanos”, que ocupan el lapso Pleistoceno superior-Holoceno. Son limos, arcillas, arenas, conchillas y conglomerados calcáreos, pertenecientes a las formaciones Luján,



Querandí y La Plata. Los de granulometría fina, (limo-arcilla), de origen fluvio-lacustre y marino, suelen asociarse a aguas de elevadas salinidad y a comportamiento hidráulico de tipo acuitardos. Los tamaños medianos a finos (eólicos), forman médanos interiores o las dunas costeras atlánticas.

Estas arenas eólicas poseen alta capacidad de infiltración y por ende configuran hidroformas, donde se concentra la recarga. Se comportan como acuíferos de media a elevada productividad, con agua dulce, conformando la única fuente de abastecimiento de agua potable para las localidades balnearias desde San Clemente del Tuyú a Mar de Ajó, por ejemplo.

Pampeano: Se encuentra aproximadamente entre 10 y 40 m por debajo del nivel del mar, de acuerdo a la cota del terreno. Suele estar semiconfinado a presión. Es el primero con cierto grado de confinamiento ya que se encuentra limitado superior e inferiormente por sedimentos permeables.

Los caudales de extracción que proporciona este acuífero son muy dispares y dependen de su emplazamiento. En cuanto a su calidad, las aguas de este acuífero son duras, (muchas veces con excesos de nitratos) y frecuentemente presentan contaminación bacteriológica y de elementos químicos provenientes de residuos industriales que son derivados a pozos filtrantes.

Descripción del Sistema geohidrológico

La relación entre el flujo de agua subterránea y la conformación geológica del sistema en estudio, permiten diferenciar las componentes básicas del sistema geohidrológico con sus límites, compuesto por:



- La Zona No- Saturada (ZNS) entre la superficie del terreno y le nivel freático como limites superior e inferior, limites laterales dados por las divisorias con las cuencas aledañas, supuestos como “impermeables” a fines del modelo, presentando espesores medios para la cuenca superior y media del orden de los 4 m, con extremos de hasta 10 m y menores a 1m, en sectores interfluviales e inferior respectivamente.
- El acuífero freático y un acuífero semi libre asociado, contenido en los depósitos de la Formación Pampeano miembro superior (parcialmente en los sedimentos holocenos en las partes bajas y sector inferior de la cuenca), que desde el punto de vista hidráulico se comportan como una sola unidad, con la superficie freática como límite superior y el techo acuitado como límite inferior, ambos considerados permeables. El espesor promedio reconocido a partir de los perfiles geológicos de la zona es del orden de los 35 m.
- Un acuitado, representado por la Formación Pampeano miembro inferior, con un espesor promedio de 6m y sus límites superior e inferior semipermeables.
- El acuífero semiconfinado Puelche, correspondiente a las arenas de la formación homónima, con su límite superior permeable y el inferior impermeable, profundizándose hacia el norte de la cuenca y presentando un espesor promedio de 22 m, el cual aumenta también hacia el Norte.
- Un acuitado, representado por la sección arcillosa o cuspidal de la Formación Paraná, considerando en su nivel superior como base del sistema geohidrológico activo.

Zona Subsaturada

Es la sección que se ubica inmediatamente por encima de la superficie freática y en ella coexisten los 3 estados de la materia (sólido, líquido y vapor).

La zona sub-saturada posee gran trascendencia hidrogeológica, no sólo en el aspecto dinámico sino también geoquímico, pues es en ella, particularmente en su franja más

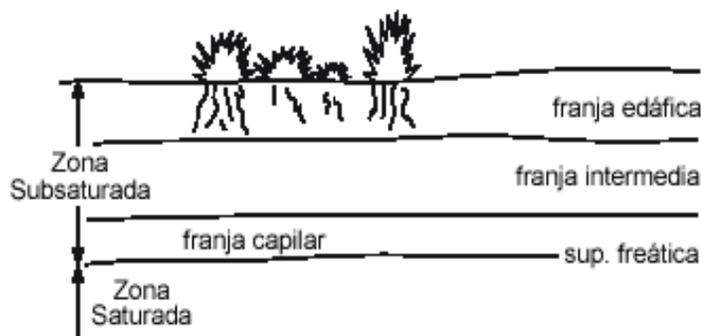


superficial (faja edáfica), donde se produce la mayor incorporación de las sales solubles que caracterizan al agua subterránea de ciclo. Además, la zona subsaturada o de aireación, o no saturada, es un efectivo filtro natural frente a los contaminantes, en su recorrido descendente hacia la zona saturada, o del agua subterránea propiamente dicha.

Generalidades

La eficacia de la zona subsaturada para impedir o dificultar el acceso de los contaminantes al agua subterránea deriva de: la capacidad de fijación que poseen los microporos, la interacción del sólido, agua, contaminante y aire, el intercambio iónico, la actividad biológica, la adsorción sobre las partículas finas, la formación de complejos de baja solubilidad, etc.

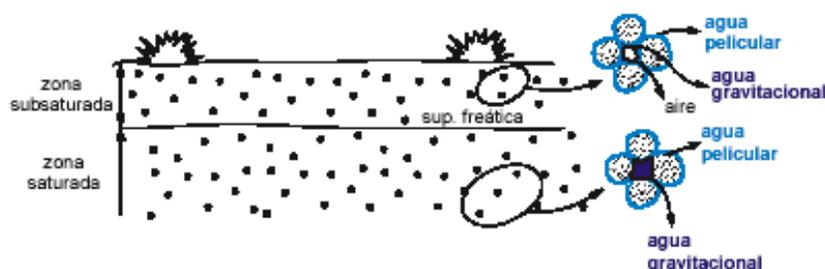
Dentro de la zona subsaturada, la franja edáfica (hasta donde penetran las raíces) es la más efectiva como filtro natural, debido a su alto contenido en materia orgánica y fuerte actividad biológica.





Zona saturada

En la zona saturada sólo se presentan los estados líquido (agua) y sólido (sedimentos).



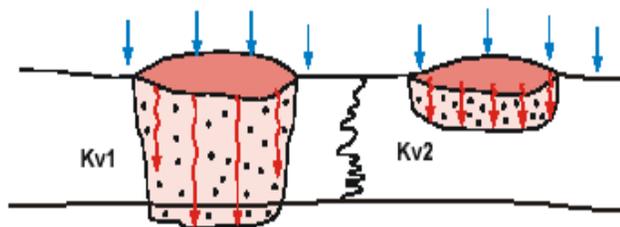
El desplazamiento de un contaminante en el agua, está controlado por varios factores: la solubilidad, la reactividad con el agua y con el suelo, el tamaño molecular, la relación disolución - precipitación, la permeabilidad y porosidad del medio, la persistencia, la difusión molecular, la dispersión mecánica, etc.

De cualquier manera, la velocidad de propagación no puede ser mayor que la del agua subterránea y el sentido seguirá al del flujo hidráulico.

Acuíferos

- **Acuífero Libre**

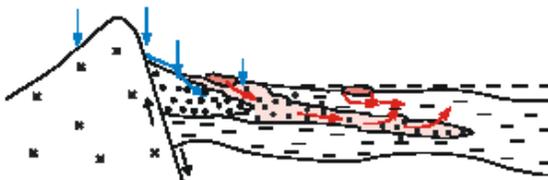
En (1) la profundidad a que se ubica la superficie freática, le otorga un espesor considerable a la zona subsaturada respecto a (2), hecho que favorece la fijación de algunos contaminantes y la atenuación en la concentración de otros. En (2), la cercanía del agua subterránea a la superficie y a la fuente de contaminación, hace que la atenuación de la polución en su paso por la zona subsaturada, sea poco efectiva.



Si la permeabilidad vertical en 1 es mucho mayor que en 2 ($Kv1 \gg Kv2$) la velocidad de desplazamiento de la pluma en (1) es mucho mayor que en (2). De cualquier manera, si el aporte se mantiene y los contaminantes son suficientemente móviles y persistentes, la pluma también puede alcanzar al agua freática en (2), aunque con mayor retardo y dilución.

- **Acuífero confinado**

Está directamente expuesto en sus afloramientos que son los sitios por donde se produce la recarga. Ya en una posición alejada de la serranía, la granulometría disminuye hasta hacerse muy fina (pelítica) y constituir un efectivo sellante litológico. A esto se le agrega la posición de la superficie piezométrica, que frecuentemente se ubica por encima del suelo (acuífero surgente), lo que impide el flujo vertical descendente y por ende la contaminación en profundidad.



- **Acuífero Semiconfinado**

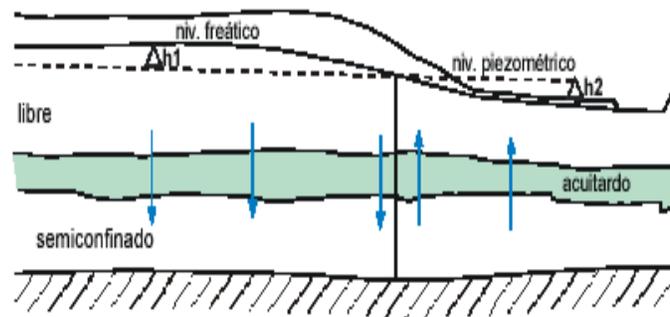
La vulnerabilidad de este tipo de acuífero, está controlada por las propiedades físicas y geométricas de los acuitardos (permeabilidad vertical, porosidad y espesor) y también por la diferencia de potencial hidráulico que guarda con el libre sobrepuesto.



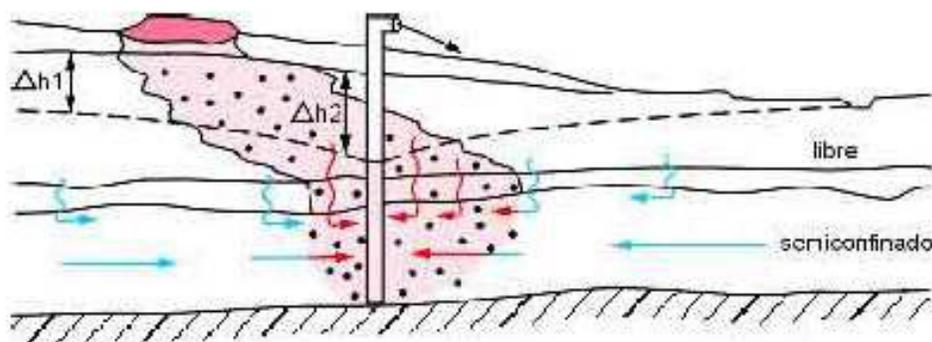
Esta diferencia, que bajo condiciones de no alteración generalmente es pequeña (algunos dm. a pocos m), se magnifica en los ámbitos bajo explotación, donde puede alcanzar decenas y aún centenas de metros.

En la figura se señala la relación hidráulica natural con un h_1 favorable al acuífero libre, que define el sector de recarga del semiconfinado y un h_2 , favorable a este último que tipifica al ámbito de descarga.

El acuífero semiconfinado sólo puede contaminarse a partir del libre en el ámbito de recarga, pero no en el de descarga.



En la figura la extracción generó una nueva relación hidráulica entre los dos acuíferos, cuya consecuencia más trascendente respecto a la vulnerabilidad del semiconfinado, es el descenso de su superficie piezométrica con la consecuente sobrecarga hidráulica del libre en el techo del acuitardo, lo que facilita la filtración vertical descendente y el acceso de contaminantes al semiconfinado.



Hidrogeoquímica

Antes de proceder a una descripción de los procesos disponibles para mejorar la calidad de las aguas, es conveniente revisar los parámetros utilizados para definir su calidad. Algunos de estos parámetros se utilizan en el control de los procesos de tratamiento realizando mediciones de forma continua o discreta.

Los parámetros se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: físicos, químicos, biológicos y radiológicos.

Parámetros Físicos

Sabor y olor:

El sabor y olor del agua son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para los cuales no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano. Las aguas adquieren un sabor salado a partir de los 300 ppm (partes por millón) de Cl^- , y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO_4 . El CO_2 libre le da un gusto picante. Trazas de fenoles (compuestos orgánicos aromáticos, presentes en las aguas naturales, como resultado de la contaminación ambiental y de procesos naturales de descomposición de la materia orgánica), u otros compuestos orgánicos le confieren un color y sabor desagradable.



El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. No se puede atribuir a ningún contribuyente en exclusiva, aunque ciertos colores en aguas naturales son indicativos de la presencia de ciertos contaminantes.

El agua pura es azulada en grandes espesores. En general presenta colores incluidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales, como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle color rojizo, y la del manganeso un color negro. El color afecta estéticamente la potabilidad de las aguas, puede representar un potencial colorante de ciertos productos cuando se utiliza como material de proceso, y un potencial espumante en su uso en calderas.

Las medidas de color se hacen normalmente en laboratorios, por comparación con un estándar arbitrario a base cloruro de cobalto Cl_2CO , y cloroplatinato de potasio, y se expresa en una escala de unidades de Pt-CO (unidades Hazen) o simplemente Pt, pero las superficiales pueden alcanzar varios centenares de ppm.

Según el origen del color los principales tratamientos de eliminación pueden ser la coagulación, filtración, cloración o la adsorción en carbón activo.

Turbidez

La turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. Además interfiere con la mayoría de los procesos a que se pueda destinar el agua.

La medición se hace por comparación con la turbidez inducida por diversas sustancias. La medición en ppm de SiO_2 fue la más utilizada, pero existen diferencias en los valores obtenidos según la sílice y la técnica empleada por un laboratorio u otro. Existen diversos tipos de turbidímetros modernos dando valores numéricos prácticamente idénticos. El fundamento del turbidímetro de Jackson es la observación de una bujía a



través de una columna del agua ensayada, cuya longitud se aumenta hasta que la llama desaparece. Con una célula fotoeléctrica se mejora la medida. El aparato se puede calibrar mediante suspensiones de polímero de formacina, con lo cual se deriva a una escala en unidades de formacina. En el nefelómetro se mide la intensidad de luz difractada al incidir un rayo luminoso sobre las partículas en suspensión y recogida sobre una célula fotoeléctrica.

La unidad nefelométrica (NTU o UNF), la unidad Jackson (JTU), y la unidad de formacina (FTU) se pueden intercambiar a efectos prácticos. Las aguas subterráneas suelen tener valores inferiores a 1 ppm de sílice, pero las superficiales pueden alcanzar varias decenas. Las aguas con 1ppm son muy transparentes y permiten ver a su través hasta profundidades de 4 ó 5m. Con 10 ppm, que sería el máximo deseable para una buena operación de los filtros, la transparencia se acerca al metro de profundidad. Por encima de 100 ppm la transparencia está por debajo de los 10 cm. y los filtros se obstruyen rápidamente. La turbidez se elimina mediante procesos de coagulación, decantación y filtración.

Conductividad y Resistividad

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, y en su casi totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes. La resistividad es la medida recíproca de la conductividad. El aparato utilizado es el conductímetro cuyo fundamento es la medida eléctrica de la resistencia de paso de la electricidad entre las dos caras opuestas de una prima rectangular comprada con la de una solución de ClK a la misma temperatura y referida a 20 °C. La medida de la conductividad es una buena forma de control de calidad de un agua siempre que:

- No se trate de contaminación orgánica por sustancias no ionizables.
- Las mediciones se realizan a la misma temperatura.
- La composición del agua se mantenga relativamente constante.



La unidad estándar de resistencia eléctrica es el ohm y la resistividad de las aguas se expresa convenientemente en megaohm-centímetro. La conductividad se expresa en el valor recíproco, normalmente como microsiemens por centímetro.

Para el agua ultrapura los valores respectivos son de 18,24 Mohms.cm y 0,05483 ps/cma 25 grados centígrados.

Parámetros Químicos

pH

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno, y se define como $\text{pH} = \log(1/[\text{H}^+])$. Es una medida de la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua. La mayoría de aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8. Su medición se realiza fácilmente con un pHmetro bien calibrado, aunque también se puede disponer de papeles especiales que, por coloración, indican el pH. Los valores del pH han de ser referidos a la temperatura de medición, pues varían con ella. El pH se corrige por neutralización.

Dureza

La dureza, debida a la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio, mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones. Afecta tanto a las aguas domésticas como a las industriales, siendo la principal fuente de depósitos e incrustaciones en calderas, intercambiadores de calor, tuberías, etc. Por el contrario, las aguas muy blandas son agresivas y pueden no ser indicadas para el consumo.



Existen distintas formas de dureza:

- Dureza total o título hidrométrico, TH. Mide el contenido total de iones Ca^{++} y Mg^{++} . Se puede distinguir entre la dureza de calcio, THCa , y la dureza de magnesio, THMg . Dureza permanente o no carbonatada. Mide el contenido total de iones Ca^{++} y Mg^{++} después de someter el agua a ebullición durante media hora, filtración y recuperación del volumen inicial con agua destilada. El método es de poca exactitud y depende de las condiciones de ebullición.
- Dureza temporal o carbonatada. Mide la dureza asociada a iones CO_3 H^- , eliminable por ebullición, y es la diferencia entre la dureza total y la permanente.

Si la dureza es inferior a la alcalinidad toda la dureza es carbonatada, pero si la dureza es superior a la alcalinidad hay una parte de dureza no carbonatada, asociada a otros aniones. La dureza de carbonatos es igual al valor m si $\text{TH} > m$, e igual a TH si $\text{TH} < m$. La dureza no carbonatada sólo existe en el primer caso y es igual a $\text{TH} - m$.

La dureza se puede expresar como meq/l , en ppm de CO_3Ca , o en grados hidrométricos de los cuales el más común es el francés (ver medida de la concentración en soluciones acuosas). Las aguas con menos de 50 ppm en CO_3Ca se llaman blandas, hasta 100 ligeramente duras, hasta 200 moderadamente duras, y a partir de 200 ppm muy duras.

Es frecuente encontrar aguas con menos de 300 ppm como CO_3Ca , pero pueden llegar a 1000 ppm e incluso hasta 2000 ppm .

La medición puede hacerse por análisis total o por complexometría con EDTA. Existe una forma sencilla y aproximada que utiliza agua jabonosa por el gran consumo de jabón de las aguas duras.

Para disminuir la dureza las aguas pueden someterse a tratamiento de ablandamiento o desmineralización. En las calderas y circuitos de refrigeración se usan complementariamente tratamientos internos. La estabilidad de las aguas duras y alcalinas se determina mediante índices específicos.



Alcalinidad

La alcalinidad es una medida de la capacidad para neutralizar ácidos. Contribuyen a la alcalinidad principalmente los iones bicarbonato, CO_3H^- , carbonato, $\text{CO}_3^{=}$, y oxhidrilo, OH^- , pero también los fosfatos y ácido silícico u otros ácidos de carácter débil. Los bicarbonatos y los carbonatos pueden producir CO_2 en el vapor, que es una fuente de corrosión en las líneas de condensado. También pueden producir espumas, provocar arrastre de sólidos con el vapor y fragilizar el acero de las calderas. Se distingue entre la alcalinidad total o título alcalimétrico total, TAC, medida por adición de ácido hasta el viraje del anaranjado de metilo, a pH entre 4.4 y 3.1, también conocido como alcalinidad m, y la alcalinidad simple o título alcalimétrico, TA, medida por el viraje de la fenoftaleína, a pH entre 9.8 y 8.2, conocido como alcalinidad p.

A partir de ambas mediciones se pueden determinar las concentraciones en carbonato, bicarbonato e hidróxido.

Se mide en las mismas unidades que la dureza.

La alcalinidad se corrige por descarbonatación con cal; tratamiento con ácido, o desmineralización por intercambio iónico.

Coloides

Es una medida del material en suspensión en el agua que, por su medida alrededor de los 10^{-4} / 10^{-5} mm., se comporta como una solución verdadera y, por ejemplo, atraviesa el papel de filtro. Los coloides pueden ser de origen orgánico (ejemplo, macromoléculas de origen vegetal) o inorgánico (ejemplo, óxido de hierro y manganeso). En aguas potables puede ser una molestia sólo de tipo estético.

La dificultad de sedimentación se salva con un proceso de coagulación - floculación previa. Si se debe a DBO en aguas residuales se puede tratar biológicamente. La filtración es insuficiente y requiere un proceso de ultrafiltración.



Acidez Mineral

La acidez es la capacidad para neutralizar bases. Es raro que las aguas naturales presenten acidez, sin embargo las aguas superficiales pueden estar contaminadas por ácidos de drenajes mineros o industriales. Pueden afectar a tuberías o calderas por corrosión. Se mide con las mismas unidades de la alcalinidad, y se determina mediante adición de bases. Se corrige por neutralización con álcalis.

Sólidos Disueltos

Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada.

Corresponde al residuo seco con filtración previa. El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico o inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales.

Aunque para las aguas potables se indica un valor máximo deseable de 500 ppm, el valor de los sólidos disueltos no es por sí solo suficiente para determinar la bondad del agua. En los usos industriales la concentración elevada de sólidos disueltos puede ser objeccionable por la posible interferencia en procesos de fabricación, o como causa de espuma en calderas.

Los procesos de tratamiento son múltiples en función de la composición, incluyendo la precipitación, intercambio iónico, destilación, electrodiálisis y ósmosis inversa.

Sólidos en Suspensión

Los sólidos en suspensión (SS), son una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser retenidos en un filtro. Se pueden determinar pesando el residuo que queda en el filtro, después de secado. Son indeseables en las aguas de proceso porque pueden causar depósitos en las conducciones, calderas, equipos, etc. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, pero en las superficiales varía



mucho en función del origen y las circunstancias de la captación. Se separan por filtración y decantación.

Sólidos Totales

Los sólidos totales son la suma de los sólidos disueltos y de los sólidos en suspensión.

Residuo Seco

El residuo seco es el peso de los materiales después de evaporar un litro de agua. Si ésta ha sido previamente filtrada, corresponderá al peso total de sustancias disueltas, sean volátiles o no. Conviene fijar la temperatura a que se ha realizado la evaporación. Si se ha hecho a 105 grados centígrados puede haber bicarbonatos, agua de hidratación y materias orgánicas. A 180 grados centígrados los bicarbonatos han pasado a carbonatos, se ha desprendido el agua de cristalización y se habrá desprendido o quemado la materia volátil. El residuo a calcinación es menor que los anteriores ya que los carbonatos se destruyen perdiendo CO_2 .

Cloruros

El ion cloruro, Cl^- , forma sales en general muy solubles. Suele ir asociadas al ión Na^+ , especialmente en aguas muy salinas. Las aguas dulces contienen entre 10 y 25 ppm de cloruros, pero no es raro encontrar valores mucho mayores. Las aguas salobres pueden tener centenares e incluso millares de ppm. El agua de mar contiene alrededor de 20.000 ppm.

El contenido en cloruros afecta la potabilidad del agua y su potencial uso agrícola e industrial. A partir de 300 ppm el agua empieza a adquirir un sabor salado. Las aguas con cloruros pueden ser muy corrosivas debido al pequeño tamaño del ion que puede penetrar la capa protectora en la interfase óxido - metal y reaccionar con el hierro estructural. Se valora con nitratos de plata usando cromatos potásico como indicador. Se separa por intercambio iónico, aunque es menos retenido que los iones polivalentes, por lo cual las aguas de alta pureza requieren un pulido final.



Sulfatos

El ion sulfato, $SO_4^{=}$, corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces contienen de 2 a 150 ppm, y el agua de mar cerca de 3000 ppm. Aunque en agua pura se satura a unos 1500 ppm, como SO_4Ca , la presencia de otras sales aumenta su solubilidad.

La determinación analítica por gravimetría con cloruros de bario es la más segura. Si se emplean métodos complexométricos hay que estar seguro de evitar las interferencias. No afecta especialmente al agua en cantidades moderadas.

Algunos centenares de ppm perjudican la resistencia hormigón. Industrialmente es importante porque, en presencia de iones calcio, se combina para formar incrustaciones de sulfato cálcico.

Su eliminación se realiza por intercambio iónico.

Nitratos

El ion nitrato, NO_3^- , forma sales muy solubles y bastante estables, aunque en medio reductor puede pasar a nitrito, nítrógeno, o amoníaco. Las aguas normales contienen menos de 10 ppm, y el agua de mar hasta 1 ppm, pero las aguas contaminadas, principalmente por fertilizantes, pueden llegar a varios centenares de ppm.

Concentraciones elevadas en las aguas de bebida pueden ser la causa de cianosis infantil. Industrialmente no tiene efectos muy significativos, e incluso es útil para controlar la fragilidad del metal de las calderas.

Su determinación en el laboratorio es complicada y se realiza en general por espectrofotometría, resultante de la absorción de la radiación UV por el ion nitrato.

Se elimina por intercambio iónico, pero no es un método económico en los procesos de potabilización en grandes volúmenes. Están en desarrollo procesos de eliminación biológicos.



Su presencia en las aguas superficiales, conjuntamente con fosfatos, determina la eutrofización, que se caracteriza por un excesivo crecimiento de las algas.

Fosfato

El ion fosfato, $PO_4^{=}$, en general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Al corresponder a un ácido débil, contribuye a la alcalinidad de las aguas.

En general no se encuentran en el agua más de 1 ppm, pero pueden llegar a algunas decenas debido al uso de fertilizantes. Puede ser crítico en la eutrofización de las aguas superficiales. No suele determinarse en los análisis de rutina, pero puede hacerse colorimétricamente.

Fluoruros

El ion fluoruro, F^- , corresponde a sales de solubilidad en general muy limitada. No suele hallarse en proporciones superiores a 1 ppm. Tiene un efecto beneficioso sobre la dentadura si se mantiene su contenido alrededor de 1 ppm, y por este motivo se agrega a veces al agua potable. Su análisis suele hacerse por métodos colorimétricos.

Sílice

La sílice, SiO_2 , se encuentra en el agua disuelta como ácido silícico, SiO_4H_4 , y como materia coloidal. Contribuye ligeramente a la alcalinidad del agua. Las aguas naturales contienen entre 1 y 40 ppm, pudiendo llegar a 100 ppm, especialmente si son aguas bicarbonatadas sódicas. Se determina analíticamente por colorimetría.

La sílice tiene mucha importancia en los usos industriales porque forma incrustaciones en las calderas y sistemas de refrigeración, y forma depósitos insolubles sobre los álabes de las turbinas. Su eliminación se consigue parcialmente por precipitación pero fundamentalmente mediante resina de intercambios iónicos fuertemente básicos.



Bicarbonatos y Carbonatos

Existe una estrecha relación entre los iones bicarbonato, CO_3H^- , carbonato, $\text{CO}_3^{=}$, el CO_2 gas y el CO_2 disuelto.

A su vez el equilibrio está afectado por el pH. Estos iones contribuyen fundamentalmente a la alcalinidad del agua.

Los carbonatos precipitan fácilmente en presencia de iones calcio. Las aguas dulces suelen contener entre 50 y 350 ppm de ion bicarbonato, y si el pH es inferior a 8,3 no hay prácticamente ion bicarbonato. El agua de mar tiene unos 100 ppm de ion bicarbonato.

Otros Componentes Aniónicos

Los sulfuros, $\text{S}^{=}$, y el ácido sulfhídrico son característicos de medios reductores, pero en general las aguas contienen mucho menos de 1 ppm. Comunican muy mal olor al agua, lo cual permite su detección. Son especialmente corrosivos para las aleaciones de cobre. Los compuestos fenólicos afectan la potabilidad del agua, produciendo olores y gustos muy desagradables, especialmente después de su cloración.

Los detergentes son sólo muy ligeramente tóxicos pero presentan problemas de formación de espumas, y pueden interferir en los procesos floculación y coagulación, y afectar la oxigenación del agua.

Los ácidos húmicos pueden afectar ciertos procesos de pretratamiento e intercambio iónico.

Sodio

El ion sodio, Na^+ , corresponde a sales de solubilidad muy elevada y difíciles de precipitar. Suele estar asociado al ion cloruro. El contenido en aguas dulces suele estar entre 1 y 150 ppm, pero es fácil encontrar valores muy superiores, de hasta



varios miles de ppm. El agua de mar contiene cerca de 11.000 ppm. Es un indicador potencial de corrosión.

La determinación analítica se hace por fotometría de llama. En los análisis rutinarios el ion sodio no se determina sino que se calcula como diferencia entre el balance de aniones y cationes.

El sodio se elimina por intercambio iónico, pero como ion monovalente es una de las primeras sustancias que fugan de la columna catiónica o del lecho mixto.

Potasio

El ion potasio, K^+ , corresponde a sales de solubilidad muy elevada y difíciles de precipitar. Las aguas dulces no suelen contener más de 10 ppm y el agua de mar contiene alrededor de 400 ppm, por lo cual es un catión mucho menos significativo que el sodio.

Su determinación se hace por fotometría de llama. En los análisis rutinarios se elimina al sodio. Se elimina por intercambio iónico.

Magnesio

El ion magnesio, Mg^{++} , tiene propiedades muy similares a las del ion calcio, pero sus sales son, en general, más solubles y difíciles de precipitar; por contrario, su hidróxido, $Mg(OH)_2$, es menos soluble.

Las aguas dulces suelen contener entre 1 y 100 ppm, y el agua de mar contiene unos 1300 ppm. Cuando el contenido en agua alcanza varios centenares le da un sabor amargo y propiedades laxantes, que pueden afectar su potabilidad.

Contribuye a la dureza del agua y a pH alcalino que puede formar incrustaciones de hidróxido.



Su determinación analítica se realiza por complexometría.

Se puede precipitar como hidróxido pero su eliminación se realiza fundamentalmente por intercambio iónico.

Hierro

El ion hierro se puede presentar como ion ferroso, Fe^{++} , o en la forma más oxidada de ion férrico, Fe^{+3} . La estabilidad de las distintas formas químicas depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras del medio, composición de la solubilidad, presencia de materias orgánicas complejantes, etc. La presencia de hierro puede afectar a la potabilidad del agua y, en general, es un inconveniente en las aguas industriales por dar lugar a depósitos e incrustaciones.

Las condiciones de estabilidad hacen que las aguas subterráneas normalmente sólo contengan Fe^{++} disuelto.

La concentración suele estar entre 0 y 10 ppm de Fe^{++} , pero al airear el agua precipita $Fe(OH)_3$, de color pardo-rojizo, y el contenido en ion disuelto se reduce a menos de 0,5 ppm. Sólo las aguas de pH ácido pueden tener contenidos en hierro de varias decenas de ppm.

Se determina analíticamente por colorimetría y espectrofotometría de absorción atómica, dando el hierro total que incluye las formas soluble, coloidal y en suspensión fina.

Por aireación del agua la forma ferrosa pasa a férrica y precipita, o bien se elimina por coagulación y filtración. También se puede emplear el intercambio catiónico.

Manganeso

El ion manganeso se comporta en muchos aspectos de forma similar al hierro. Además de actuar con 2 y 3 cargas positivas, actúa con valencia +4 formando el MnO_2 insoluble. Rara vez el agua contiene más de 1 ppm, y entonces requiere un pH



ácido. La forma más general es el Mn^{++} , que por aeración oxidativa da un precipitado negro de MnO_2 .

Igual que el hierro, forma compuestos orgánicos estables. Se determina por oxidación a permanganato y colorimetría de la solución oxidada y espectrometría de absorción atómica.

Metales Tóxicos

Los más comunes son el arsénico, el cadmio, el plomo, el cromo, el bario y el selenio. Todos ellos deben ser estrictamente controlados en el origen de la contaminación. Las mediciones analíticas se realizan en general por espectrofotometría de absorción atómica.

Gases Disueltos

El dióxido de carbono, CO_2 , es un gas relativamente soluble que se hidroliza formando iones bicarbonato y carbonato, en función del pH del agua. Las aguas subterráneas profundas pueden contener hasta 1500 ppm, pero en las aguas superficiales se sitúa entre 1 y 30 ppm. Un exceso de CO_2 hace al agua corrosiva, factor importante en las líneas de vapor y condensados. Se elimina por aeración, desgasificación o descarbonatación.

El oxígeno, O_2 , por su carácter oxidante juega un papel importante en la solubilidad o precipitación de iones que presentan una forma insoluble. Su presencia es vital para todas las formas de vida superior y para la mayoría de microorganismos. Es el parámetro más importante en el control de la calidad de las aguas superficiales en cauces naturales. Provoca la corrosión de los metales, en líneas y equipos; pero su ausencia puede representar la presencia de otros gases objeccionables tales como: metano, sulfhídrico, etc. Existen sondas específicas para medir el oxígeno disuelto en el agua. Se elimina por desgasificación, o mediante reductores como el sulfito sódico y la hidrazina.



El ácido sulfhídrico, SH_2 , causa un olor a huevos podridos y es causa de corrosión. Se puede eliminar por aireación u oxidarlo por cloración. También se elimina con un intercambiador aniónico fuerte.

El amoníaco, NH_3 , es un indicador de contaminación del agua, y en forma no iónica es tóxico para los peces.

Al clorar el agua a partir del amoníaco se forman cloraminas, también tóxicas. Provoca la corrosión de las aleaciones de cobre y zinc, formando un complejo soluble. Se puede medir con electrodos específicos o por colorimetría con el reactivo de Nessler. Se elimina por desgasificación, o intercambio catiónico.

Parámetros Orgánicos y Biológicos

Indicativos de Contaminación

Tanto la actividad natural como la humana contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas naturales.

La descomposición de la materia animal y vegetal da lugar a ácidos húmico y fúlvico y a materias colorantes.

Los residuos domésticos contienen materias orgánicas en descomposición, detergentes y microorganismos.

Los vertidos industriales contienen múltiples compuestos orgánicos, tales como aceites y disolventes.

De la actividad agrícola resultan residuos de herbicidas y pesticidas, etc. La concentración de estos compuestos orgánicos en el agua no es constante, sino variable por múltiples causas, y obliga a ajustes permanentes en las plantas de tratamiento.



El uso de tratamientos biológicos para su eliminación implica el uso de parámetros de medida menos específicos que los que miden radicales químicos, y que sin embargo permitan el control de las unidades de tratamiento.

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua, mediante procesos biológicos aerobios. En general se refiere al oxígeno consumido en 5 días (DBO5) y se mide en ppm de O₂. Las aguas subterráneas suelen contener menos de 1 ppm. Un contenido superior es indicativo de contaminación. En las aguas residuales domésticas se sitúa entre 100 y 350 ppm. En las aguas residuales industriales su concentración es totalmente dependiente del proceso de fabricación pudiendo alcanzar varios miles de ppm. Su eliminación se realiza por procesos fisicoquímicos y biológicos aerobios o anaerobios.

Demanda Química de Oxígeno

Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato o permanganato, por las materias oxidables contenidas en el agua, y también se expresa en ppm de O₂. Indica el contenido en materias orgánicas oxidantes y otras sustancias reductoras, tales como Fe⁺⁺, NH₄⁺, etc.

Las aguas no contaminadas tienen valores de la DQO de 1 a 5 ppm, o algo superiores. Las aguas con valores elevados de DQO, pueden dar lugar a interferencias en ciertos procesos industriales. Las aguas residuales domésticas suelen contener entre 250 y 600 ppm.

En las aguas residuales industriales la concentración depende del proceso de fabricación de que se trate.

La relación entre los valores de la DBO y la DQO es un indicativo de la biodegradabilidad de la materia contaminante.



En aguas residuales un valor de la relación DBO/DQO menor que 0,2 se interpreta como un vertido de tipo inorgánico y si es mayor que 0,6 como orgánico.

Carga Orgánica Total

El COT es una medida del contenido en materia orgánica del agua. El carbón orgánico se oxida a CO_2 en presencia de un catalizador y se mide en un analizador infrarrojo. Algunos compuestos orgánicos pueden resistir a la oxidación y dar valores ligeramente inferiores a los reales. El aumento de su uso se debe a la rapidez de realización de los análisis.

Parámetros Bacteriológicos

La bacteria *Escherichia coli*, y el grupo coliforme en su conjunto, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal. Las bacterias coliformes son microorganismos de forma cilíndrica, capaces de fermentar la glucosa y la lactosa. Otros organismos usados como indicadores de contaminación fecal son los estreptococos fecales y los clostridios. Estos últimos son los organismos anaerobios, formadores de esporas. Las esporas son formas resistentes de las bacterias capaces de sobrevivir largo tiempo, cuya presencia en ausencia de coliformes es indicativo de una pasada contaminación.

Los análisis bacteriológicos de aguas se realizan por el método de los tubos múltiples y se expresan en término del "número más probable" (índice NMP) en 100 ml de aguas. Las aguas con un NMP inferior a 1, son satisfactoriamente potables.

La presencia de microorganismos no tiene importancia en muchos procesos industriales pero la industria alimentaria requiere agua de calidad potable.

La destrucción de las bacterias a lugar a sustancias llamadas pirógenas, de especial importancia en el agua empleada para la producción de inyectables en la industria farmacéutica. Los microorganismos también pueden dar lugar a limos, especialmente en los circuitos cerrados de refrigeración.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE
WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS

Según el destino del agua, la eliminación de bacterias se realiza por filtración, tratamiento biológico, o esterilización por luz ultravioleta, cloración u ozonización.

Demanda de Cloro (breakpoint)

Es una medida del contenido en materia orgánica de un agua, obtenida al añadir cloro. Inicialmente se forman compuestos de cloro con la materia orgánica, pero que se van destruyendo al aumentar la adición. El breakpoint, o punto de ruptura, corresponde al inicio de la destrucción de los compuestos clorados originalmente formados.

No tiene interés en la caracterización de aguas subterráneas, pero sí para las aguas superficiales.

Es importante en el tratamiento de aguas potables para determinar la cantidad de desinfectante a añadir. Se mide en ppm de Cl_2 .



TECNOLOGIAS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTOS DE AGUA

El agua es indispensable para la vida y es necesario poner a disposición de los consumidores un abastecimiento satisfactorio, haciendo todo lo posible para obtener la mejor calidad que la tecnología permita. El primer objetivo es proteger al agua de la contaminación, lo que se obtiene mediante la protección de la fuente de abastecimiento.

Para ser apta para el consumo el agua requiere de una serie de tratamientos que se establecen acordes a su calidad inicial. La fuente de abastecimiento y las circunstancias en el sitio en particular son lo que definirán la calidad del agua de dicha fuente, las dificultades que tendrán que enfrentarse para hacerlas potable y la complejidades de los tratamientos que se deberían aplicar para hacerla inocua (una de las principales características que debe cumplir el agua para ser considerada apta para el consumo). Puede decirse que, en general, el agua subterránea es de mejor calidad y requiere menos tratamiento para su uso, puesto que no acarrea con sedimentos suspendidos, mientras que el agua superficial, por esa razón, requiere de tratamientos diferentes y más complejos para la remoción de esos sólidos suspendidos y sustancias asociadas.

El primer paso para potabilizar agua es determinar la calidad inicial del agua en la fuente de abastecimientos, lo que permitirá diseñar el tratamiento necesario.

Existen tratamientos físicos, químicos y biológicos y combinaciones de ellos para la potabilización. Todos los tratamientos tienen limitaciones, y tanto sus ventajas como sus limitaciones son lo que definen su campo de aplicación.

Criterios para la selección de una solución tecnológica:

- Grado de complejidad del sistema: La solución seleccionada debe ser de simple construcción, operación, mantenimiento y reparación.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE
WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS

-
- Flexibilidad: La propuesta tecnológica debe producir agua de calidad óptima en forma continua, con un mínimo de operación y fácil mantenimiento.
 - Costo: La tecnología seleccionada debe garantizar agua potable óptima al menor costo posible.
 - Recursos Necesarios: Las alternativas tecnológicas para el tratamiento de agua requieren un grado o nivel de desarrollo de la comunidad, para construir, operar, y mantener la planta. Deben determinarse y analizarse los recursos necesarios para cada alternativa.
 - Uso de materiales locales: Siempre que sea posible deben utilizarse materiales locales, de manera tal que se logren soluciones de alta tecnología a bajo costo y de fácil y rápido acceso.



ACUEDUCTOS

Un acueducto es toda aquella obra destinada al transporte de agua entre dos o más puntos. Esta obra incluye tanto al medio físico a través del cual el fluido será transportado (tuberías, canales, etc.) como todas las obras adicionales necesarias para lograr un funcionamiento adecuado de la instalación (Estaciones de bombeo, compuertas, reservas, etc.).

Por lo general la idea de construir un acueducto surge ante la necesidad de proveer agua a sitios o poblaciones que no disponen en abundancia de la misma, o en caso de disponer, que su calidad sea deficiente.

Tipos de Acueductos

- **Acueductos por Gravedad:** En este sistema la fuente de captación está a un nivel más alto que la comunidad. El agua baja por gravedad o sea por su peso propio, hasta el tanque de almacenamiento.
El sistema solo requiere del uso de válvulas para controlar el agua y garantizar que el servicio llegue adecuadamente a todos los puntos de distribución.
- **Acueductos por Bombeo:** Cuando la comunidad se ubica en un nivel más alto que la fuente es necesario utilizar bombas para elevar el agua.
Estas bombas impulsan el agua hacia los tanques de almacenamiento y distribución. Una vez en los tanques el agua baja por gravedad a la comunidad.

Obra de Captación

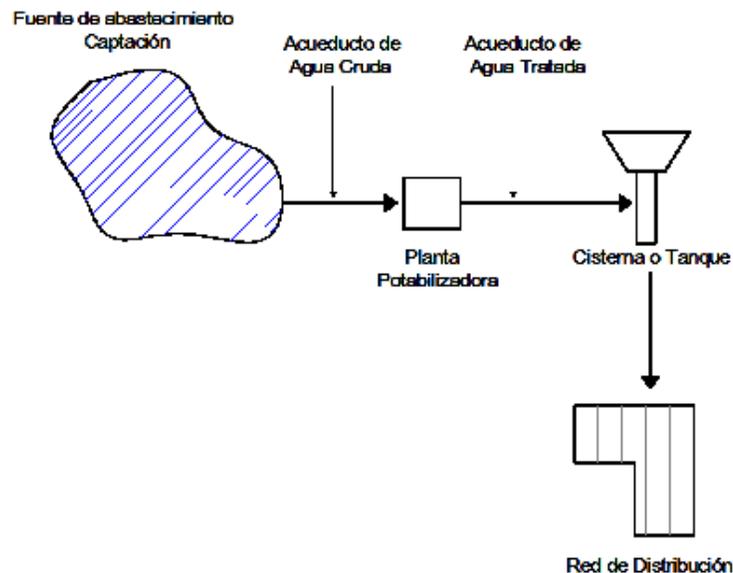
Las captaciones se clasifican en:

- **Captaciones de aguas superficiales:** Son las que usan escorrentías y depósitos superficiales como ríos, lagos y embalses. Su captación se hace por medio de represas, canales, pozos y drenajes.



- Captación de aguas subterráneas: Son las que utilizan las fuentes superficiales como las nacientes, así como las sub-superficiales como drenajes pozos de poca profundidad o acuíferos separados por medio de la perforación de pozos profundos.

ESQUEMA GENERAL DE UN ACUEDUCTO



Ventajas y Desventajas de un Acueducto

Ventajas:

- Universalización del servicio de provisión de agua potable a todas las localidades de la Provincia a través de fuente superficial, con mayor cantidad de sistemas independientes.
- Reducción de la vulnerabilidad, ante situaciones de emergencia.
- Mayor autonomía en la provisión de energía de los sistemas a ejecutar, minimizando los futuros costos de funcionamiento.



Desventajas

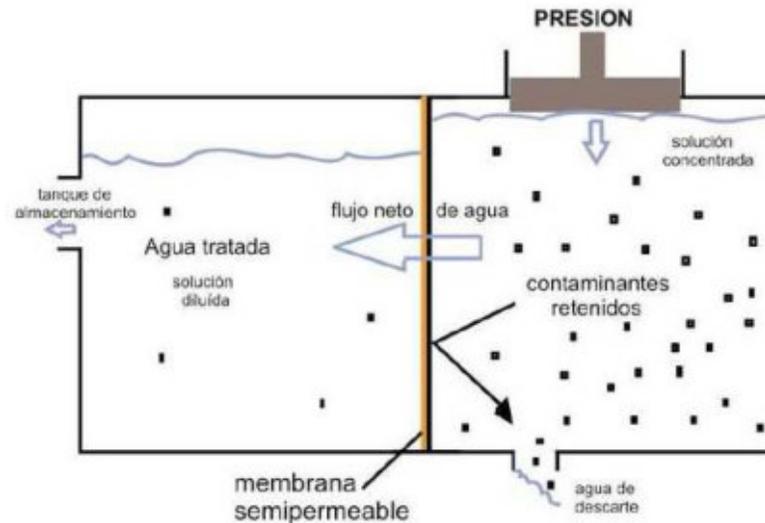
Cabe destacar que es una obra muy importante para toda la provincia y en especial para el sur de Santa Fe, ya que en caso de ejecutarse abastecerá a 65 localidades.

Por otra parte se conoce desde el gobierno provincial que llevará años en ejecutarse este tipo de obras, por lo que el proyecto planteado es a largo plazo, el cual todavía se está elaborando, y está en la etapa de búsqueda de financiamiento.

ÓSMOSIS INVERSA

Se conoce como Osmosis Inversa (OI) al proceso de separación por membrana que es capaz de rechazar contaminantes tan pequeños del tamaño de 0.0001 mm. La OI es el nivel más fino de filtración posible y, puede describirse como un proceso de transferencia de masa de iones a través de la membrana, controlada por difusión. Consecuentemente, este proceso puede llevar a la remoción de sales, durezas, patógenos, turbidez, compuestos orgánicos sintéticos, pesticidas, y la mayoría de los contaminantes del agua potable conocidos hoy en día.

El rechazo de sales disueltas de una membrana de OI se encuentra en el orden del el 95 al 99.9 %.



El campo de aplicaciones de esta tecnología es muy amplio, siendo las más comunes:

- Industria farmacéutica.
- Industria electrónica.
- Industria de la alimentación y bebida.
- Industria química.
- Industria agrícola-ganadera.
- Tratamientos de agua para generadores de vapor.
- Tratamiento de agua para procesos industriales.
- Torres de enfriamiento.
- Agua destilada, bidestilada y tridestilada.
- Producción de hielo.
- Potabilización de agua.



- Recuperación de aguas de desecho.

Ventajas

- Generación de aguas de alta calidad, incluso aguas destiladas.
- Es capaz de remover todo tipo de contaminante.
- Puede tratar grandes volúmenes de agua
- Bajo costo de operación.
- Autonomía de servicio.

Desventajas

- Requiere de pre-tratamiento, dependiendo del caso.
- Requiere un gran consumo de energía.
- Genera entre un 30 y 60% de rechazo (rechazo de membrana) según el agua tratada que deben disponerse o tratarse.

Membrana de Osmosis Inversa

Las membranas de OI se clasifican de acuerdo con la morfología de su sección transversal en asimétricas y de película delgada compuesta.

Las membranas asimétricas fueron desarrolladas en 1962 y emplean polímeros de acetato de celulosa y poliamidas aromáticas. Estas membranas tienen una capa densa y delgada para rechazar las sales y una capa gruesa de soporte poroso, ambas del mismo material.

Las membranas de película delgada compuesta tienen una capa de barrera delgada superior y una sub-capa porosa de material diferente. La capa de barrera puede ser seleccionada para proveer alto rechazo de sales y alto flujo de permeado y la sub-capa puede ser optimizada en porosidad, fortaleza, y resistencia a la compactación.

Estas son las más usadas comercialmente en aplicaciones de tratamientos de agua, y las encontraremos mayormente en las dos configuraciones más conocidas, fibra hueca y enrollada en espiral, siendo estas últimas las de mejor desempeño y mejor relación costo-beneficio.



Clases de contaminantes:

- No Iones.
- Iones.
- Partículas.
- Compuestos orgánicos.

Dependiendo de la aplicación es necesario remover algunos de ellos. El sistema de tratamiento dependerá de la calidad de agua tratada requerida y de la clase y concentración de especies en el agua de alimentación.

Además del tamaño de lo que se quiere remover, es importante conocer su concentración en la alimentación, así como, el nivel máximo permitido en el agua tratada.

La concentración de impurezas en el agua de alimentación depende del tipo de fuente de agua a tratar.

Agua de mar.

Agua de pozo.

Agua superficial (Ríos, Lagos, etc.).

Agua recuperada.

Normalmente el agua de mar puede tener hasta 50.000 ppm de sólidos disueltos. Las otras fuentes de agua varían su concentración dependiendo del lugar de la fuente y la época del año.

Dependiendo del agente más contaminantes o del elemento en mayor cuantía a abatir, se seleccionará el tipo de membrana a utilizar.



Cada tipo de membrana trabaja a una determinada presión. Los rangos de operación se encuentran entre 50 ppm y 50.000 ppm de concentración y, 10 Kg/cm² y 15 Kg/cm² la presión aplicada respectivamente.

Ventajas de los sistemas de Osmosis Inversa:

- Agua de alta pureza.
- Fácil de instalar
- Simple operación.
- No genera efluentes agresivos.
- Bajos costos de operación y mantenimiento.

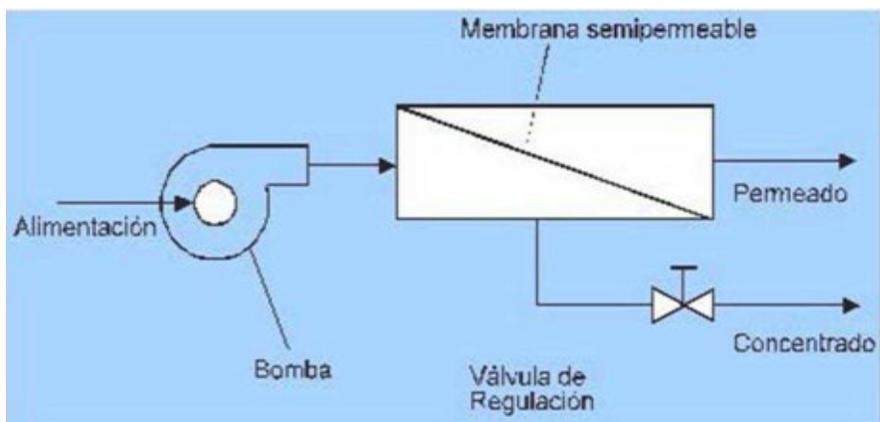


Diagrama Tecnológico

La figura muestra en forma simplificada de un equipo de OI. Aplicando presión a la corriente de alimentación se produce dentro de la membrana dos corrientes de flujo continuo: permeado y concentrado. La corriente de concentrado, de mayor contenido de sales es descartada, o en algunos casos, utilizada para agua de servicio, en tanto que el permeado se constituye en el producto del proceso, agua prácticamente libre de sales u otro tipo de compuestos.



El flujo de permeado es proporcional a la presión aplicada menos el diferencial de presión osmótica, mientras que el flujo de sales es función de la diferencia de concentraciones de sólidos disueltos a través de la membrana.

El flujo de permeado depende, además de la presión aplicada y, de la temperatura del agua de alimentación. A mayor temperatura, mayor será el caudal del permeado.

Descripción de un Sistema de Osmosis Inversa

Pretratamiento

Una bomba auxiliar es la encargada de vencer la caída de presión en los filtros y proveer la presión adecuada en la entrada de la bomba de alta presión. La cadena de filtros micrónicos, pre-filtrado final de 5 mm, remueve todas las partículas gruesas para evitar un ensuciamiento prematuro de las membranas, mientras que un manómetro aguas arriba y otro aguas abajo permite monitorear la caída de presión en los filtros para determinar el momento de recambio.

La electroválvula de entrada aísla hidráulicamente las membranas de OI cuando el equipo se encuentra fuera de operación. Debido a que los sistemas de membranas concentran sales por encima de su límite de solubilidad, es necesario, en la mayoría de los casos, la dosificación de antincrustante para evitar depósitos de sales poco solubles sobre las membranas.

Membranas – Procesos de Osmosis Inversa

Básicamente los sistemas de membranas están compuestos por una bomba de alta presión, un tubo de membranas, y un juego de válvulas de regulación. La cantidad de membranas y la configuración adoptada se determina en base al caudal a tratar por medio de un programa de simulación provisto por el fabricante de membranas.

Los datos a considerar son: caudal a tratar, calidad de agua de alimentación, temperatura, calidad deseada en el producto. A partir de la simulación se determina el punto apropiado de operación del sistema. Es de gran importancia que estos parámetros



de diseño se cumplan, ya que de esta forma el fabricante asegura el buen funcionamiento del equipo.

Almacenamiento

Un sistema de OI opera a caudal constante. Debido a que estos pueden funcionar las 24 hs del día, en casos donde el requerimiento de agua sea de menor tiempo, se podría almacenar agua en una cisterna durante las horas del día donde no haya consumo de agua y luego consumir a mayor caudal que el de producción del equipo.

El dimensionamiento de dicho tanque está ligado a la producción del sistema y el consumo requerido.

Diseño de un Sistema de Osmosis Inversa

Los módulos de OI suelen acoplarse en paralelo o en serie en función de los caudales y las características del agua a tratar. El concentrado se distribuye en paralelo en cada etapa del tubo y pasa de un tubo a otro mientras que el permeado es colectado en forma simultánea de cada elemento o carcasa conformando una única corriente del producto.

Según la cantidad de etapas y concentraciones de iones pueden lograrse aprovechamientos de agua entre el 15 y 80% para un primer paso.

En algunos casos es posible reducir el número de elementos o etapas requeridas recirculando parte del concentrado.

Una vez diseñado, quedarán definidas todas las variables de operación: caudales, caídas de presión en cada etapa, características químicas de cada corriente, etc.

Tratamiento Químico del Agua de Alimentación

El problema más crítico a enfrentar en la operación de un sistema de OI es la posibilidad de ensuciamiento.



Entre las sustancias que provocan el ensuciamiento podemos encontrar:

- Hidróxidos metálicos.
- Coloides y partículas.
- Sustancias orgánicas y biológicas.
- Precipitados de sales poco solubles.

Los procedimientos de limpieza química son efectivos, pero dicha limpieza no debería transformarse en sustituto de un pretratamiento adecuado.

Los limpiadores no son generalmente efectivos en un 100% e incluso algunos podrían afectar el rechazo de sales de la membrana. Con un adecuado pretratamiento, un equipo de OI, no debería ser limpiado más de una vez al año y la vida de las membranas debería ser de 5 años.

Cualquiera sea el tipo de ensuciamiento se verán incrementos en la presión diferencial de cada tubo o en la conductividad del agua tratada.

El pretratamiento puede incluir alguna de las siguientes etapas:

- Filtración multimedia.
- Filtración por cartucho.
- Eliminación de cloro. Fundamental. El cloro destruye inmediatamente la estructura de la membrana de ósmosis inversa.
- Ablandamiento.
- Ajuste de pH.
- Irradiación Ultravioleta.
- Coagulación / Flocculación.
- Ultrafiltración.



PROBLEMA DEL AGUA EN SANTA FE

Condicionamiento de Orden Natural

La provincia de Santa Fe se encuentra ubicada en la región hidrogeológica denominada Llanura Chaco Pampeana. El principal recurso hídrico de la región es el Río Paraná que se extiende en el límite este de la Provincia a lo largo de más de 800 km y se destaca por el caudal y la calidad de las aguas. El río Paraná es la principal fuente segura de agua para consumo humano. En la actualidad se abastecen de esta fuente y de dos de sus brazos principales (Río Coronda y Río San Javier) veinticuatro localidades, entre las cuales se encuentran las ciudades más importantes del territorio provincial: Santa fe (ciudad capital de la Provincia) y Rosario que juntas representan el 49,6% de la población santafesina. Los dos ríos más importantes que se encuentran en el interior provincial son el Río Salado y el Río Carcarañá. Estos ríos presentan importantes concentraciones de sales. El Río Salado además está sujeto a fuertes variaciones de caudales, debido al uso para riego y generación de energía que realiza aguas arriba la provincia de Santiago del Estero. Esta situación se agudiza en invierno, cuando dicho río alcanza su caudal mínimo (estiaje), debido a la disminución de las precipitaciones.

Estos condicionamientos hidrogeológicos determinaron históricamente a que las poblaciones del interior provincial utilizaran fuentes subterráneas de aprovisionamiento de agua para consumo humano.

Situación Actual en la Provincia de Santa Fe

El 60% de la población de la Provincia de Santa Fe (15 localidades), se abastece del servicio de agua que brinda Aguas Santafesinas S.A. Por otra parte, hasta el año 2008 el 40% restante (347 localidades) no tenía garantizado un servicio de calidad, por tal motivo el Gobierno de la Provincia plantea adoptar soluciones estratégicas, que consisten en el diseño y ejecución de un Sistema Provincial compuesto por 12 acueductos. Este sistema está diseñado para un horizonte de previsiones para los próximos 30 años, asegurando el acceso al agua potable de calidad en todas las poblaciones santafesinas.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE
WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS

Sistema Provincial de Acueductos



Problemática del abastecimiento de agua potable en el interior de la Provincia de Santa Fe

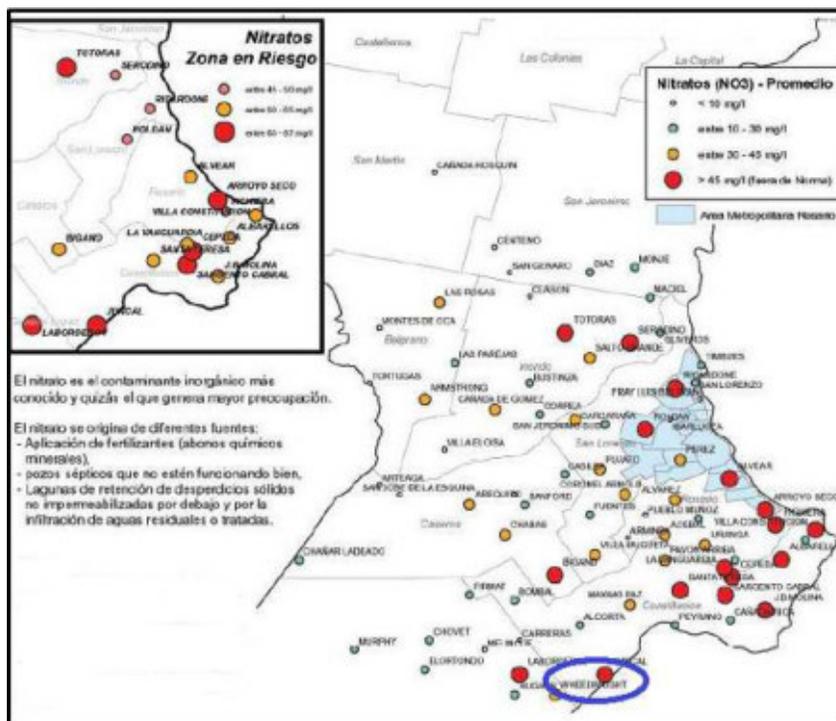
- Ausencia en cantidad y/o calidad de las aguas superficiales.
- Vulnerabilidad de la fuente por acciones antrópicas.
- Deficiente calidad de las aguas subterráneas –Acuíferos Puelche y Pampeano.
- Limitación al desarrollo de las localidades



PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS



Fuentes de captación disponibles:

- Río Paraná: Presenta una elevada concentración de sólidos en suspensión, pero que no incorporan organismos microbiológicos ni sustancias químicas. Su tratamiento es sencillo, se cuenta con amplia experiencia para su tratamiento en varias localidades.
- Otras Fuentes: Río Salado/Río Carcarañá (presentan altos contenidos de sales).

Sistema Provincial de Acueductos

En el caso de la Localidad de Wheelwright, el proyecto pertenece al acueducto Sur tres, el cual se está elaborando, y en caso de ejecutarse se verán beneficiadas, las



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE
WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS

localidades de los departamentos de: Rosario, San Lorenzo, Villa Constitución, General López y Caseros.

El sistema de acueducto estará compuesto por: captación de agua, conducción de agua cruda, planta potabilizadora, estación de bombeo, conducciones de aguas tratadas, cisternas de almacenamiento, válvulas, dispositivos de antiarriete y sistemas de telegestión y control (el mismo se realizará mediante fibra óptica). El proyecto contempla el transporte de agua hasta los pueblos y ciudades, quedando la distribución y comercialización a cargo de cada localidad.

Si bien el proyecto es muy importante para toda la Provincia, ya que tiene como objetivo proveer de agua potable a la totalidad de las poblaciones del territorio santafesino, son obras a largo plazo, por tal motivo es que se continúa trabajando con sistemas alternativos que dan respuesta en lo inmediato y a las demandas actuales de la población, bajo la normativa de calidad vigente (Anexo A de la Ley 11.220).





**JUSTIFICACIÓN DE ELECCIÓN DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA
LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT – SANTA FE**

CONCLUSIÓN FINAL: De acuerdo a lo expuesto y dadas las ventajas y desventajas citadas de cada tipo de fuente de provisión de agua y sistemas de tratamiento, se concluye que para el proyecto en cuestión se adoptará una fuente de agua subterránea dada su disponibilidad y baja vulnerabilidad y, un sistema de tratamiento por ósmosis inversa, dada su adecuada tecnología, fácil operación, otorgando al conjunto el carácter de autónomo y sustentable para la localidad.

El sistema adoptado, presenta la ventaja de rápida ejecución, resolviendo la problemática de calidad de agua a corto plazo, mientras se espera una solución integral como lo sería un acueducto. En la hipótesis de concreción del mismo, la planta de ósmosis inversa no quedará en desuso, sino que tendrá el carácter de suplemento y soporte ante una salida de servicio del sistema de provisión de agua por acueducto, otorgando el carácter de independencia local de provisión de agua potable a costo similar, incluso más bajo que el de acueductos.-



PARAMETROS DE DISEÑO

Periodo de Diseño:

Clase Cargas:

Las otras cargas básicas de la planta purificadora, tendrán un periodo de diseño de 20 años y las instalaciones electroenergéticas de los mismos de 10 años. El tratamiento propiamente dicho (equipo de bombeo inversa), tendrá un periodo de diseño de 5 años, basados fundamentalmente en la vida útil de las membranas, las cuales en promedio presentan un 7% anual de rendimiento. Transcurrido dicho tiempo, la pérdida de capacidad de producción está en el orden del 35 % del caudal original, situación en la cual el equipo requiere ser reemplazado por uno nuevo de igual capacidad, con un 35 % anual de costo de inversión (membranas). Es por ello que la reemplazación de una en 5 años. Es preferible hacer una inversión en cambio de membranas y purificar el caudal de producción de origen y no que el costo inicialmente sea un 35 % mayor con los mismos elementos.

SECCIÓN B

La capacidad de los equipos y sistemas de almacenamiento, se adoptarán para un periodo de 10 años.

Conclusiones:

Calculo de la Producción Futura

Para el cálculo de la producción futura se adoptó un crecimiento anual con un 100% adicional para los próximos 10 y 20 años.

P ₀ =	635 l	habitantes		
P ₁₀ = P ₀ (1 + i) ⁿ	6354 (1 + 100%) ¹⁰	7375	11375	habitantes
P ₂₀ = P ₀ (1 + i) ⁿ	6354 (1 + 100%) ²⁰	17375	27375	habitantos



PARAMETROS DE DISEÑO

Periodo de Diseño:

Obras Civiles:

Las obras civiles básicas de la planta potabilizadora, tendrán un periodo de diseño de 20 años y las instalaciones electromecánicas de las mismas de 10 años. El tratamiento propiamente dicho (equipo de osmosis inversa), tendrá un período de diseño de 5 años, basado fundamentalmente en la vida útil de las membranas, las cuales en promedio pierden un 7% anual de rendimiento. Transcurrido dicho lapso, la pérdida de capacidad de producción está en el orden del 35 % del caudal original, situación en la cual el equipo mantiene los mismos costos fijos de funcionamiento, con un 35 % menos de caudal de producción, límite en el cual se debe realizar una sustitución de elementos filtrantes (membranas). Es por ello que la amortización de toma en 5 años. Es preferible hacer una inversión en cambio de membranas y mantener el caudal de producción de origen y no que el costo funcionamiento sea un 35 % mayor con los mismos elementos.

La capacidad de los tanques y cisternas de almacenamiento, se adoptarán para un período de 10 años.

Consumos:

Calculo de la Población Futura

Para el cálculo de la población futura se tomará un crecimiento lineal con $n = 100\%$ hab/año para los próximos 10 y 20 años.

Po =	6554	habitantes		
P20 = Po (1+n x k)			$6554(1+0,01*20) =$	7865 habitantes
P10 = Po (1+n x k)			$6554(1+0,01*10) =$	7209 habitantes



Población	Habitantes	% cobertura	Habitantes servidos
Población actual (2017)	6554	94%	6161
Población a 10 años (2027)	7209	96%	6921
Población a 20 años (2037)	7865	98%	7708

CALCULO DE CONSUMOS

Caracterización de los Consumos

La localidad de Wheelwright, provincia de Santa Fe, posee su actividad económica basada en la explotación agrícola-ganadera e industrial.

Los consumos principales a considerar serán los consumos residenciales ya que la principal actividad de la población se desarrolla en áreas rurales, no teniendo esta localidad una actividad industrial relevante, se pondrá énfasis en los Consumos residenciales y se tendrá en cuenta una dotación adicional para contemplar los consumos no residenciales y grandes usuarios al solo efecto de prever un crecimiento en este sentido.

Consumos Temporarios

Es procedente puntualizar que esta localidad no posee ningún desarrollo turístico ni está situada en una zona en la cual debe esperarse un incremento poblacional temporario.

Dotación de Diseño

La dotación de consumo a utilizar como dotación de diseño media anual se determinará teniendo en cuenta los siguientes factores:

Preservación de la fuente agua subterránea: Para mantener la calidad y la constancia de las fuentes de agua subterránea, se deberá regular los consumos cuyo valor sea equilibrado entre la atención adecuada de la demanda y el uso excesivo, evitando



extender la utilización del agua potable a actividades externas al uso de la misma vivienda.

- a) Tratamiento: El tratamiento de potabilización del agua será con el sistema de osmosis inversa, que si bien es económicamente sustentable, deben considerarse los importantes consumos de energía y caudales de rechazo.
- b) Clima: El clima en la localidad es templado dándose temperaturas superiores a los 35°C solamente en un período de tres meses al año.
- c) Características socio-económicas y tipo de servicio: Esa una localidad de clase media homogénea y el servicio es perfectamente residencial y medio en su totalidad.

Debido a que la localidad cuenta con un sistema de micro-medición antiguo y un alto porcentaje de agua no contabilizada ocasionado presuntamente roturas de redes no detectables, presenta actualmente una elevada dotación de consumo, que no puede tomarse para el cálculo actual. Es por ello que la concesionaria del servicio viene llevando a cabo un programa de detección de fugas y reparación de redes que minimiza dicho porcentaje de agua no contabilizada. Además se prevé el reemplazo del parque de micromedición en forma completa. Por todo lo expuesto se adopta y una dotación de cálculo acorde a los usos y costumbre de este tipo de localidades (pequeñas) estando dicho valor dentro de los umbrales exigidos por el ENOHSA, por lo tanto el valor adoptado para el cálculo de caudales es 170 l/d/h.

$D_{\text{doptado}} =$	170,00	l/d/h
------------------------	--------	-------

Caudales de diseño

Tomaremos como año 0 (inicial) del proyecto el año actual 2017, como año 10 (intermedio) del proyecto el año 2027 y como año 20 (final del proyecto) el año 2037, todos con su correspondiente tasa de crecimiento estimada según INDEC de la Provincia de Santa Fe.



Nomenclaturas:

(Q_{Cn}): Caudal diario medio anual de consumo de agua potable para el año n del proyecto
 (P_{S_n}): Población servida en el año n del proyecto
 (D_n): Dotación efectiva en el año n

Teniendo en cuenta los coeficientes de caudal según tabla 5 de Criterios Básicos –Cap. 2 de normas del ENOHSA, tomamos los valores correspondientes según población de la localidad en cuestión para calcular el resto de los caudales de diseño:

Población servida	α_1	α_2	α	β_1	β_2	β
500 h < P_s < 3000 h	1,4	1,9	2,66	0,6	0,5	0,3
3000 h < P_s < 15000 h	1,4	1,7	2,38	0,7	0,5	0,35
15000 h < P_s	1,3	1,5	1,95	0,7	0,6	0,42

Definición de Coeficientes de Caudal

α_{1n}	Coeficiente máximo diario del año n	$\alpha_{1n} = Q_{Dn} / Q_{Cn}$
α_{2n}	Coeficiente máximo horario del año n	$\alpha_{2n} = Q_{En} / Q_{Dn}$
α_n	Coeficiente total máximo horario del año n	$\alpha_n = Q_{En} / Q_{Cn}$
β_{1n}	Coeficiente mínimo diario del año n	$\beta_{1n} = Q_{Bn} / Q_{Cn}$
β_{2n}	Coeficiente mínimo horario del año n	$\beta_{2n} = Q_{An} / Q_{Bn}$
β_n	Coeficiente total mínimo horario del año n	$\beta_n = Q_{An} / Q_{Cn}$

$Q_{C0} = D_{Adoptado} * P_{S2017} / 86400 \text{ s} =$	12,12	l/s
$Q_{C10} = D_{Adoptado} * P_{S2027} / 86400 \text{ s} =$	13,62	l/s
$Q_{C20} = D_{Adoptado} * P_{S2037} / 86400 \text{ s} =$	15,17	l/s



PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS

Caudales de Producción

$Q_{\text{prod. 0}} =$	12,12
$Q_{\text{prod. 10}} =$	13,62
$Q_{\text{prod. 20}} =$	15,17

Nomenclatura / Periodo		Año 0 (2017)		Año 10 (2027)		Año 20 (2037)		Unidades
Caudal Medio Diario: Cantidad de agua promedio consumida en el año n por cada habitante servido.	$Q_{c0} = ((D_{\text{Adop}} * P_{\text{S2016}}) / (86400 \text{ s}))$	$Q_{c0} =$	12,12	$Q_{c10} =$	13,62	$Q_{c20} =$	15,17	l/s
Caudal Medio Máximo Diario : Caudal medio del día de mayor consumo de agua potable del año n.	$Q_D = Q_C * \alpha_1$	$Q_{D0} =$	16,97	$Q_{D10} =$	19,06	$Q_{D20} =$	21,23	l/s
Caudal Máximo Horario: Mayor caudal instantáneo del día de mayor consumo del año n. Caudal horario máximo absoluto del año.	$Q_E = Q_D * \alpha_2$	$Q_{E0} =$	28,85	$Q_{E10} =$	32,41	$Q_{E20} =$	36,09	l/s
Caudal Medio Mínimo Diario: Caudal medio del día de menor consumo de agua potable del año n.	$Q_B = Q_C * \beta_1$	$Q_{B0} =$	8,49	$Q_{B10} =$	9,53	$Q_{B20} =$	10,62	l/s
Caudal Mínimo Horario: Menor caudal instantáneo del día de menor consumo de agua potable de ese año.	$Q_A = Q_B * \beta_2$	$Q_{A0} =$	4,24	$Q_{A10} =$	4,77	$Q_{A20} =$	5,31	l/s



Resumen de caudales para el año 10 de proyecto (2027)		
	Valor	Unidad
$Q_{C10} =$	13,62	l/s
$Q_{D10} =$	19,06	l/s
$Q_{E10} =$	32,41	l/s
$Q_{B10} =$	9,53	l/s
$Q_{A10} =$	4,77	l/s

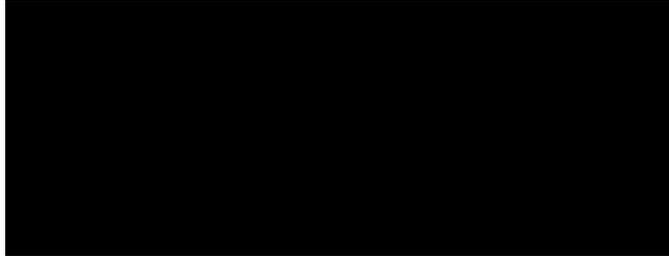
Resumen de caudales para el año 20 de proyecto (2037)		
	Valor	Unidad
$Q_{C20} =$	15,17	l/s
$Q_{D20} =$	21,23	l/s
$Q_{E20} =$	36,09	l/s
$Q_{B20} =$	10,62	l/s
$Q_{A20} =$	5,31	l/s

Caudales de Diseño

Las distintas etapas de las que se compone el sistema de agua potable del presente proyecto son:

- Reserva de agua no tratada
- Tratamiento por Osmosis Inversa y mezcla
- Reserva de agua tratada
- Impulsión a red de distribución

El agua es captada de fuente subterránea mediante bombas sumergibles y es impulsada por un sistema de tubería de impulsión (acueducto de impulsión) tendido en el ejido urbano de la localidad. Esta tubería descarga en un tanque elevado existente de 220m³ de capacidad. Desde allí el agua es impulsada a red de distribución, previa desinfección por cloración.



Cálculos por etapas:

Impulsión y Distribución

$$Q_{sal. Dist.} = Q_{ing. Dist.} - \Delta_{Dist.} - ANC$$

$$Q_{sal. Dist.} = Q_{Prod 20} = 15,17 \text{ l/s}$$

$$\Delta_{Dist.} = 2\% \text{ limpieza de tubería, purgas, etc.}$$

$$ANC = 20\% \text{ Agua No Contabilizada}$$

$$\text{Total \%} = 22\%$$

$$Q_{ing. Dist.} = Q_{sal. Dist.} + \Delta_{Dist.} + ANC$$

$$Q_{ing. Dist.} = 19,44 \text{ l/s} = 69,99 \text{ m}^3/\text{h}$$

Reserva Agua Tratada

$$Q_{sal. R.A.T.} = Q_{ing. R.A.T.} - \Delta_{R.A.T.} - ANC$$

$$Q_{sal. R.A.T.} = Q_{ing. Dist.} = 19,44 \text{ l/s}$$

$$\Delta_{R.A.T.} = 0\%$$

$$ANC = 0,5\% \text{ Limpieza de cisterna, desborde, infiltración microscópica, etc.}$$

$$\text{Total \%} = 0,5\%$$

$$Q_{ing. R.A.T.} = Q_{sal. R.A.T.} + \Delta_{R.A.T.} + ANC$$

$$Q_{ing. R.A.T.} = 19,54 \text{ l/s} = 70,35 \text{ m}^3/\text{h}$$



PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS

Vale destacar que este caudal calculado, estará compuesto por lo que deberá producir el equipo de ósmosis inversa + el % de agua no tratada aportado en concepto de agua de corte, proveniente de la cisterna de agua no tratada. Dicho porcentaje se deberá establecer en función del caudal de producción del equipo de ósmosis inversa, de la concentración presente en el agua cruda y de la deseada en el agua producto del elemento mas contaminante en cuestión. En este caso Arsénico.

Tratamiento por Osmosis Inversa y Mezcla

Dado lo expuesto anteriormente, y pre estableciendo un caudal de producción del equipo de ósmosis inversa de 50 m³/hora y considerando un tiempo de funcionamiento de 22 horas/día, resulta que la producción diaria es de 1100 m³/día. De acuerdo a determinaciones analíticas efectuadas en el agua cruda el valor de As es de 80 mg/m³ y teniendo en cuenta que la concentración permitida en la actualidad es de 50 mg/m³, se realiza el siguiente cálculo % de agua de corte en para obtener una concentración de 20 mg/m³, poniéndonos bajo norma actual y futura a mediano plazo

Caudal de producción de E.O.I. =	1100	m ³ /día				
Concentración As en agua cruda =	80	mg/m ³				
Concentración As en agua producto =	20	mg/m ³				
Volumen de agua de corte =	275	m ³ /día	=	3,18	l/s	

$$Q_{\text{sal. Trat.}} = Q_{\text{ing. Trat.}} - \Delta_{\text{Trat.}} - \text{ANC}$$

$$Q_{\text{sal. Trat.}} = Q_{\text{ing. R.A.A.}} = 19,54 \text{ l/s} - \% \text{ de agua de corte} = 3,18 \text{ l/s} = 16,36 \text{ l/s}$$

$$\Delta_{\text{Rechazo}} = 34,0\%$$

$$\text{ANC} = 2,0\%$$

$$\text{Total \%} = 36,0\%$$

$$Q_{\text{ing. Trat.}} = Q_{\text{sal. Trat.}} + \Delta_{\text{Rechazo}} + \text{ANC}$$

$$Q_{\text{ing. Trat.}} = 25,56 \text{ l/s} = 92,01 \text{ m}^3/\text{h}$$

Reserva de Agua no Tratada

$$Q_{\text{sal. R.A.C.}} = Q_{\text{ing. R.A.C.}} - \Delta_{\text{R.A.C.}} - \text{ANC}$$

$$Q_{\text{sal. R.A.C.}} = Q_{\text{ing. Trat.}} = 25,56 \text{ l/s} + \text{agua de corte} = 3,18 \text{ l/s} = 28,74 \text{ l/s}$$

$$\Delta_{\text{R.A.C.}} = 0\%$$

$$\text{ANC} = 0,5\%$$

$$\text{Total \%} = 0,5\%$$

$$Q_{\text{ing. R.A.C.}} = Q_{\text{sal. R.A.C.}} + \Delta_{\text{R.A.C.}} + \text{ANC}$$

$$Q_{\text{ing. R.A.C.}} = 28,89 \text{ l/s} = 103,99 \text{ m}^3/\text{h}$$



PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS

Captación

$$Q_{\text{sal. Cap.}} = Q_{\text{ing. Cap.}} - \Delta_{\text{Cap.}} - \text{ANC}$$

$$Q_{\text{sal. Cap.}} = Q_{\text{ing. R.A.C.}} = 28,89 \quad \text{l/s}$$

$$\Delta_{\text{Cap.}} = 0\%$$

$$\text{ANC} = 0,5\%$$

$$\text{Total \%} = 0,5\%$$

$$Q_{\text{ing. Cap.}} = Q_{\text{sal. Cap.}} + \Delta_{\text{Cap.}} + \text{ANC}$$

$$Q_{\text{ing. Cap.}} = 29,03 \quad \text{l/s} = 104,51 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

Caudales de Diseño

Componentes del Sistema	l/s	m ³ /hora	m ³ /día
Captacion	29,03	104,51	2508,27
Reserva agua no tratada	28,89	103,99	2495,73
Tratamiento	25,56	92,01	2208,25
Reserva tratada	19,54	70,35	1688,28
Distribucion	19,44	69,99	1679,84

Calidad del agua a tratar y calidad de agua tratada. Justificación del tratamiento.

La Localidad de Wheelwright, está ubicada al Sur de Santa Fe, dpto. General López, sobre el acuífero (Puelche) del que se abastece la población. El mismo contiene Arsénico y Flúor en cantidades que superan, muchas veces, los valores admisibles por los estándares de potabilidad.

En zonas urbanas, se agrava el problema por el aumento del contenido de Nitratos y contaminación bacteriológica, proveniente de los pozos de absorción (pozos negros), ya que la población se encuentra sin servicio de red cloacal.



En estas condiciones la población se encuentra en situación de riesgo sanitario con la posibilidad de padecer las patologías propias de las enfermedades hídricas que se detallan a continuación.

Enfermedades Hídricas:

- Enfermedades microbiológicas: Son causadas por bacterias, virus o vibrios. La frecuencia de estas enfermedades está íntimamente relacionada con las condiciones insalubres del medio circundante. El microorganismo sobrevive en medio acuoso. Hay disminución de las mismas cuando el suministro de agua se hace en buenas condiciones y hay aumento de estas enfermedades cuando el suministro del agua es inseguro desde el punto de vista microbiológico, ya sea en forma temporaria o por falla del proceso de potabilización.

Algunas de las enfermedades microbiológicas más comunes por el agua son: Cólera, Poliomiелitis aguda, Hepatitis infecciosas, etc.

Enfermedades de origen químico:

Causa: Elementos químicos en exceso o defecto.

Su acción es lenta, se necesita tiempo para manifestar su toxicidad.

HACRE: Hidroarsenismo Regional Endémico: Sur de Santa Fe, y Sur de Córdoba.

Calidad del Agua

La zona presenta problemas en la calidad de agua para consumo humano, debido a las características geológicas, geomorfológicas e hidrológicas de los terrenos superficiales y subyacentes.

Se detectaron altos tenores de Arsénico, Flúor, Sólidos totales disueltos (STD), (indica la cantidad de sales minerales disueltas totales que contiene el agua), que son limitantes de la calidad de las aguas subterráneas como fuente de suministro de agua potable, sin tratamiento.



Los limitantes principales para el consumo humano de las aguas subterráneas en el Departamento Gral. López son el Flúor y el Arsénico, además de la presencia de nitratos provenientes de la contaminación por de superficie debido al uso de fertilizantes, pozos absorbentes y lixiviado de RSU.

Una evaluación estadística resumida de la información Hidroquímica de la zona, elaborada por CRAS (1985) para la Municipalidad de Venado Tuerto, muestra que las limitantes principales son: 1) Exceso de arsénico; 2) Exceso de flúor; 3) Exceso de sales; 4) Ocasionalmente, exceso de nitratos.

Cuadro Comparativo:

CUADRO COMPARATIVO					
LOCALIDAD	MUESTRAS	CANTIDAD APTA	APTAS %	CAUSA LIMITANTE PRINCIPAL	CAUSA LIMITANTE SECUNDARIA
M. Teresa	7	3	40	EXCESO DE F y AS	
Villa Cañas	8	0	0	EXCESO DE AS	
Melincué	5	5	80	EXCESO DE SO ₄	
Hughes	8	2	25	EXCESO DE AS	EXCESO DE SALES EN LAGUNAS
Merceditas	5	4	80	EXCESO DE AS	
Santa Isabel	10	3	30	EXCESO DE AS	EXCESO DE F
Elortondo	17	9	53	EXCESO DE AS	EXCESO DE SALES
Chovet	9	4	53	EXCESO DE AS y F	EXCESO DE SALES
Venado Tuerto	6	0	0	EXCESO DE AS	EXCESO DE F y SALES
Runciman	2	2	100	SIN LIMITANTE	SIN LIMITANTE
San Eduardo	4	3	75	EXCESO DE F	EXCESO DE AS
San Fco. Sta. Fé	4	3	33	EXCESO DE F	EXCESO DE AS
Maggiollo	11	1	0.9	EXCESO DE SALES	EXCESO DE AS y F

De lo expuesto podemos decir que:

La escasez de agua potable en la zona se origina en las características geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas de los terrenos superficiales y subyacentes del cuaternario, que se extienden de manera homogénea en todo el sustrato.

En estos terrenos se alojan sales, flúor y arsénico, conformando los tres principales limitantes de la aptitud de las aguas subterráneas.



En algunas áreas ocupadas por los médanos pos-pampeanos, es posible hallar concentraciones muy localizadas de aguas meteóricas que conservan buenas condiciones de potabilidad, pero las mismas no resisten una explotación intensiva por su escaso volumen. Las perforaciones del pampeano o de acuíferos confinados, aún en los pocos casos en que las aguas son aptas, no pueden mantener un ritmo sostenido de explotación, por la baja capacidad de entrega.

Hábito actual del consumo de agua

Es habitual la explotación domiciliaria de pozos independientes como práctica para el aprovisionamiento de agua a la vivienda urbana. Variando entre los 15 m y 30 m., muchas de estas perforaciones están próximas a pozos negros lo que conlleva a un peligro potencial y presente de relevancia, más los contaminantes propios del acuífero mencionados anteriormente.

Calidad de agua a tratar

Se considera agua a tratar a aquellas que se utilizarán como fuente de ingreso al sistema de abastecimiento público de agua potable, sean éstas del tipo superficial o subterránea.

Calidad del agua en la fuente

Se adoptará como referencia para la definición de niveles de calidad mínimos de una fuente de agua a los niveles “Guía de Calidad de Agua para Fuentes de Agua que Reciban Tratamiento de Potabilización”.

La fuente a utilizar se clasifica como tipo B de acuerdo a la clasificación de las aguas según la norma NB-592: agua superficial proveniente de cuenca no protegida con las características básicas tipo NB 592, que puede satisfacer el estándar de potabilidad con tecnología de tratamiento que no demanden coagulación química.



Perfil químico de la fuente

Como se observa en los análisis precedentes, estamos ante una calidad de agua de fuente que cumple con las exigencias necesarias para fuentes de agua que reciban tratamiento de potabilización. Se caracteriza como agua bicarbonatada sódica con valores de sales totales disueltas en el orden de los 2 gr/litro y tenores de Arsénico y Flúor que superan los estándares de potabilidad en algunos casos marginalmente y en otros la duplican. La ausencia de manganeso y hierro, así como la calidad estable en la explotación de la misma la hacen particular apta para el tratamiento con membranas.

Calidad de agua tratada

El agua potable de suministro público es aquella que es apta para la alimentación y uso doméstico por lo tanto no debe contener sustancias o cuerpos de origen biológico, orgánico, inorgánico o radioactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud.

Con respecto a la calidad que debe poseer el agua potable se tomará como referencia las normas aplicables de la jurisdicción ley nº 11.220 de la Provincia de Santa Fe que en su anexo A define los límites para la provisión de agua potable en los siguientes apartados:

ANEXO A

LIMITES PARA LA PROVISION DE AGUA POTABLE

A. PARAMETROS ORGANOLEPTICOS	DETERMINANTE	UNIDADES	LIMITE OBLIGATORIO	LIMITE RECOMENDADO
1	COLOR	mg/l escala Pt/Co	20	1
2	TURBIEDAD	UNT	2	0,5
3	OLOR	Nº de dilución	2 a 12 °C 3 a 25 °C	1
4	SABOR	Nº de dilución	2 a 12 °C 3 a 25 °C	0



PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS

B. PARAMETROS FISICOS-QUIMICOS	DETERMINANTE	UNIDADES	LIMITE OBLIGATORIO	LIMITE RECOMENDADO
	5	pH	Unidades de pH	pHs +/- 0,5
6	RESIDUOS SECOS	mg/l luego del secado a 180 °C	1500	1000
7	ALCALINIDAD TOTAL	mg/l CaCo3	-	30 < alcalinidad < 200
8	DUREZA TOTAL	mg/l CaCo3	100 < dureza < 500	-
9	CLORUROS	mg/l Cl	400	250
10	SULFATOS	mg/l SO4	400	200
11	CALCIO	mg/l Ca	250	100
12	MAGNESIO	mg/l Mg	50	30
13	HIERRO TOTAL	mg/l Fe	0,2	0,1
14	MANGANESO	mg/l Mn	0,1	0,05
15	COBRE	mg/l Cu	1	-
16	ZINC	mg/l Zn	5	-
17	ALUMINIO	mg/l Al	0,2	0,1
18	SODIO	mg/l Na	200	100
19	BARIO	mg/l Ba	1	0,1
20	AMONIO	mg/l NH4	0,5	0,05
21	NITROGENO	mg/l N	1	-
	(excluido el N en forma de nitritos y nitratos)			
22	OXIDABILIDAD	mg/l O2	5	2
	(permanganato de potasio)			
23	SULFURO DE HIDROGENO	µg/l S	No detectable organolépticamente	-
24	DETERGENTES ANIONICOS	mg/l	0,2	-
25	CORO ACTIVO	mg/l Cl	1,2	0,2 < Cl < 0,5
26	FOSFORO	mg/l P2O5	5	0,4

C. SUSTANCIAS TOXICAS INORGANICAS				
	DETERMINANTE	UNIDADES	LIMITE OBLIGATORIO	LIMITE RECOMENDADO
27	ARSENICO	µg/l As	50	50
28	CADMIO	µg/l Cd	5	-
29	CROMO TOTAL	µg/l Cr	50	-
30	CIANUROS	µg/l Cn	100	50
31	MERCURIO	µg/l Hg	1	-
32	NIQUEL	µg/l Ni	50	-
32	PLOMO	µg/l Pb	50	-
33	ANTIMONIO	µg/l Sb	10	-
34	PLATA	µg/l Ag	50	-
35	SELENIO	µg/l Se	10	-
36	NITRATOS	mg/l NO3	45 (1)	25
37	NITRITOS	mg/l NO2	0,1	-
38	FLUORUROS	mg/l F	1,5	-2

(1) Se recomienda que los lactantes no consuman aguas con tenores superiores a lo establecido

(2) Cuando la autoridad de salud lo recomiende, el valor a alcanzar será de 1 mg/l



PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS

D. SUSTANCIAS TOXICAS ORGANICAS Y PESTICIDAS				
	DETERMINANTE	UNIDADES	LIMITE OBLIGATORIO	LIMITE RECOMENDADO
39	BENCENO	µg/l	10	-
40	HIDROCARBUROS AROMATICOS POLINUCLEARES (HAP)	µg/l	0,2	-
41	BENZO (A) PIRENO	µg/l	0,01	-
42	CLOROFORMO	µg/l	30	-
43	1,2 DICLOROETANO	µg/l	10	-
44	1,2 DICLOROETENO	µg/l	0,3	-
45	HEXACLOROBENCENO	µg/l	0,01	-
46	PENTAFLOROFENOL	µg/l	10	-
47	2,4,6 TRICLOROFENOL	µg/l	10	-
48	TRIHALOMETANOS	µg/l	100	-
49	TETRAFLORURO DE CARBONO	µg/l	3	-
50	TRICLOROETENO	µg/l	30	-
51	TETRAFLOROETENO	µg/l	10	-
52	HIDROCARBUROS TOTALES	µg/l	500	-
53	TOLUENO	µg/l	500	-
54	ETILBENCENO	µg/l	100	-
55	XILENOS	µg/l	300	-
56	ESTIRENO	µg/l	100	-
57	MONOFLOROBENCENO	µg/l	3	-
58	1,2 DICLOROBENCENO	µg/l	0,2	-
59	1,4 DICLOROBENCENO	µg/l	0,01	-
60	FENOLES	µg/l C6H5OH	1	0,5
61	CLORURO DE VINILO	µg/l	2000	-
62	2,4 D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético)	µg/l	100	-
63	ALDRIN Y DIELDRIN	µg/l	0,03	-
64	CLORDANO (total de isómeros)	µg/l	0,3	-
65	DDT (total de isómeros)	µg/l	1	-
66	HEPTAFLORO Y HEPTAFLORO EPOXIDO	µg/l	0,1	-
67	GAMMA-HCH (Lindano)	µg/l	3	-
68	METOXICLORO	µg/l	30	-
69	MALATION	µg/l	190	-
70	METIL PARATION	µg/l	7	-
71	PARATION	µg/l	35	-



La calidad del agua tratada así como el control de calidad a realizar por el prestador, será supervisada por el organismo de control de la Provincia de Santa Fe que es también autoridad de aplicación de las normas aplicables llamado EnReSS (Ente Regulador de Servicios Sanitarios).

Justificación del tratamiento

Después de analizar la calidad de la fuente de provisión mediante análisis físico-químicos completos en un número de muestras representativas del agua a tratar (5 muestras), extraídas en un periodo de diferentes condiciones climáticas y ambientales se observó que es necesario reducir el contenido de salinidad, arsénico, flúor, y nitratos, por lo tanto un método eficiente y capaz de retener simultáneamente todos los parámetros mencionados es el que utiliza membranas de osmosis inversa. Es importante destacar que el avance tecnológico en la calidad de membranas ha posicionado este sistema de tratamiento en una relación costo-beneficio muy favorable para la explotación de estos sistemas. En el caso particular del proyecto considerado la calidad del agua a procesar no contiene elementos como manganeso o hierro que hagan necesario un pre-tratamiento para la utilización del método propuesto. El agua a procesar, presenta una calidad adecuada para ser tratada con membranas específicas permitiendo una durabilidad mayor. El pre-tratamiento necesario para operar el sistema será una debida micro-filtración, adecuada a los nuevos valores de Fouling Index (coeficiente de ensuciamiento) que permite la nueva tecnología. Por otro lado debemos destacar que el acuífero es abundante en rendimiento hidráulico lo que permite procesar el agua cruda con relaciones de conversión no mayores al 66 % con lo cual se evita altas concentraciones de rechazo, bajo consumo de anti-incrustantes, y calidad constante de suministro a la planta de osmosis.

La utilización de plantas químicas para reducir flúor, arsénicos y nitratos trae la problemática de la calidad de los químicos a utilizar, la mano de obra especializada, la complejidad del manejo de las variables químicas para separar cada uno de estos elementos con diferentes formulados (cloruro férrico, cloruro de poli-aluminios, etc.).



ESTADO ACTUAL DE LOS POZOS EN EXPLOTACION

Introducción

La región en la cual se encuentra emplazado el campo de bombeo que abastece de agua potable a la Localidad de Wheelwright, presenta limitaciones de calidad de las aguas por su concentración de Residuos Secos y Sodio y en algunos casos Arsénico, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, ya que superan los límites admitidos por la ley 11.220 para consumo humano.

La fuente subterránea es la única alternativa posible más inmediata.

Con el estudio de fuente original, se delimito un sector con condiciones de explotación, ya que los resultados entonces obtenidos, cuando se proyectó el actual servicio, indicaban su aptitud respecto a la calidad y cantidad. Las normas vigentes para la época en la que se ejecuta la obra de agua potable admitía valores tolerables superiores a los actualmente aceptados.

La fuente de abastecimiento actualmente cuenta con veintisiete perforaciones que presentan valores excedidos en Sodio en casi la totalidad de las mismas, de acuerdo a las normativas vigentes.

La necesidad de programar la ubicación de áreas más convenientes para la futura ampliación del campo de bombeo, aumentar la dotación y disminuir las concentraciones de elementos nocivos en el agua de ingesta, llevó a la cooperativa a realizar un estudio que permita su planificación.



Desde el inicio de la obra, las perforaciones presentan idéntico diseño a las originales sin evaluar otras normas constructivas y siempre próximas al tanque y dentro del ejido urbano.

Dado al comportamiento errático de algunos tóxicos como el arsénico en los sedimentos pampeanos, no es fácil definir un lugar sin riesgos, sin embargo se plantea investigar otras alternativas para determinar el comportamiento del mismo. No existe en las zonas antecedentes y no es posible garantizar resultados, pero frente a perforaciones malogradas, se considera oportuno intentar una solución diferente.

En cuanto a las concentraciones de Residuos Sólidos se plantea reubicar el campo de bombeo para disminuir su concentración con el apoyo de técnicas de perforación adecuadas.

Objetivo del Estudio

Investigar en detalle por medio de un estudio geoelectrico el sector aledaño ubicado próximo a la localidad, para obtener información básica, que determine la posibilidad de explotación del acuífero del mencionado sector y que permita la construcción de nuevas perforaciones de explotación con el objetivo de estudiar otras alternativas, modificando el diseño original que tienen los pozos existentes en explotación, basados en los resultados obtenidos de los estudios realizados recientemente, para disminuir las concentraciones de tóxicos.

Se realizó una prueba de funcionamiento de los pozos en explotación para definir las condiciones actuales de explotación.

Características Hidrogeológicas del Sector

Las formaciones geológicas superficiales de interés en el presente estudio, están representadas por sedimentos de diferentes ambientes de sedimentación. Son de amplia difusión y conocimiento por ser la mayor fuente de abastecimiento de agua en un gran sector de la llanura Chaco Pampeana.



Los sedimentos profundos desde el punto de vista hidrogeológico carecen importancia por ser portadora de aguas saladas, aunque en las captaciones debe ser tenida en cuenta por lo que provocan la intrusión de aguas no deseadas a las perforaciones.

La parte cuspidal del paquete sedimentario está representado por limos de la Formación Pampeano, integrados por limos y limos arenosos de colores castaños amarillento. Normalmente no presentan estratificación y son frecuentes las intercalaciones calcáreas en forma de concreciones.

Los cambios climáticos ocurridos en el Cuaternario, son la causa de la heterogeneidad de estos sedimentos. Los procesos locales a que fue sometido el limo en el momento de la sedimentación, originan cambios texturales muy importantes que deben ser tenidos en cuenta cuando se proyecta una obra de captación de aguas subterráneas.

La recarga natural de estos acuíferos está dada por las precipitaciones a nivel regional infiltrándose prácticamente en todos los sectores, la que se ve incrementada por la gran permeabilidad de los sedimentos superficiales. La descarga regional de estos acuíferos se produce en las depresiones topográficas formando en algunos casos grandes lagunas permanentes de aguas saladas por efecto de la descarga.

La calidad de las aguas subterráneas es muy marcada según se encuentren en un sector topográficamente elevado donde predomina la recarga (mejora la calidad) o en una depresión donde predomina y por consiguiente se incrementa la salinidad de las aguas.

Estado Actual de la Explotación

Campo de Bombeo

El campo de bombeo que abastece de agua potable a la localidad cuenta con veintisiete perforaciones entre los 40m y los 30m de profundidad, las que trabajan en



PROYECTO INTEGRADOR FINAL: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

ALUMNOS: DUTTO PETRINI LUCRECIA SOLEDAD Y LEZCANO RICARDO LUIS

DIRECTOR: ING. ALBERTO E. ARMAS

forma automatizada con períodos de bombeo y pausa en dos grupos pares más el pozo N°21 y los impares.

Como el comportamiento real de cada perforación se desconocía, se realizó un control de las mismas con toma de caudales y niveles. Del mismo surgen los siguientes resultados:

CONTROL DE CAUDALES Y NIVELES DE LAS PERFORACIONES EXISTENTES							
POZO	NE (nivel estatico)	ND (nivel dinamico)	S (abatimiento)	Q (caudal de bombeo)	Q _s	Prof.	HP
	(m)	(m)	(m)	(l/h)	(l/h/m)	(m)	
1	1,78	17,73	15,95	36000	2257,05	38	7,5
2	2,1	10,83	8,73	56571	6480,07	38	7,5
3	Con dificultad al momento de estudio						
4	1,98	8,25	6,27	37715	6015,15	38	7,5
5	Fuera de servicio						
6	1,98	11,58	9,6	31680	3300	38	7,5
7	Fuera de servicio						
8	0,45	4,44	3,99	11314	2835,59	38	7,5
9	2,05	9,43	7,38	15840	2146,34	32	5,5
10	1,76	11,32	9,56	37714	3944,98	38	7,5
11	2,02	6,27	4,25	16500	3882,35	32	5,5
12	1,5	13,4	11,9	36000	3024,24	28	7,5
13	Fuera de servicio						
14	Fuera de servicio						
15	1,23	5,48	4,25	13894	3269,18	32	5,5
16	1,53	11,42	9,89	19800	2002,02	32	5,5
17	1,68	5,86	4,18	14666	3508,61	32	5,5
18	1,99	8,33	6,34	14142	2230,6	32	5,5
19	1,99	8,33	6,34	14142	2230,6	32	5,5
20	Fuera de servicio						
21	Fuera de servicio						
22	2,27	10,01	7,74	15230	1967,7	32	5,5
23	2,16	10,28	8,12	16851	2075,25	32	5,5
24	2,24	6,92	4,68	14142	3021,79	32	5,5
25	Fuera de servicio						
26	1,73	7,62	5,89	19800	3361,63	32	5,5
27	2,09	6,21	4,12	19500	4004,85	32	4

Caudal que entregan las perforaciones: 441,501 m³/h



Recuperación de Nivel de Agua

La teoría hidráulica de los pozos y el comportamiento de un acuífero, describe el cambio de nivel de agua durante el periodo de recuperación, como el resultado del efecto imaginario de recarga. Si un pozo inyecta agua dentro de un acuífero al mismo caudal que se extrae, ambos operando simultáneamente, después de un determinado tiempo de funcionamiento, describirán curvas similares de recuperación y de abatimiento.

Por lo tanto podemos definir la recuperación como el ascenso de nivel de agua debido al pozo imaginario de recarga; que viene a ser la distancia vertical comprendida entre la prolongación de la curva tiempo-abatimiento y la que representa los niveles del agua durante el período de recuperación. Dicho de otra manera, la recuperación a la hora de haber cesado el bombeo, sería igual al abatimiento que se manifestará a la hora de iniciarse iniciado el bombeo.

Considerando la necesidad de recuperación del abatimiento residual de los pozos se han programado períodos de descanso de bombeo, en intervalos secuenciados hasta tres veces el tiempo de extracción. Luego de transcurrir un largo período de recuperación, el nivel del agua del acuífero retorna a su nivel estático original con un valor de abatimiento residual que se aproxima a cero.

La consolidación de estos conceptos, quedará condicionada al estudio de las curvas de abatimiento residual, que serán obtenidas de pruebas reales en el lugar específico de la construcción de los pozos de captación, los que serán sometidos a los estudios necesarios para corroborar estos fundamentos teóricos.

Planta de Tratamiento

Consideraciones Generales

Como ya se expresó en el punto anterior, en la medida que se hace necesario la reducción del contenido de salinidad y contaminantes como Arsénico, Flúor y Nitratos, corresponde la utilización de membrana como tratamiento más adecuado.



El esquema básico con que va a contar esta planta será con una captación cuyo diseño de perforación preverá el mantenimiento de la calidad de la fuente y la correcta pre-filtración en perforación. Un reservorio para almacenamiento de agua sin tratar que aparte de realizar una reserva para producción también cumple la función de desarenador. Sistemas previos de micro-filtración que protegerán el proceso de osmosis inversa. Equipo de Osmosis Inversa cuya producción de permeado será almacenada en una cisterna que oficiará de: cámara de desinfección, de mezcla, de bombeo y de reserva. El equipo de bombeo estará sumergido dentro de la cisterna y será comandado por un variador electrónico de velocidad activado por un presostato debidamente configurado para mantener la presión de servicio constante de acuerdo a una consigna previamente estipulada.

Reserva de Agua Cruda

El sistema de reserva de agua cruda tendrá dos funciones:

- 1) Desarenador ante la presencia de limos en suspensión en el agua cruda.
- 2) Reserva por eventual salida de servicio del sistema de captación.

La reserva de agua no tratada tendrá una capacidad que permita el abastecimiento al menos 6 horas en el principio de la producción y 3 horas en el año 10 de proyecto, previo a la futura ampliación del sistema de tratamiento de agua (equipo de osmosis de inversa), y el volumen de aporte de agua de mezcla necesaria para abastecer la reserva de agua producto.



Sistema de Tratamiento

A - UNIDAD DE OSMOSIS INVERSA MARCA *GRUMAN*[®] MODELO OI 1200K DLX - Serie 8.

1.- CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Caudal permeado:	60 m ³ /h
Caudal alimentación:	92,00 m ³ /h
Caudal rechazo:	32,00 m ³ /h
Presión de trabajo:	8,6 Bar
Recuperación:	64 %, máxima 70%
Temperatura de diseño:	20°C
Duración de membranas:	Proyectado para 5 años
Configuración:	5 x 6 + 3 x 6

2.- MEMBRANAS

Marca:	Hidranautics (USA) ó Lewabrane (Alemania)
Modelo:	ESPA2 LD (Low Fouling Technology) ó RO B400 LE
Tamaño:	8" x 40"
Material:	TFC Poliamida
Configuración:	Espiral - Brackish Water
Rechazo salino:	99,6 %



Área nominal: 400 ft², (37,2 m²)

Flujo de permeado: 37,9 m³/día (1.579 l/h), a 25°C, 1.500 ppm y 10,5 kg/cm²

Cantidad: 48 (cuarenta y ocho)

3.- TUBOS DE PRESIÓN

Marca: Bell

Origen: USA

Presión de trabajo: 300 PSI (21 kg/cm²)

Material: PRFV, Filament Winding

Certificación: ISO 9001 SGS.

Diámetro: 8"

Configuración: Para 6 (seis) elementos de 40" de longitud

Conexión: Puerto lateral (side port), conexión Victaulic 1-1/2"

Cantidad: 8 (ocho)

4.- BOMBA DE ALTA PRESIÓN

Marca: Grundfos

Origen: Dinamarca

Modelo: CR 64-6-2

Tipo: Centrífuga vertical multi-celular

Rendimiento: 70,15 m³/h - 115 m.c.a.

Material: En acero inoxidable AISI 304

Cantidad: 1 (una)



5.- MOTOR DE ACCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN

Marca: Grundfos
Potencia: 30 KW
Alimentación: 3 x 380V - 50 Hz

Aislación: IP55
Cantidad: 1 (uno)

6.- SISTEMA DE MICROFILTRACIÓN

6.1.- 1ra. ETAPA, 10 MICRONES

6.1.1.- CARCAZA

Marca: Gruman
Modelo: 22FE4
Capacidad de filtración: 88 m³/h
Material: Acero inoxidable AISI 316L
Presión de trabajo: 150 PSI
Conexión: 4" Slip on
Cantidad: 1 (una)

6.1.2.- MICROFILTROS:

Marca: Amazon
Origen: Inglaterra
Tipo: Cartuchos descartables, verticales.
Material: Polipropileno termo fijado de densidad graduada



Tamaño: Diámetro 2,5" - Largo 40"
Micronaje: 10 micras nominales
Cantidad: 22 (veintidós)

6.2.- 2da. ETAPA, 1 MICRON

6.2.1.- CARCAZA

Marca: Gruman
Modelo: 22FE4
Capacidad de filtración: 88 m³/h
Material: Acero inoxidable AISI 316L
Presión de trabajo: 150 PSI
Conexión: 4" Slip on
Cantidad: 1 (una)

6.2.2.- MICROFILTROS:

Marca: Amazon
Origen: Inglaterra
Tipo: Cartuchos descartables, verticales.
Material: Polipropileno termo fijado de densidad graduada
Tamaño: Diámetro 2,5" - Largo 40"
Micronaje: 1 micra nominal
Cantidad: 22 (veintidós)



7.- SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ANTI-INCORUSTANTE

Marca:	Aquatrón
Origen:	Argentina
Tipo:	Electromagnética a diafragma de teflón
Regulación:	Por frecuencia
Rendimiento:	Caudal 1,5 l/h - Presión 10 bar
Protección:	IP 65
Tanque de químico:	100 litros, cilíndrico vertical, fondo plano, polietileno virgen
Nivel:	De mínima para corte de la OI por falta de anti-incrustante.
Cantidad:	1 (una)

8.- INSTRUMENTAL Y SISTEMAS DE CONTROL

8.1.- MANÓMETROS:

Marca:	Genebre
Tamaño:	4"
Material:	Acero inoxidable AISI 316, con baño de glicerina.
Puntos de medición:	Presión ingreso / egreso sistema microfiltración Presión descarga bomba alta presión Presión ingreso / egreso a cada arreglo de membranas
Cantidad:	7 (siete)

8.2.- CAUDALÍMETROS:

Marca:	Blue-White
--------	------------



Origen: USA.

Tipo: A rotámetro, eje y rotámetro de acero inoxidable AISI 316.

Rango de medición: 12 a 60 m³/h, permeado

12 a 60 m³/h, rechazo

Puntos de medición: Caudal de permeado y rechazo.

Cantidad: 2 (dos)

8.3.- MEDIDOR DE CONDUCTIVIDAD:

Marca: Creace

Origen: USA

Display: Para montar a panel

Tipo: Digital - Compensado por temperatura a 25°C

Puntos de medición: Conductividad agua alimentación y permeado

Cantidad: 2 (dos)

8.4.- PRESOSTATOS:

Marca: Danfoss

Origen: Polonia

Puntos de medición: Baja presión en alimentación bomba alta presión

Alta presión en alimentación membranas

Cantidad: 2 (dos)



8.5.- SENSORES DE NIVEL:

Tipo:	A boya flotante
Puntos de control:	Nivel de mínima cisterna agua cruda Nivel de máxima /mínima cisterna agua tratada Nivel de mínima tanque antiescalante
Cantidad:	3 (tres)

9.- TABLERO ELÉCTRICO

9.1- CONTROL PROGRAMABLE (PLC)

Marca:	Siemens
Origen:	USA
Aislación:	Protección RFI clase B
Alimentación:	24 VCC /VCA
Entradas:	20 Entradas digitales y 10 analógicas
Salidas:	12 Salidas relé, 5 Amper
Panel:	De visualización interactivo de cristal liquido
Cantidad:	1 (uno)

9.2.- GUARDAMOTORES

Marca:	Siemens
Origen:	Alemania
Modelo:	Sirius 3R
Alimentación:	24 VCA
Puntos de Control:	Bomba alta presión y alimentación



Cantidad: 2 (dos)

9.3.- RELÉS DE CONTROL

Marca: Telemecanique

Origen: Francia

Alimentación: 24 VCA

Contactos: De plata

Cantidad: 4 (cuatro)

9.4.- BORNERAS DE CONEXIONADO

Marca: Zoloda

Origen: Argentina

9.5.- GABINETE

Marca: Fournas-Gabexel

Origen: Argentina

Aislación: IP65

Material: Acero al carbono pintado con Epoxi

Cantidad: 1 (uno)

9.6.- PROTECCIONES ELÉCTRICAS

9.6.1.- ARRANCADOR SUAVE

Marca: Siemens

Origen: Alemania



Modelo:	Sirius 3R
Protección:	Rearme manual automático protección contra corte y desequilibrio de fase Inmunidad a campos electromagnéticos Tiempo de corte ante falla: 3 segundos.
Punto de Control:	Bomba alta presión
Cantidad:	1 (uno)

9.6.2.- FUSIBLES

Marca:	T.E.A
Origen:	Argentina
Puntos de Control:	Bomba dosificadora, fuente alimentación 24 VCC y 24 VCA.
Cantidad:	3 (tres)

9.6.3.- PORTA-FUSIBLES

Marca:	Telemecanique
Origen:	Francia
Tipo:	Bayoneta
Cantidad:	3 (tres)

9.6.4.- INDICADORES DE ESTADO DE FUNCIONAMIENTO

Tipo:	Mímico de funcionamiento
Ubicación:	Panel frontal del tablero eléctrico
Indicadores:	Luminosos, leds de alta y baja intensidad
Código de colores:	Rojo: funcionamiento anormal y alarmas Verde: funcionamiento normal



Amarillo: estados de funcionamiento

10.- BASTIDOR

Material: Acero Inoxidable AISI 304

11.- CAÑERÍAS

11.1.- BAJA PRESIÓN

Material: PVC - Sch. 80 - PN 16

11.2.- ALTA PRESIÓN

Material: Acero Inoxidable AISI 316, electro-pulido y termo-fusión

12.- CONEXIONES

Alimentación: 4"

Permeado: 3"

Rechazo: 2"

13.- VÁLVULAS

13.1.- VÁLVULA DE ALIMENTACIÓN

Tipo: Mariposa

Conexión: 4"

Material: Acero Inoxidable AISI 316

Accionamiento: Automático, mediante actuador neumático marca

Genebre

Cantidad: 1 (una)



13.2.- VÁLVULA DE DESCARGA BOMBA ALTA PRESIÓN

Tipo:	Esférica de dos cuerpos
Conexión:	4" roscada
Material:	Acero Inoxidable AISI 316
Accionamiento:	Manual
Cantidad:	1 (una)

13.3.- VÁLVULA DE PRESURIZACIÓN DE CONCENTRADO

Tipo:	Globo
Conexión:	2" roscada
Material:	Acero Inoxidable AISI 316
Accionamiento:	Manual
Cantidad:	1 (una)

13.4.- VÁLVULA DE LAVADO DE MEMBRANAS (FLUSHING)

Tipo:	Esférica de tres cuerpos
Conexión:	2" roscada
Material:	Acero Inoxidable AISI 316
Accionamiento:	Automático mediante actuador neumático marca Genebre
Cantidad:	1 (una)

13.5.- VÁLVULA DE RETENCIÓN DE PERMEADO

Tipo:	Wafer
Conexión:	4"
Material:	Acero inoxidable AISI 304L



Cantidad: 1 (una)

13.6.- VÁLVULA DE RETENCIÓN DE RECHAZO

Tipo: Wafer

Conexión: 3"

Material: Acero Inoxidable AISI 304L

Cantidad: 1 (una)

13.7.- VÁLVULAS TOMA-MUESTRA

Tipo: Aguja

Conexión: 1/4"

Material: Poliamida

Puntos de muestreo: Entrada agua cruda

Alimentación y rechazo de cada arreglo de membranas

Permeado de cada tubo de alta presión



B - DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE MEDICIÓN, CONTROL, FALLAS, ALARMAS Y AUTOMATISMOS.

LAVADO DE MEMBRANAS POR FLUJO DE ALTA VELOCIDAD (flushing)

El equipo posee un sistema de lavado por Flushing (flujo de alta velocidad), que se efectúa en forma automática para cada arranque y parada del equipo, y cada dos horas de funcionamiento continuo. Este lavado se efectúa mediante la apertura de una válvula actuada eléctricamente, dispuesta en paralelo con la válvula globo de presurización del sistema.

El proceso de lavado aumenta el caudal de concentrado durante el tiempo programado, favoreciendo el barrido de depósitos sobre las membranas. Esta rutina totalmente automatizada electrónicamente, redundante en un incremento de la vida útil de las membranas.

MEDICIÓN Y CONTROL

El equipo posee todo el instrumental necesario para controlar el proceso de ósmosis inversa, garantizando un funcionamiento seguro. Esto incluye:

- **Conductímetro digital de alimentación y permeado:** este instrumento posibilita el control de la calidad de agua producida por la planta en forma on-line y el cálculo del rechazo salino de las membranas.
- **Manómetros:** El control de las presiones es uno de los parámetros vitales de funcionamiento en un equipo de O.I. Además, brindan información sobre el estado de los microfiltros (ensuciamiento).



-
- **Caudalímetro de permeado y concentrado:** Otro de los parámetros fundamentales a controlar para verificar el correcto punto de operación del equipo y su recuperación.
 - **Tablero de control, operación e indicación de fallas y alarmas:** Este módulo centraliza las operaciones de maniobra y toda la información operativa de funcionamiento y alarmas. Incluye una pantalla de cristal líquido que describe el estado de funcionamiento de cada componente del sistema (bombas, válvulas, etc), e indicaciones luminosas que registran las eventuales fallas.

TABLERO ELÉCTRICO

El Control de la operación de la planta se realiza mediante un **PLC**, que automatiza en forma total el funcionamiento del equipo, por lo que la dependencia con el operador es mínima.

El sistema efectúa el control de las secuencias de arranque, operación y parada, monitoreando los puntos críticos de funcionamiento, tales como presiones, sobrecarga, y falta de fase. De esta manera el equipo queda protegido de cualquier anomalía, deteniéndose en forma automática y generando la señal de error correspondiente. Así, el operador puede identificar fácilmente el origen de la falla y efectuar la corrección adecuada.

La intercomunicación entre el sistema electrónico y los distintos sensores como ser presostatos, niveles, protecciones térmicas son a través de tensiones de 24V, lo que limita los puntos de tensiones riesgosas a tableros, actuadores y borneras de bombas. De esta manera, todos los elementos eléctricos y/o electrónicos que puedan tener contacto con el agua operan a una tensión segura para el personal.



Control automático de bombas y válvulas:

- Bomba de alimentación
- Válvula actuada de alimentación
- Bomba de alta presión
- Válvula actuada de lavado
- Bomba de antiescalante

Protecciones:

- Corte por baja presión a la entrada (Falta de agua, microfiltros sucios)
- Corte por alta presión (acota la recuperación del proceso de OI)
- Corte por acuse de falla en las protecciones de los motores (falta de fase o sobre corriente)
- Corte de emergencia mediante interruptor por golpe de puño
- Corte por mala calidad de agua tratada
- Corte por bajo nivel de antiescalante

Operaciones autónomas:

- Arranque y parada automática por nivel de cisterna de permeado
- Lavado automático cada dos horas, mediante la apertura de válvula actuada en el concentrado.
- Parada automática por disparo de cualquier protección

Señalización e instrumentación:

- Equipo en operación
- Tanque lleno
- Tanque vacío
- Falla por baja presión



- Falla por alta presión
- Falla por sobrecarga o falta de fase
- Falla por conductividad de permeado fuera de rango
- Luces testigo tensión de fases
- Conductímetro digital de permeado y alimentación
- Presión de entrada a microfiltros
- Presión de salida a microfiltros
- Presión de alimentación de la bomba de alta presión
- Presión de descarga de la bomba de alta presión
- Presión de entrada al módulo de OI
- Presión entre arreglos
- Presión de salida al módulo de OI
- Diagrama de flujo de operación
- Señalización de lavado automático

Almacenamiento de Agua Producto

El almacenamiento de agua producto deberá tener una capacidad necesaria para absorber media demanda máxima diaria de producción. El sistema estará compuesto por un reservorio, de sección circular, cubierto en forma permanente y un sistema de bombeo que asegure la impulsión en forma ininterrumpida al sistema de redes de distribución y por un control inteligente de presión compuesto por un variador de velocidad y presóstato. Dicho sistema deberá estar compuesto por 2 (dos) unidades de bombeo instaladas en forma permanente dentro de la cisterna con funcionamiento alternado.

Además en este sistema, se realizara la cloración del agua producto, mediante bomba dosificadora que funcionará en forma automática, de acuerdo a caudal de demanda.



Bombeo para Distribución

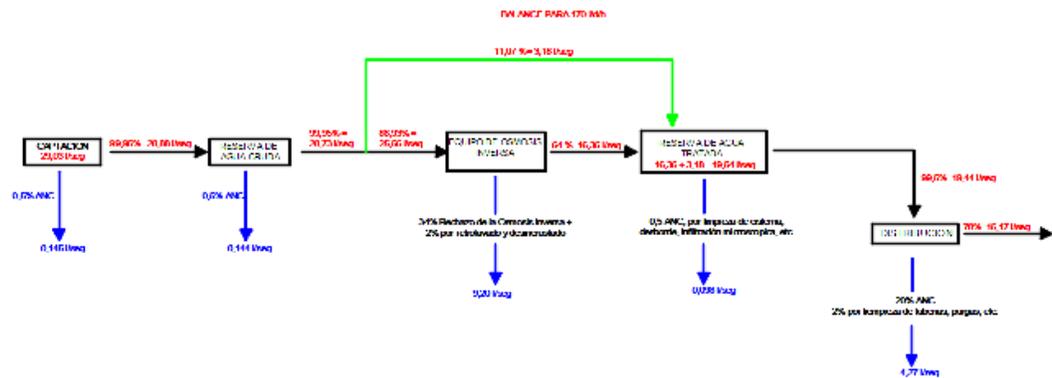
Se prevé la instalación de un equipo de variación de velocidad que accionará la bomba de distribución, comandado por un sistema de control de presión, el cual fijado a una consigna de presión estipulada por el operador, este sistema mantendrá constante la presión en red, optimizando el funcionamiento de las bombas.

Calculo de Caudales de Componentes del Sistema

De acuerdo a los cálculos efectuados, se tienen los siguientes parámetros con los cuales se realizara el balance de masa del sistema.

Componentes del Sistema	l/s	m ³ /hora	m ³ /día
Captacion	29,03	104,51	2508,27

Balance de masas (todos los valores son expresados en l/seg.)





De acuerdo a los cálculos realizados obtenemos los siguientes resultados:

Captación

CAPTACION	
El sistema de captación deberá proporcionar un caudal de:	29,03 l/seg → 104,51 m ³ /h → 2508,27 m ³ /día
ANC : 0,50%	0,15 l/seg → 0,52 m ³ /h → 12,54 m ³ /día
Numero de perforaciones existentes:	24
Caudal proporcionado por cada perforación	220,75 m ³ /día
Horas de trabajo:	12 [son 12 horas, en ciclos alternados de 4 hs de trabajo]
Numero de perforaciones necesarias:	11,36 → Se adoptan 12 perforaciones

El sistema de captación debe proporcionar 29,03 l/seg = 104,51 m³/h = 2508,27 m³/día al sistema de provisión de agua potable. Teniendo en cuenta que la localidad cuenta con 24 perforaciones que entregan 18,40 m³/h cada una, y con un régimen de trabajo de 12 horas cada una, es decir en ciclos alternados de 4 horas de funcionamiento y 4 horas de descanso es decir:

Caudal a proporcionar: 2508,27 m³/día

Numero de perforaciones: 24

Horas de trabajo de cada perforación: 12

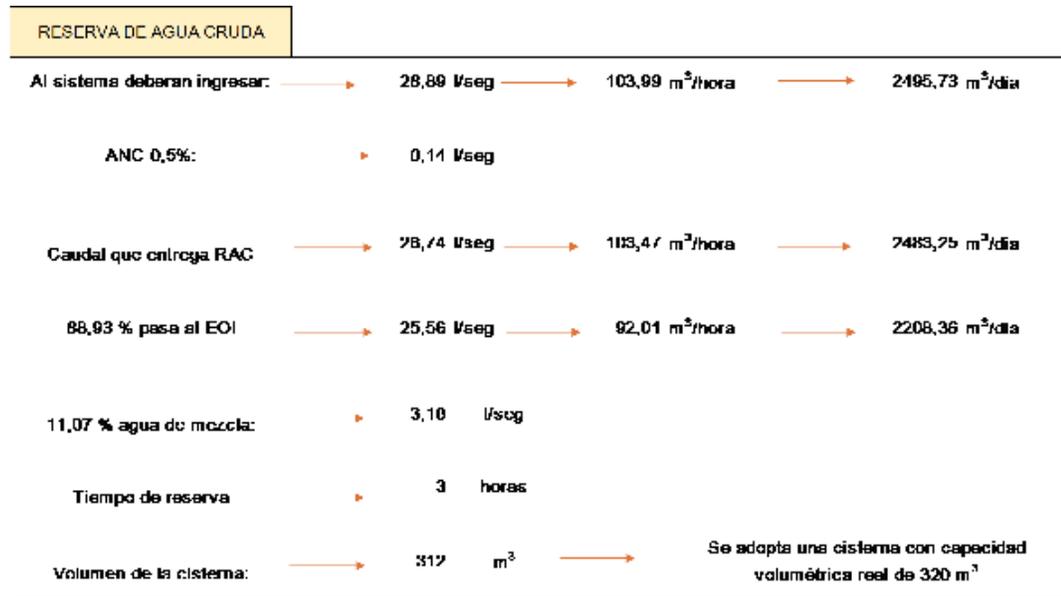
Cada perforación entrega: 18,40 m³/h x 12 horas = 220,75 m³/día

Número de perforaciones necesarias: 2508,27 m³/día / 220,75 m³/día = 12 perforaciones.



Dado que el sistema actual posee 24 perforaciones de las cuales algunas presentan fallas o posee agua con parámetros fuera de norma, se elegirá las que produzcan agua de mejor calidad, de forma tal de respetar los parámetros de cálculo y diseño del sistema de ósmosis inversa.

Reserva de Agua Cruda



Al sistema deberán ingresar 28,89 l/seg = 103,99 m³/h = 2495,73 m³/día, teniendo en cuenta el porcentaje de consumo de agua por limpieza, desborde, infiltración microscópica, etc (0,5%), la reserva entregará 28,74 l/seg = 103,47 m³/h = 2483,25 m³/día. Vale destacar que este reservorio entregará el 88,93 % de su caudal al equipo de ósmosis inversa siendo el mismo: 25,56 l/seg = 92,01 m³/h = 2208,36 m³/día, y el 11,07 % restante pasa a la reserva de agua tratada como aporte de agua de mezcla siendo: 3,18 l/seg = 11,45 m³/h = 274,75 m³/día.



Por lo expuesto y considerando una capacidad de reserva de 3 horas del proceso, el reservorio deberá poseer un volumen útil de 320 m³.

Equipo de Osmosis Inversa

EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA			
Al equipo deberán ingresar:	→ 25,56 l/seg	→ 92,01 m ³ /hora	→ 2024,33 m ³ /día
Rechazo del EOI 34% + pérdida por retrolavado y desincrustado 2%			
Total Rechazo del Equipo:	36%		
Es decir que el equipo rechaza:	→ 9,20 l/seg	→ 33,13 m ³ /hora	→ 728,76 m ³ /día
Total que se debe entregar a la reserva de agua tratada:	64%		
Caudal que ingresa a la reserva de agua tratada	→ 16,36 l/seg	→ 58,89 m³/hora	→ 1413,35 m³/día

Según los cálculos realizados al E.O.I., el equipo deberá entregar a la reserva de agua tratada 16,36 l/seg = 58,89 m³/h = 1413,35 m³/día, pero para entregar este caudal a dicha reserva, el equipo deberá ser alimentado con un caudal de 25,56 l/seg = 92,01 m³/h = 2208,36 m³/día. Vale destacar que el equipo funcionará 22 horas por día.

Resulta necesario hacer mención especial al rechazo del equipo de osmosis inversa. El agua de rechazo del E.O.I., será conducido por cañería de P.V.C., desde planta hasta canal pluvial a cielo abierto distante a unos 300 m del lugar de emplazamiento del E.O.I.

Vale destacar que este canal pluvial finaliza en canal lateral a las vías férreas de la localidad, el cual es el desagüe natural de la cuenca de la localidad

CÁLCULO DE RECHAZO			
Caudal de alimentación del E.O.I. =	2024,33	m ³ /día	
Concentración As en agua cruda =	80	mg/m ³	
Caudal de rechazo de E.O.I. =	728,76	m ³ /día	
Concentración As en rechazo =	222,22	mg/m ³	< 500 mg/m ³ Título C - Anexo B Ley 11220
El valor de concentración de As contenido en el rechazo no es mayor al que se puede encontrar en el agua de la zona de afluentes al canal			



Reserva de Agua Tratada

RESERVA DE AGUA TRATADA			
A la reserva de agua tratada ingresa lo producido por EOI, incluido el 11,07 de agua de corte	→	19,54 l/seg	→ 70,34 m ³ /h → 1688,24 m ³ /día
ANC 0,5% por limpieza de cisterna, infiltración:	→	0,10 l/seg	
Caudal que ingresa a tanque distribución:	→	19,44 l/seg	→ 69,99 m ³ /h → 1679,80 m ³ /día
Tiempo de reserva	→	6 horas	
Volumen de la cisterna:	→	422,06 m ³	→ Se adopta una cisterna de capacidad volumétrica de 445 m ³

Según los cálculos realizados tenemos:

Este reservorio recibirá el caudal de producción del equipo de osmosis inversa y el caudal de agua de corte proveniente de la reserva de agua no tratada. Exponiendo dichos caudales:

- Caudal de producción de equipo de osmosis inversa más el 11,07 % de agua de mezcla (caudal proveniente de la reserva de agua cruda): $19,54 \text{ l/s} = 70,34 \text{ m}^3/\text{h} = 1688,24 \text{ m}^3/\text{día}$.

Por lo expuesto y considerando una reserva de 6 horas, el reservorio deberá poseer un volumen de 445 m³.



Impulsión a distribución

La bomba de abastecimiento e impulsión a red de distribución tendrá una capacidad de suministro capaz de atender el caudal horario máximo absoluto del año, que fue calculado en $32,41 \text{ l/seg} = 116,68 \text{ m}^3/\text{h}$. Se adoptan 2 (dos) unidades de bombeo marca FLYGT, modelo NP 3127 MT3 – Curva 437. Se adjunta planillas de cálculo de dicha bombas.

Sistema de control de presión

El sistema de control de presión estará comandado por variador de velocidad marca SCHNEIDER modelo ATV 312 y sensor de presión.

Principio de funcionamiento: se establece una consigna de presión deseada en red de distribución. El sensor enviará la información al variador de velocidad y éste comandará y regulará la velocidad de la unidad de bombeo de acuerdo a caudal de demanda, manteniendo siempre la misma presión consignada. Es decir que en los horarios picos de consumo, la bomba marchará a su máxima potencia, y en horarios de baja demanda, la velocidad de funcionamiento será mucho menor, traduciéndose en un ahorro energético importante.

Sistema de cloración

Respecto al sistema de cloración, el mismo irá montado al costado de la cisterna y estará compuesto por 2 (dos) bombas dosificadoras (1 en funcionamiento, 1 en stand by) marca AQUATRON, moldeo FM1 07/05 de 7 l/hora a una presión máxima de $0,5 \text{ kg/cm}^2$

Reservorios de Agua Cruda y Agua Tratada

Estructura de las cisternas

Tanto el reservorio de agua no tratada como el de agua tratada, tendrán básicamente la misma estructura:



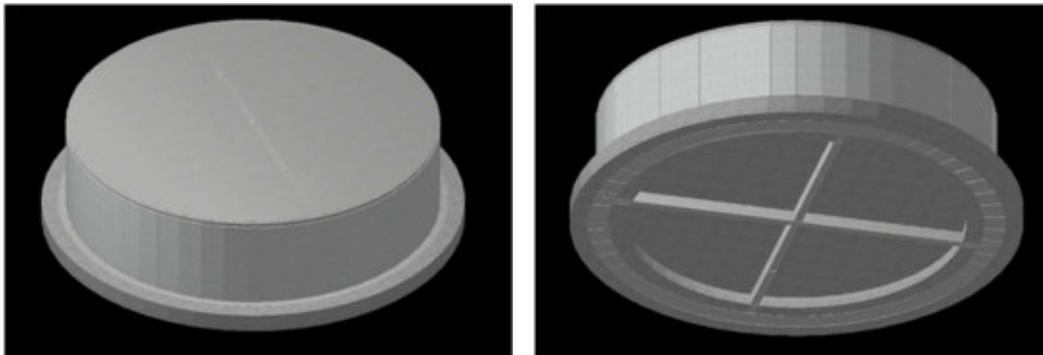
- Platea de fundación con refuerzos inferiores para columnas de $e = 0.30$ m
- Viga de fundación perimetral circular de $2,00$ m x 0.70 m
- Columnas de sección circular de sustento de viga central de cubierta superior de $\varnothing 0.30$ m.
- Viga central de cubierta superior de 0.70 m x 0.30 m
- Cubierta superior en losa de viguetas de $e = 0.18$ m

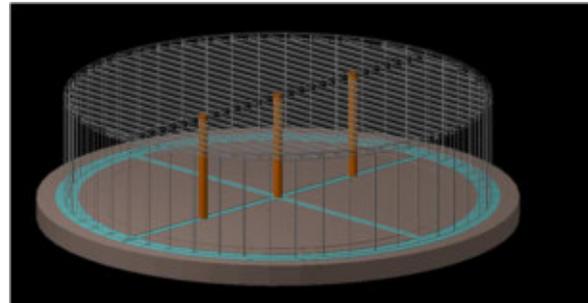
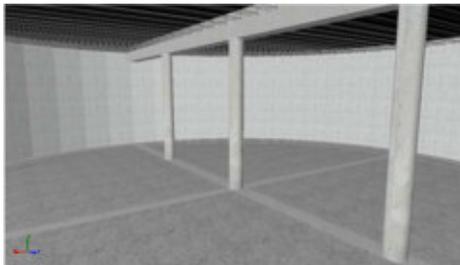
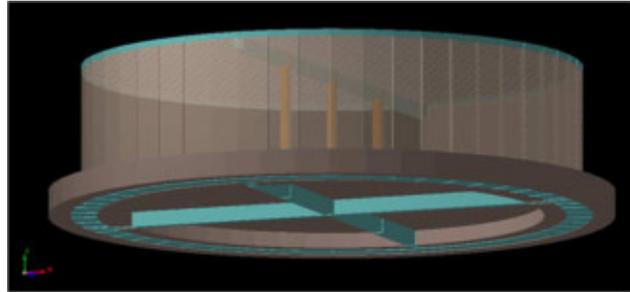
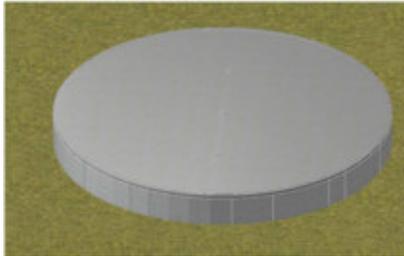
Las dimensiones de ambos reservorios son similares, excepto su profundidad.

La reserva de agua no tratada posee una profundidad de $2,70$ m y en el caso del de agua tratada o producto la profundidad es de $3,60$ m. El diámetro interior de ambas cisternas es de $13,30$ m.

Las cisternas son de tipo semienterradas, estando a la misma altura de nivel de terreno natural $+1,50$.

La vereda perimetral de dichas cisternas es de 1 m.





El interior de las cisternas será cubierto con material SIKA MONOTOP 107 (piso y tabiques) y SIKALASTIC 560 para techos, que asegurará su completa estanqueidad en pisos, tabiques y techo, de forma tal de minimizar el riesgo de filtraciones. Este material posee propiedades elásticas que pueden absorber pequeñas fisuras ocasionales producto del movimiento estructural eventual. Se adjunta hoja técnica.

Sala de Equipo de Osmosis Inversa

El equipo se alojará dentro un espacio existente, con piso de hormigón armado, paredes de mampostería con revoque exterior e interior y cubierta metálica. Los accesos son mediante portón amplio del tipo corredizo.

Interconexiones hidráulicas entre componentes del sistema se realizarán con tuberías de PVC \varnothing 110 mm y 75 mm, bajo norma IRAM, aptos para agua potable, clase 6 con junta elástica integrada, con una tapada mínima de 0.80 m y con

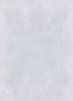


protección UV en aquellos tramos aéreos como ingreso a cisternas. La conexión del sistema de bombeo (base y montantes) con tubería de PVC se efectuará en material acero inoxidable.

Análisis de financiamiento de la obra

Para la concreción de este proyecto el Consejo de Administración del prestador local del servicio de agua potable de la localidad, Cooperativa de Obras y Servicios Públicos de Wheelwright Limitada, iniciará los trámites correspondientes para obtener la asistencia económico-financiera en el ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento), bajo el programa de este organismo, denominado PROMES (Programa de Obras Menores de Saneamiento), cuyo objetivo es la asistencia financiera a entes prestadores de servicios, a través del otorgamiento de préstamos para la realización de obras de saneamiento. Dichos préstamos son de hasta \$ 25.000.000 y el plazo máximo de devolución es 120 meses, con una tasa de 1/3 de la tasa activa actual del Banco Nación, con un piso del 9%. Dicha solicitud de asistencia financiera estará acompañada por el poder concedente, la Comuna de Wheelwright, quien también oficiará de garante de este préstamo, respaldada por la Co-participación nacional. Este proyecto encuadra perfectamente es los lineamientos generales, técnicos y económicos, por lo que consideramos totalmente viable. El monto de la cuota mensual de este crédito será prorrateado entre las 2331 conexiones domiciliarias activas.-

PLANOS



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

INSTITUCIÓN

PROYECTO

SISTEMA DE POSESIONACION DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHERENDI - SANTA FE
ASOCIATURA - PROYECTO FINAL - INGENIERIA CIVIL

ESCALA

1:500

TÍTULO

PLANTA GENERAL

FECHA

02/02/2017

ING. CARLOS ALBERTO

ING. ALBERTO E. ARNAL

ING. DIEGO GARCIA
LECCABONICHO

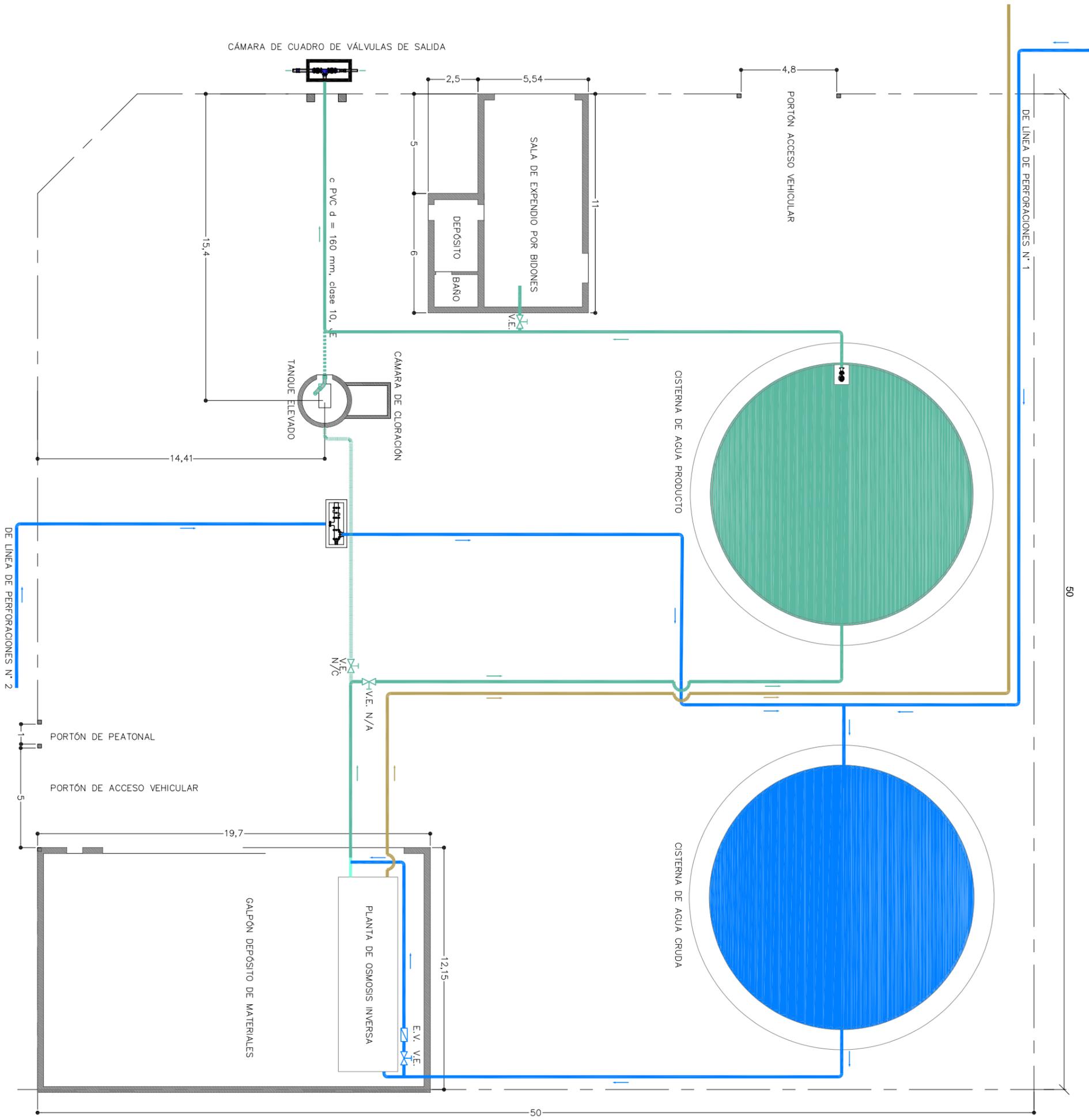
1

VENADO TUERTO

VENADO

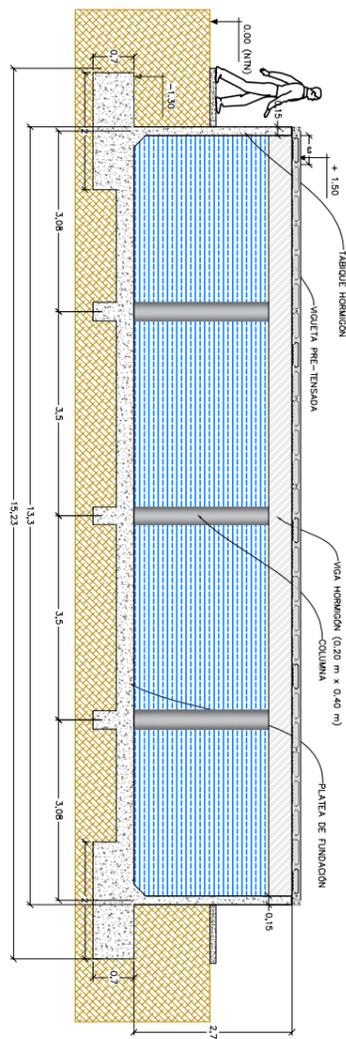
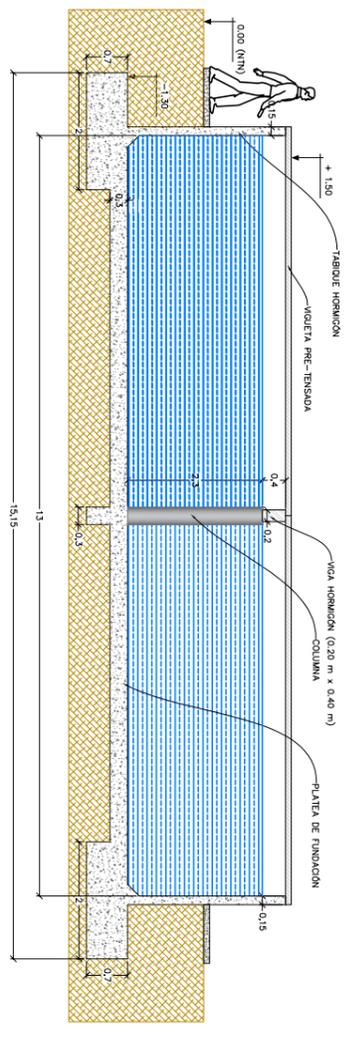
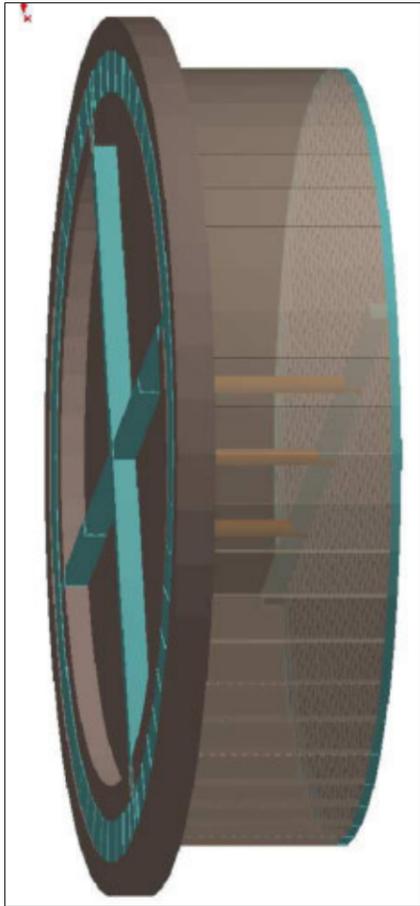
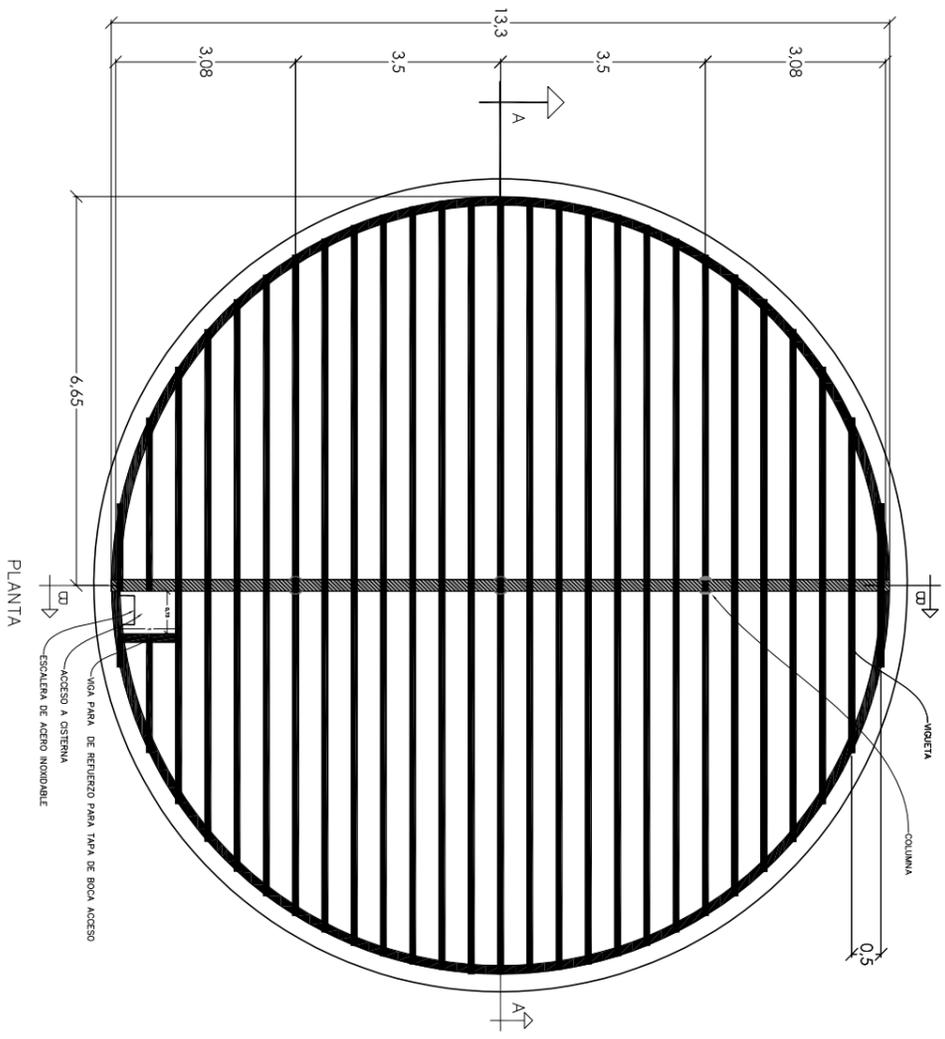
VENADO

VENADO

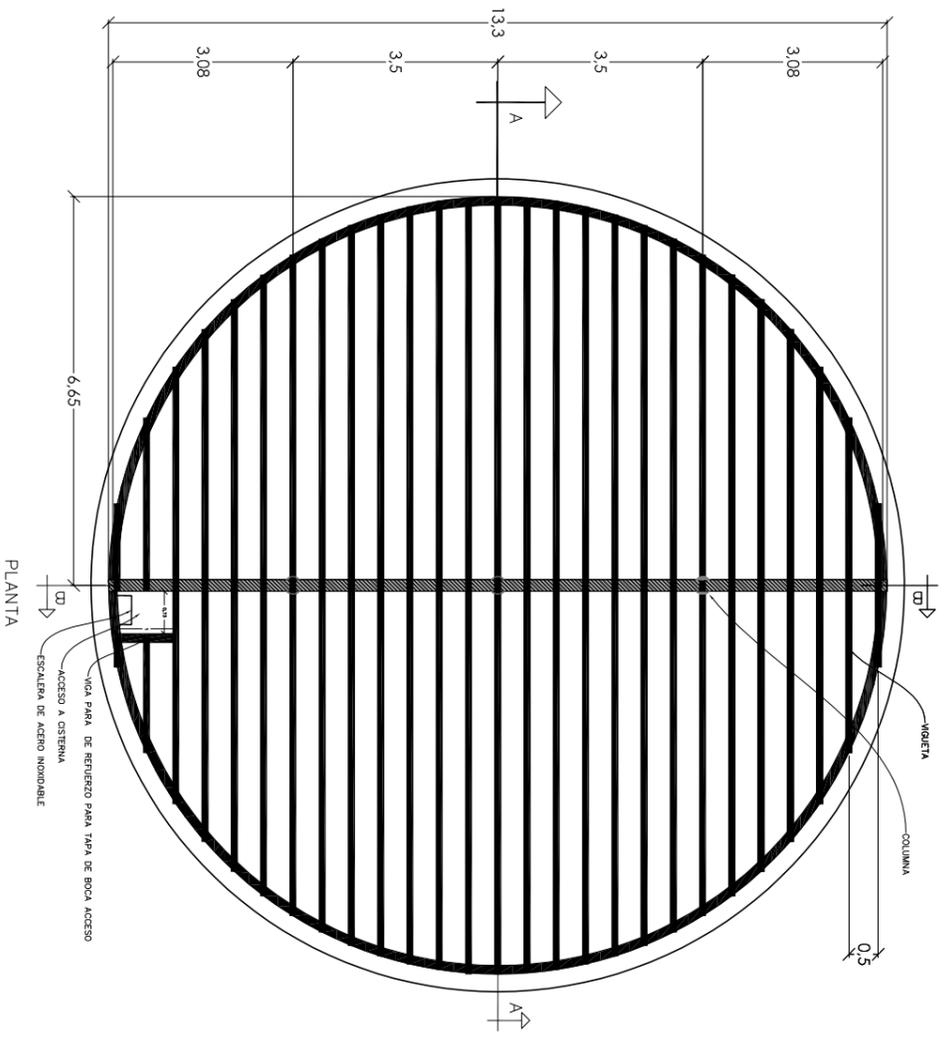


REFERENCIAS	
	AGUA ALIMENTACION
	AGUA DE PERMEADO
	AGUA PRODUCTO
	RECHAZO
	CANERIA A ANULAR
	CANERIA EN STAND BY

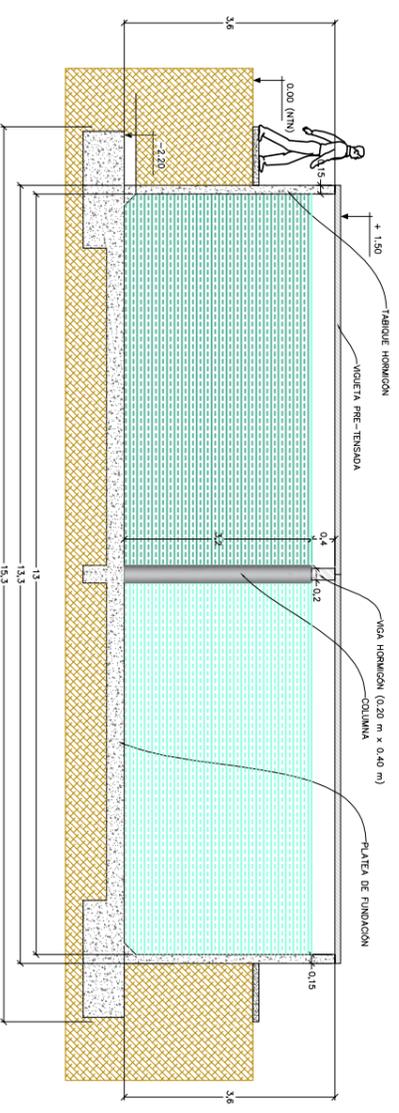
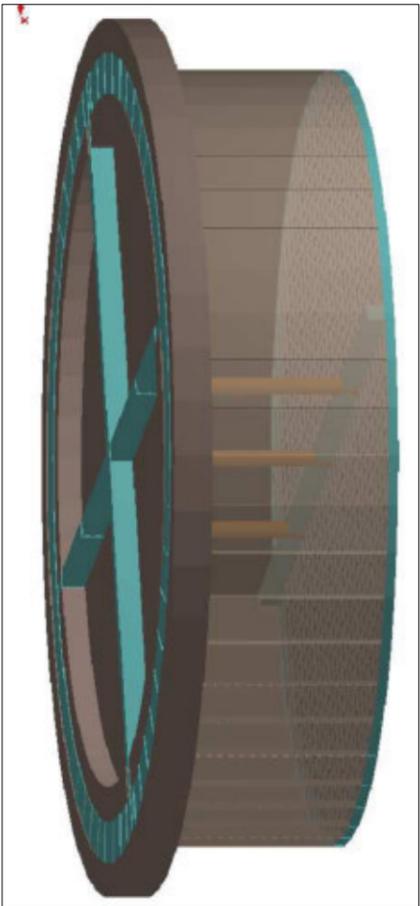
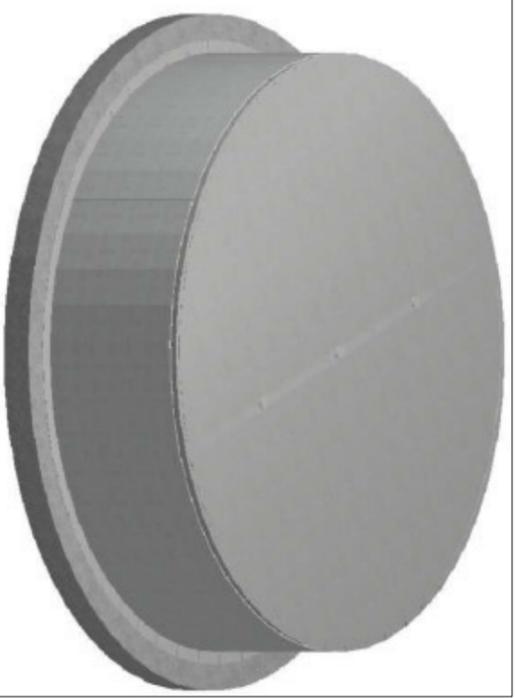
		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO	
INSTITUTO: ESOLVA	PROYECTO: SISTEMA DE POTABILIZACION DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEENRIBOT - SANTA FE ASIGNATURA: PROYECTO FINAL - INGENIERIA CIVIL	TITULO: PLANTA GENERAL	
FECHA: DICIEMBRE 2017	ING. ALBERTO E. ARNAS <small>RESPONSO</small>	DUTTO LUCREDA <small>LECTORADO</small>	1 <small>Página 1</small>
ING. CARLOS ALBERDI <small>COORDINADOR</small>			



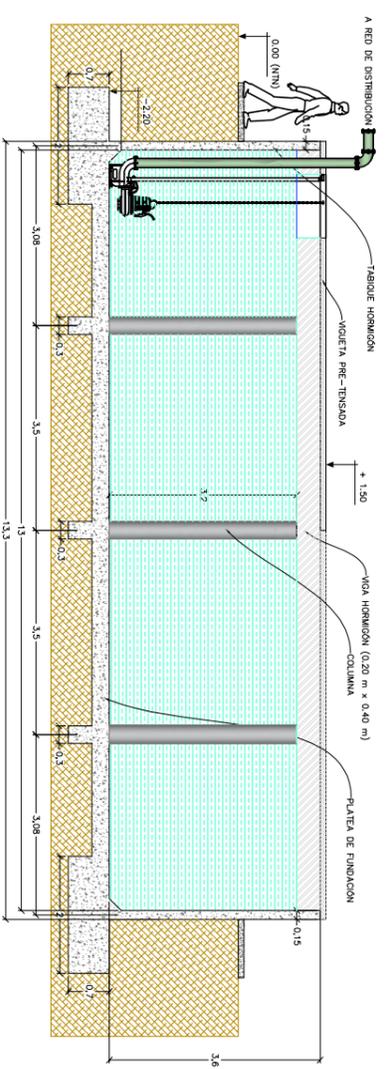
 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO			
ANTECEDENTES: ESCALAR: 1:100 FECHA: DICIEMBRE 2017	PROYECTO: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEEWRIGHT - SANTAFE ASIGNATURA: PROYECTO FINAL - INGENIERIA CIVIL	TITULO: CISTERNA DE AGUA CRUDA - 320 m3	REVISADO: ING. ALBERTO E. ARMAS ALUMNOS
DOCENTE TITULAR: ING. CARLOS ALBERDI	REVISADO: ING. ALBERTO E. ARMAS	ALUMNOS: DUTTO LUCRECIA LEZCANO RICARDO	PLANO Nº: 2



PLANTA

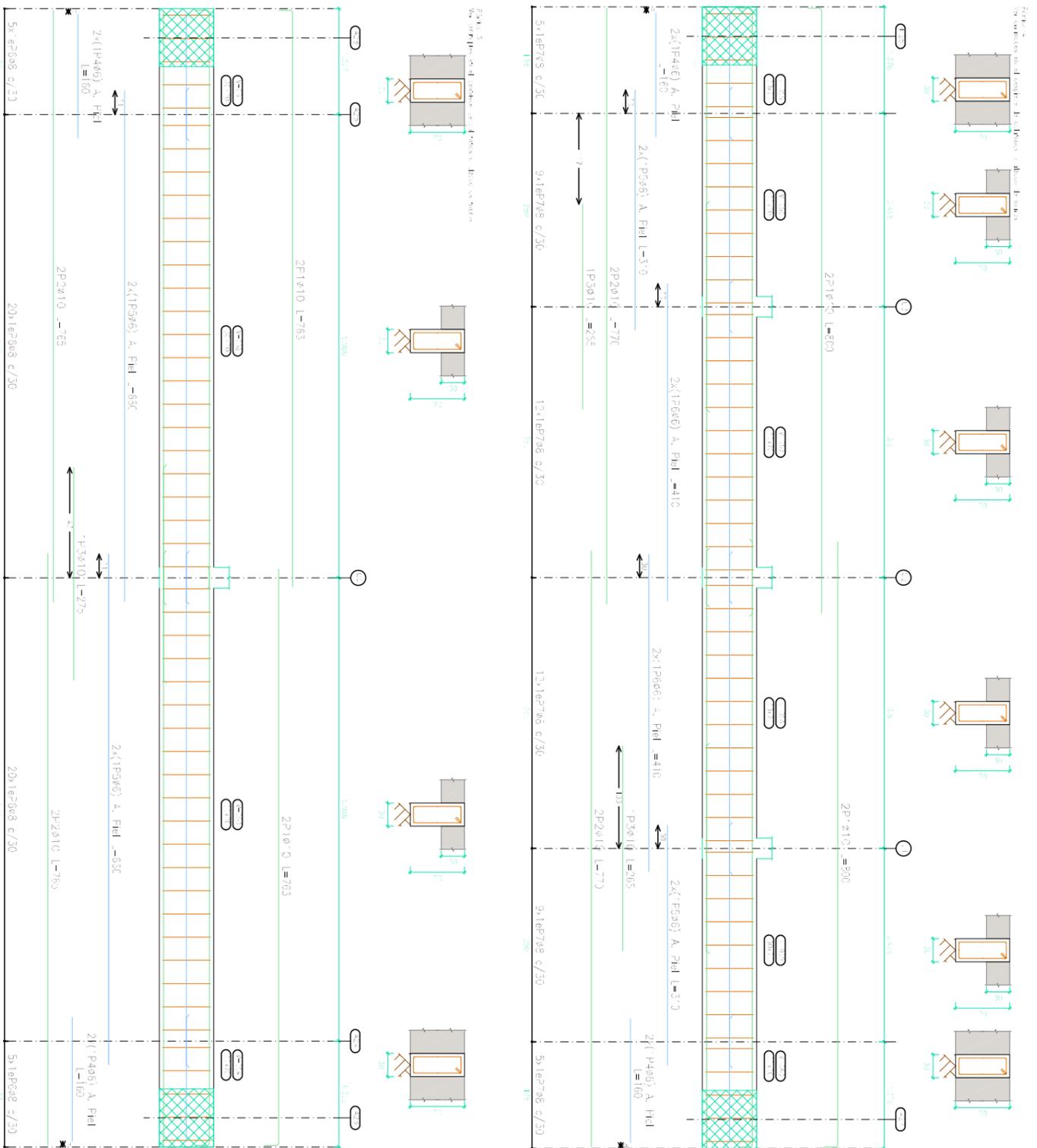


CORTE A-A



CORTE B-B

 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO		PROYECTO: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEEWRIGHT - SANTAFE	
ANTECEDENTES:		ASIGNATURA: PROYECTO FINAL - INGENIERIA CIVIL	
ESCALA: 1:100	TÍTULO: CISTERNA DE AGUA PRODUCTO - 445 m3		
FECHA: DICIEMBRE 2017	ING. CARLOS ALBERDI DOCENTE TITULAR	ING. ALBERTO E. ARMAS REVISADO	DUTTO LUCRECIA LEZCANO RICARDO ALUMNOS
		3 PLANO Nº	



Fundación
 Despiece de vigas
 Hormigón: H-25
 Acero en barras: ADN 420
 Acero en estribos: ADN 420
 Escala pórtilcos 1:50
 Escala secciones 1:50
 Escala huecos 1:50

Fundación
 Despiece de vigas
 Hormigón: H-25
 Acero en barras: ADN 420
 Acero en estribos: ADN 420
 Escala pórtilcos 1:50
 Escala secciones 1:50
 Escala huecos 1:50

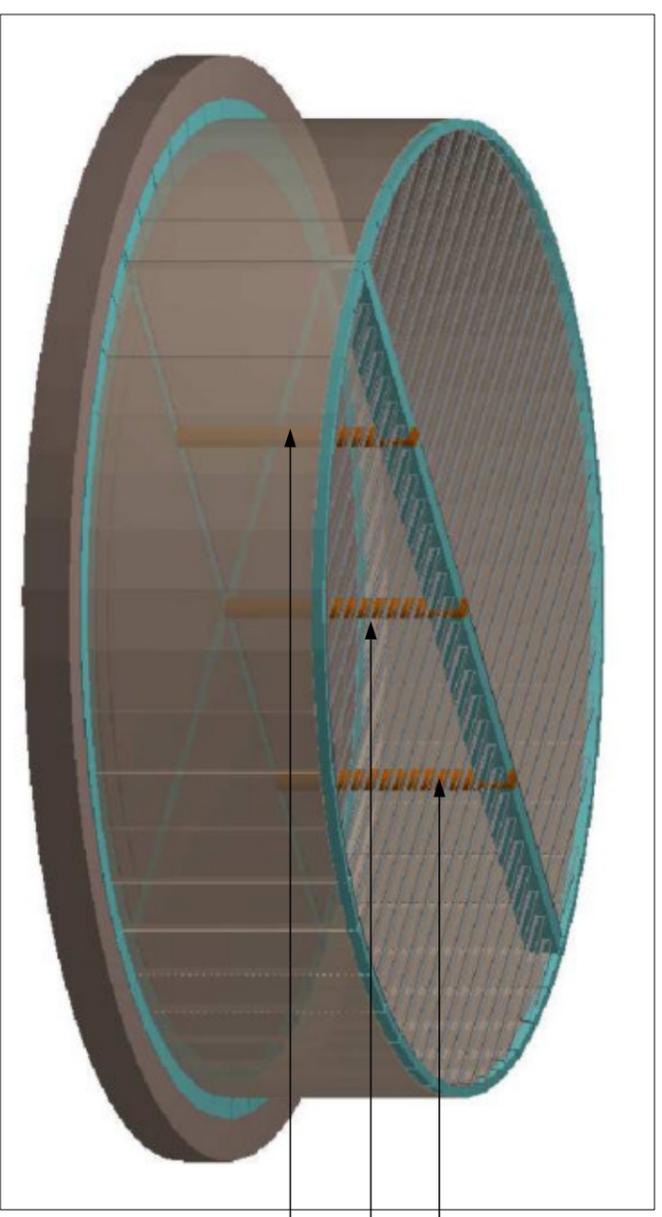
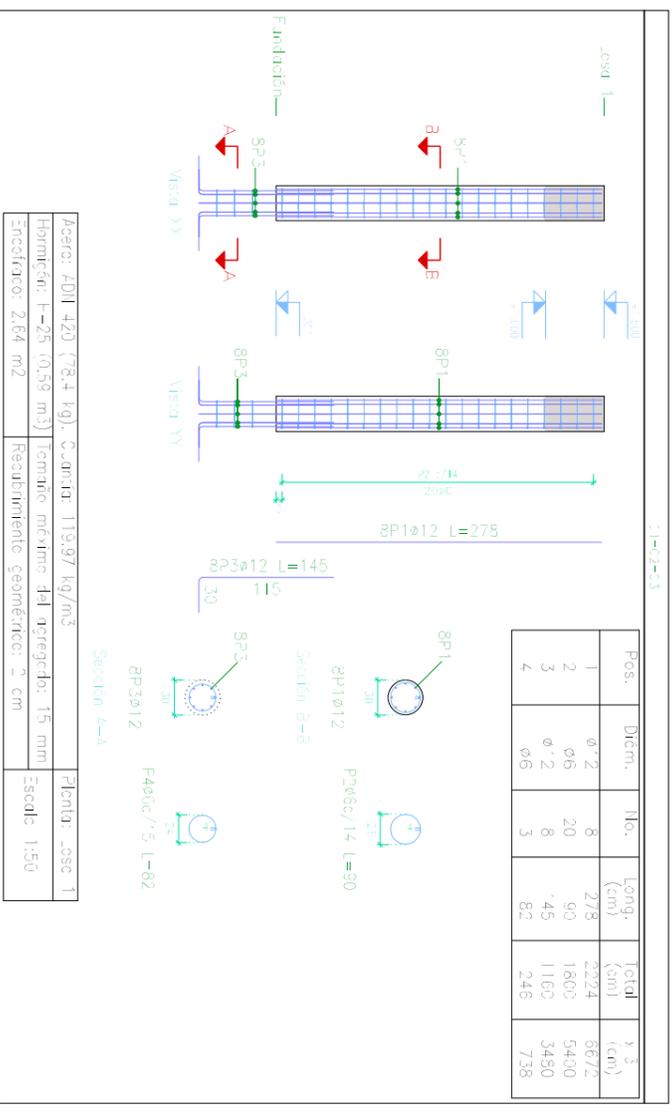
Elemento	Pos.	Dim. H. (cm)	Esquema (cm)	Long. total (cm)	ADN 420 (kg)
1	1	800	300	800	3000
2	2	700	300	700	3000
3	3	500	300	500	3000
4	4	500	300	500	3000
5	5	500	300	500	3000
6	6	500	300	500	3000
7	7	500	300	500	3000
8	8	500	300	500	3000
9	9	500	300	500	3000
10	10	500	300	500	3000
11	11	500	300	500	3000
12	12	500	300	500	3000
13	13	500	300	500	3000
14	14	500	300	500	3000
15	15	500	300	500	3000
16	16	500	300	500	3000
17	17	500	300	500	3000
18	18	500	300	500	3000
19	19	500	300	500	3000
20	20	500	300	500	3000
21	21	500	300	500	3000
22	22	500	300	500	3000
23	23	500	300	500	3000
24	24	500	300	500	3000
25	25	500	300	500	3000
26	26	500	300	500	3000
27	27	500	300	500	3000
28	28	500	300	500	3000
29	29	500	300	500	3000
30	30	500	300	500	3000
31	31	500	300	500	3000
32	32	500	300	500	3000
33	33	500	300	500	3000
34	34	500	300	500	3000
35	35	500	300	500	3000
36	36	500	300	500	3000
37	37	500	300	500	3000
38	38	500	300	500	3000
39	39	500	300	500	3000
40	40	500	300	500	3000
41	41	500	300	500	3000
42	42	500	300	500	3000
43	43	500	300	500	3000
44	44	500	300	500	3000
45	45	500	300	500	3000
46	46	500	300	500	3000
47	47	500	300	500	3000
48	48	500	300	500	3000
49	49	500	300	500	3000
50	50	500	300	500	3000

Elemento	Pos.	Dim. H. (cm)	No.	Esquema (cm)	Long. total (cm)	ADN 420 (kg)
1	1	800	4	300	800	3000
2	2	700	4	300	700	3000
3	3	500	4	300	500	3000
4	4	500	4	300	500	3000
5	5	500	4	300	500	3000
6	6	500	4	300	500	3000
7	7	500	4	300	500	3000
8	8	500	4	300	500	3000
9	9	500	4	300	500	3000
10	10	500	4	300	500	3000
11	11	500	4	300	500	3000
12	12	500	4	300	500	3000
13	13	500	4	300	500	3000
14	14	500	4	300	500	3000
15	15	500	4	300	500	3000
16	16	500	4	300	500	3000
17	17	500	4	300	500	3000
18	18	500	4	300	500	3000
19	19	500	4	300	500	3000
20	20	500	4	300	500	3000
21	21	500	4	300	500	3000
22	22	500	4	300	500	3000
23	23	500	4	300	500	3000
24	24	500	4	300	500	3000
25	25	500	4	300	500	3000
26	26	500	4	300	500	3000
27	27	500	4	300	500	3000
28	28	500	4	300	500	3000
29	29	500	4	300	500	3000
30	30	500	4	300	500	3000
31	31	500	4	300	500	3000
32	32	500	4	300	500	3000
33	33	500	4	300	500	3000
34	34	500	4	300	500	3000
35	35	500	4	300	500	3000
36	36	500	4	300	500	3000
37	37	500	4	300	500	3000
38	38	500	4	300	500	3000
39	39	500	4	300	500	3000
40	40	500	4	300	500	3000
41	41	500	4	300	500	3000
42	42	500	4	300	500	3000
43	43	500	4	300	500	3000
44	44	500	4	300	500	3000
45	45	500	4	300	500	3000
46	46	500	4	300	500	3000
47	47	500	4	300	500	3000
48	48	500	4	300	500	3000
49	49	500	4	300	500	3000
50	50	500	4	300	500	3000



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

PROYECTO:	SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEEWRIGHT - SANTA FE		
ASIGNATURAS:	ASIGNATURA: PROYECTO FINAL - INGENIERÍA CIVIL		
ESCALA:	1:100		
FECHA:	DICIEMBRE 2017		
ING. CARLOS ALBERDI	ING. ALBERTO E. ARMAS	DUTTO LUCRECIA	4
DOCENTE TITULAR	REVISADO	ALUMNOS	PLANO Nº

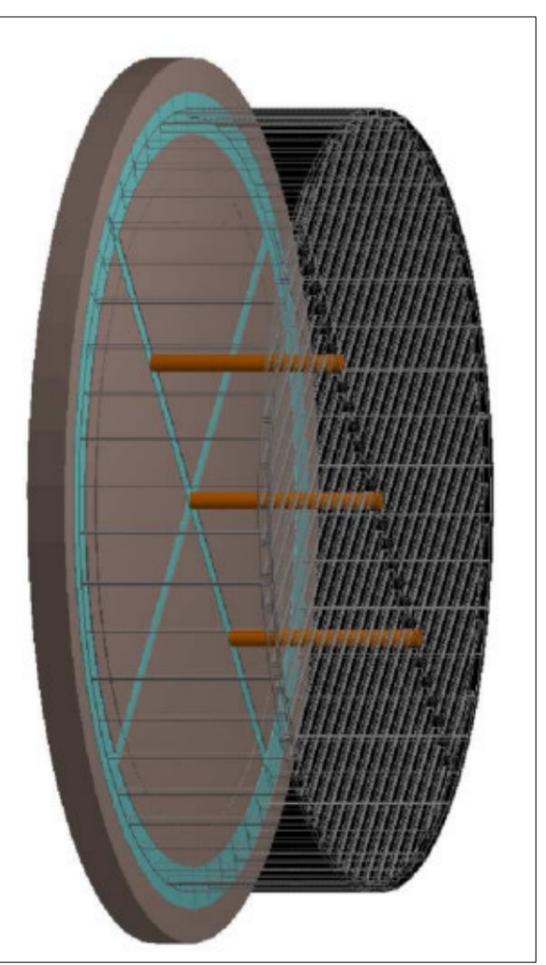


COLUMNAS

Elemento	Pos.	Dim.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total ADN 420 (kg)
C-2-73	1	ϕ 2	8	338	278	2224
	2	ϕ 6	20	90	90	1800
	3	ϕ 2	8	45	45	1160
	4	ϕ 6	3	82	82	246
				Total (kg)	337	5430
				ADN 420	14,2	14,2
				ϕ 2	14,2	14,2
				ϕ 6	14,2	14,2

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso \approx 10% (kg)	Total
ADN 420 ϕ 6	61,4	15	
ϕ 12	101,5	99	114

Planta: Losa 1
 Hormigón: H-25
 Acero en barras: ADN 420
 Acero en estribos: ADN 420



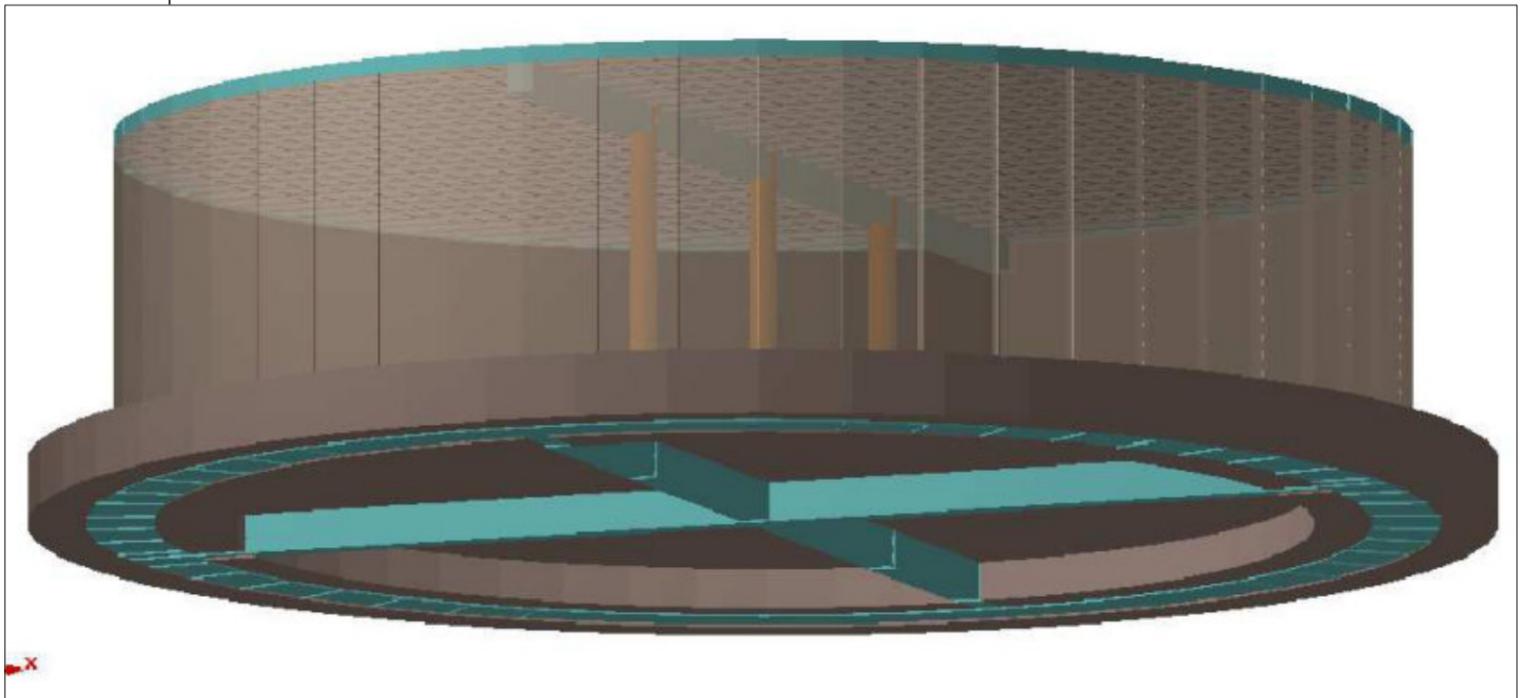
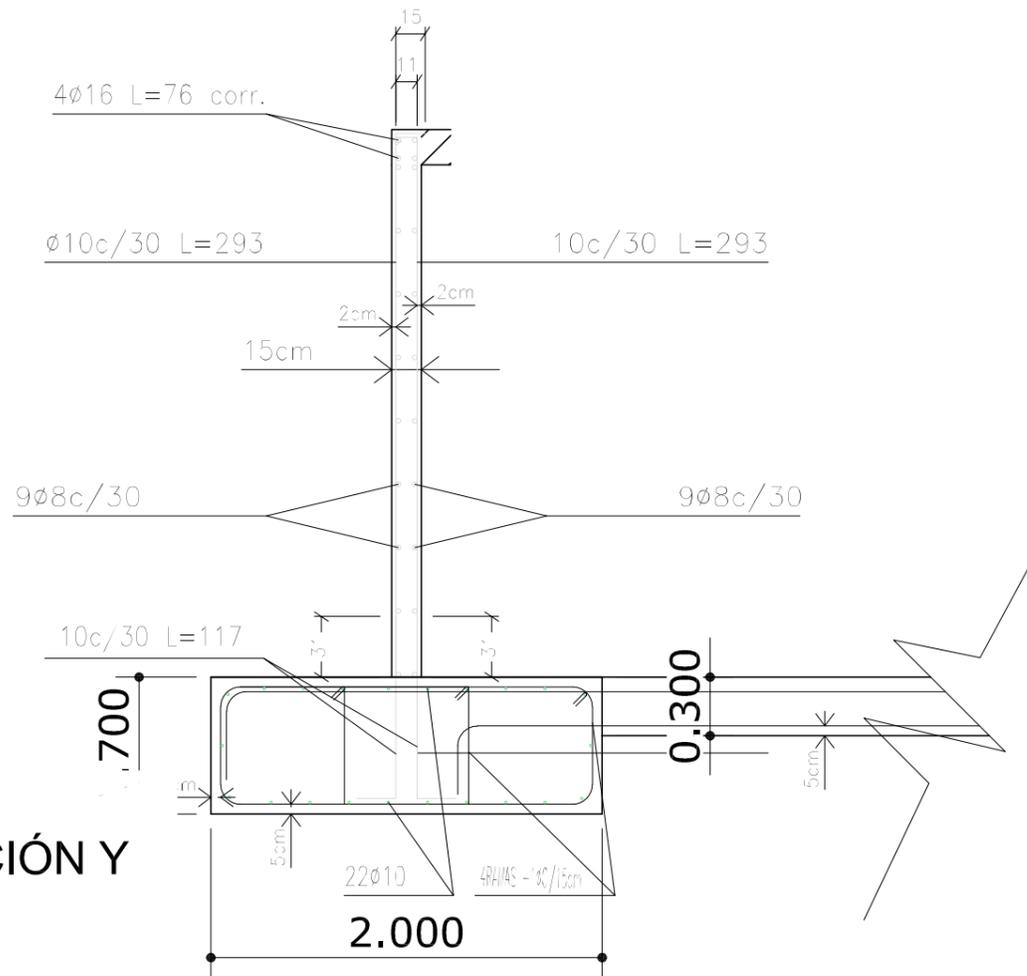


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

PROYECTO: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEEWRIGHT - SANTA FE
ASIGNATURA: PROYECTO FINAL - INGENIERIA CIVIL

ANTECEDENTES:			
ESCALA:	1:100	TÍTULO:	DETALLE DE COLUMNAS DE CISTERNAS
FECHA:	DICIEMBRE 2017	ING. ALBERTO E. ARMAS	DUTTO LUCRECIA LEZCANO RICARDO
	ING. CARLOS ALBERDI	REVISADO	ALUMNOS
	DOCENTE TITULAR		5 PLANO Nº

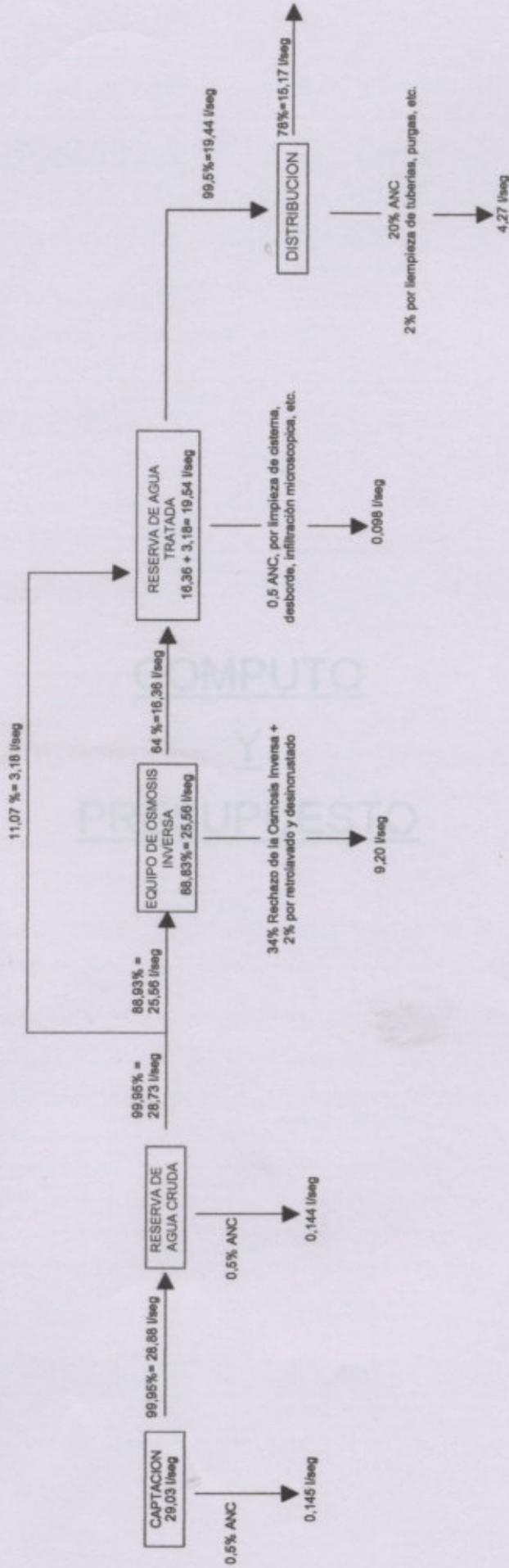
**DETALLE
VIGA DE FUNDACIÓN Y
TABIQUE**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO**

ANTECEDENTES:	PROYECTO: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEEWRIGHT - SANTA FE ASIGNATURA: PROYECTO FINAL - INGENIERÍA CIVIL		
ESCALA: 1:100	TÍTULO: DETALLE DE UNIÓN VIGA FUNDACIÓN - TABIQUE		
FECHA: DICIEMBRE 2017	ING. CARLOS ALBERDI DOCENTE TITULAR	ING. ALBERTO E. ARMAS REVISADO	DUTTO LUCRECIA LEZCANO RICARDO ALUMNOS
			7 PLANO Nº

BALANCE PARA 170 l/d/h



--	--	--	--	--

Fondo de Inversión					
1.1	Salario y prestaciones	af	850	\$ 1,400,000	\$ 1,400,000
1.2	Transporte (combustible, mantenimiento y peajes de tránsito)	ag	400	\$ 800,000	\$ 800,000
1.3	Electricidad y comunicaciones	ajud	1	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
Subtotal Fondo					\$ 3,200,000

Servicio					
2.1	Transporte (combustible)	af	100	\$ 200,000	\$ 200,000
2.2	Alquiler de inmuebles (oficina y personal de apoyo)	ag	100	\$ 200,000	\$ 200,000
2.3	Transporte de pasajeros	ajud	1	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
Subtotal Servicio					\$ 1,400,000

Materiales					
3.1	Transporte	af	100	\$ 200,000	\$ 200,000
3.2	Materiales de oficina	ag	100	\$ 200,000	\$ 200,000
3.3	Electricidad y comunicaciones	ajud	1	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
Subtotal Materiales					\$ 1,400,000

COMPUTO
Y
PRESUPUESTO

Servicio					
4.1	Transporte	af	100	\$ 200,000	\$ 200,000
4.2	Materiales de oficina	ag	100	\$ 200,000	\$ 200,000
4.3	Electricidad y comunicaciones	ajud	1	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
Subtotal Servicio					\$ 1,400,000

Materiales de oficina					
5.1	Transporte	af	100	\$ 200,000	\$ 200,000
5.2	Materiales de oficina (combustible y mantenimiento)	ag	100	\$ 200,000	\$ 200,000
5.3	Electricidad y comunicaciones	ajud	1	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
Subtotal Materiales de oficina					\$ 1,400,000

Materiales					
6.1	Materiales	af	100	\$ 200,000	\$ 200,000
Subtotal Materiales					\$ 200,000
Total Presupuesto					\$ 1,400,000

Fondo de Inversión					
7.1	Salario y prestaciones	af	850	\$ 1,400,000	\$ 1,400,000

SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

Item	Rubro: CISTERNA AGUA CRUDA		Unidad	Cantidad	PRECIO	
	Descripción				Unitario	Total
MATERIALES						
1	Platea de fundación					
1.1	Hormigón calidad H-25.	m ³	69,6	\$ 2.765,00	\$ 192.444,00	
1.2	Hierro para armaduras ADN 420 y para tapa de acceso.	Kg	4935	\$ 20,11	\$ 99.242,85	
1.3	Elementos de encofrado	global	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	
Subtotal ítem					\$ 301.686,85	
2	Tabique					
2.1	Hormigón calidad H-25.	m ³	18,47	\$ 2.765,00	\$ 51.069,55	
2.2	Hierro para armaduras ADN 420 y para tapa de acceso.	Kg	1411	\$ 20,11	\$ 28.375,21	
2.3	Elementos de encofrado	global	1	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00	
Subtotal ítem					\$ 114.444,76	
3	Columnas					
3.1	Hormigón calidad H-25.	m ³	0,48	\$ 2.765,00	\$ 1.327,20	
3.2	Hierro para armaduras ADN 420 y para tapa de acceso.	Kg	114	\$ 20,11	\$ 2.292,54	
3.3	Elementos de encofrado	global	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	
Subtotal ítem					\$ 8.619,74	
4	Vigas					
4.1	Hormigón calidad H-25.	m ³	31,76	\$ 2.765,00	\$ 87.816,40	
4.2	Hierro para armaduras ADN 420 y para tapa de acceso.	Kg	915	\$ 20,11	\$ 18.400,65	
4.3	Elementos de encofrado	global	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	
Subtotal ítem					\$ 116.217,05	
5	Losa de cisterna (viguetas)					
5.1	Hormigón calidad H-25.	m ²	146,13	\$ 510,47	\$ 74.594,98	
5.2	Hierro para armaduras ADN 420 y para tapa de acceso.	Kg	102	\$ 20,11	\$ 2.051,22	
5.3	Elementos de encofrado	global	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	
Subtotal ítem					\$ 86.646,20	
6	Impermeabilización					
6.1	Material	m ²	390,67	\$ 1.089,00	\$ 425.439,63	
Subtotal ítem					\$ 425.439,63	
Total Materiales					\$ 1.053.054,23	

MANO DE OBRA						
1	Platea de fundación					
1.1	Excavación - Movimiento de suelo	m ³	533,17	\$ 168,95	\$ 90.079,07	
Subtotal ítem					\$ 90.079,07	
MANO DE OBRA						

1	Platea de fundación				
1.1	Mano de obra	m ³	69,6	\$ 1.848,92	\$ 128.684,83
Subtotal ítem					\$ 128.684,83
2	Tabique				
2.1	Mano de obra	m ³	18,47	\$ 6.629,48	\$ 122.446,50
Subtotal ítem					\$ 122.446,50
3	Columnas				
3.1	Mano de obra	m ³	0,48	\$ 6.629,48	\$ 3.182,15
Subtotal ítem					\$ 3.182,15
4	Vigas				
4.1	Mano de obra	m ³	31,76	\$ 9.720,66	\$ 308.728,16
Subtotal ítem					\$ 308.728,16
5	Losa de cisterna (viguetas)				
5.1	Mano de obra	m ²	146,13	\$ 288,14	\$ 42.105,90
Subtotal ítem					\$ 42.105,90
6	Impermeabilización				
6.1	Mano de obra	m ²	390,67	\$ 726,00	\$ 283.626,42
Subtotal ítem					\$ 283.626,42
Total Mano de Obra					\$ 978.853,03
TOTAL CISTERNA DE AGUA CRUDA					\$ 2.031.907,26

SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE

Item	Rubro: CISTERNA PRODUCTO	Unidad	Cantidad	PRECIO	
	Descripción			Unitario	Total

MATERIALES

1	Platea de fundación				
1.1	Hormigón calidad H-25.	m ³	69,6	\$ 2.765,00	\$ 192.444,00
1.2	Hierro para armaduras ADN 420 y para tapa de acceso.	Kg	4921	\$ 20,11	\$ 98.961,31
1.3	Elementos de encofrado	global	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
Subtotal ítem					\$ 301.405,31

2	Tabique				
2.1	Hormigón calidad H-25.	m ³	23,41	\$ 2.765,00	\$ 64.728,65
2.2	Hierro para armaduras ADN 420 y para tapa de acceso.	Kg	2032	\$ 20,11	\$ 40.863,52
2.3	Elementos de encofrado	global	1	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00
Subtotal ítem					\$ 140.592,17

3	Columnas				
3.1	Hormigón calidad H-25.	m ³	0,66	\$ 2.765,00	\$ 1.824,90
3.2	Hierro para armaduras ADN 420 y para tapa de acceso.	Kg	135	\$ 20,11	\$ 2.714,85
3.3	Elementos de encofrado	global	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
Subtotal ítem					\$ 9.539,75

4	Vigas				
4.1	Hormigón calidad H-25.	m ³	31,76	\$ 2.765,00	\$ 87.816,40
4.2	Hierro para armaduras ADN 420 y para tapa de acceso.	Kg	915	\$ 20,11	\$ 18.400,65
4.3	Elementos de encofrado	global	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
Subtotal ítem					\$ 116.217,05

5	Losas de cisterna (viguetas)				
5.1	Hormigón calidad H-25.	m ²	146,13	\$ 510,47	\$ 74.594,98
5.2	Hierro para armaduras ADN 420 y para tapa de acceso.	Kg	102	\$ 20,11	\$ 2.051,22
5.3	Elementos de encofrado	global	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
Subtotal ítem					\$ 86.646,20

6	Impermeabilización				
6.1	Material	m ²	428,28	\$ 1.089,00	\$ 466.396,92
Subtotal ítem					\$ 466.396,92

7	Equipo de bombeo				
7.1	Bomba marca Flygt, modelo NP 3127 MT3 - 437	unidad	2	\$ 157.080,00	\$ 314.160,00
Subtotal ítem					\$ 314.160,00

Total Materiales					\$ 1.434.957,40
-------------------------	--	--	--	--	------------------------

MANO DE OBRA

1	Platea de fundación				
1.1	Excavación	m ³	367,7	\$ 168,95	\$ 62.122,92
Subtotal ítem					\$ 62.122,92

MANO DE OBRA						
2	Platea de fundación					
2.1	Mano de obra	m ³	69,6	\$ 1.848,92	\$ 128.684,83	
Subtotal ítem						\$ 128.684,83
3	Tabique					
2.1	Mano de obra	m ³	23,41	\$ 6.629,48	\$ 155.196,13	
Subtotal ítem						\$ 155.196,13
4	Columnas					
4.1	Mano de obra	m ³	0,66	\$ 6.629,48	\$ 4.375,46	
Subtotal ítem						\$ 4.375,46
5	Vigas					
5.1	Mano de obra	m ³	31,76	\$ 9.720,66	\$ 308.728,16	
Subtotal ítem						\$ 308.728,16
6	Losa de cisterna (viguetas)					
6.1	Mano de obra	m ²	146,13	\$ 288,14	\$ 42.105,90	
Subtotal ítem						\$ 42.105,90
7	Impermeabilización					
7.1	Mano de obra	m ²	428,28	\$ 726,00	\$ 310.931,28	
			168,95		\$ 310.931,28	
8	Equipo de bombeo					
8.1	Mano de obra de montaje e instalación eléctrica + hidráulica	global	2	\$ 120.632,00	\$ 241.264,00	
						\$ 241.264,00
Total Mano de Obra						\$ 1.253.408,67
TOTAL CISTERNA DE AGUA PRODUCTO						\$ 2.688.366,07

PROYECTO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RESERVA DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT - SANTA FE

Item	Rubro: EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA e INTERCONEXIONES	Unidad	Cantidad	PRECIO	
	Descripción			Unitario	Total

MATERIALES					
1	Unidad de Osmosis Inversa, producción de permeado, 50 m ³ /h, marca GRUMAN®, MODELO OI 1200 K DLX - Serie 8, de acuerdo a las Especificaciones Técnicas adjuntas.	Global	1	\$ 2.756.356,20	\$ 2.756.356,20
2	Interconexiones hidráulicas y eléctricas internas entre componentes de sistema: Acueducto de captación - Cisterna de agua cruda - Equipo de Osmosis Inversa - Cisterna de agua producto - red de distribución: caños, accesorios, conductores, equipos de medición y control.	Global	1	\$ 137.500,00	\$ 137.500,00
Total Materiales					\$ 2.893.856,20

MANO DE OBRA					
3	Interconexiones internas entre componentes de sistema: Acueducto de captación - Cisterna de agua cruda - Equipo de Osmosis Inversa - Cisterna de agua producto - Tanque Elevado - Red de distribución.	Global	1	\$ 62.500,00	\$ 62.500,00
Total Mano de Obra					\$ 62.500,00

TOTAL EQUIPO OSMOSIS INVERSA e INTERCONEXIONES					\$ 2.956.356,20
---	--	--	--	--	------------------------

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**OBRA: SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT – PROVINCIA DE SANTA FE****DETERMINACION COEFICIENTE DE RESUMEN (CR)**

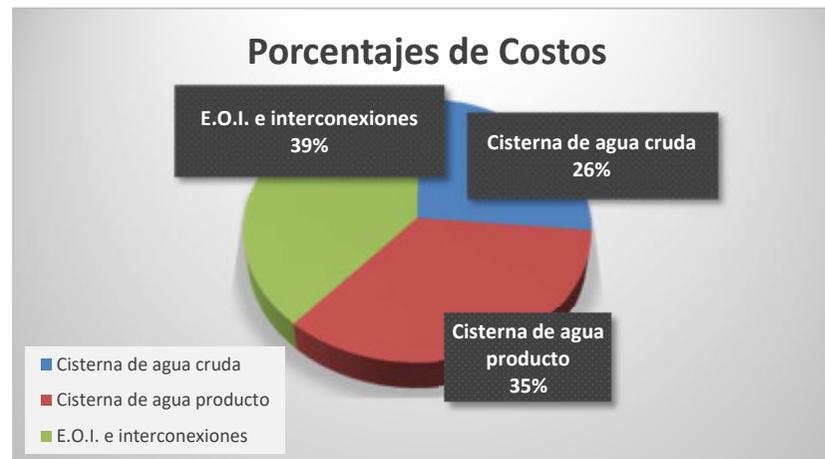
Costo Neto		1,00	
Gatos Generales Directos o Indirectos	15%	0,15	
Beneficios	18,00%	0,18	
		1,33	(a)
Gatos Financieros	0,00%	0,00	
		1,33	(b)
		1,33	(c)
IVA	21%	0,279	
INGRESOS BRUTOS	3,50%	0,0466	

COEFICIENTE DE RESUMEN 1,66

SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA LOCALIDAD DE WHEELWRIGHT - PROVINCIA DE SANTA FE

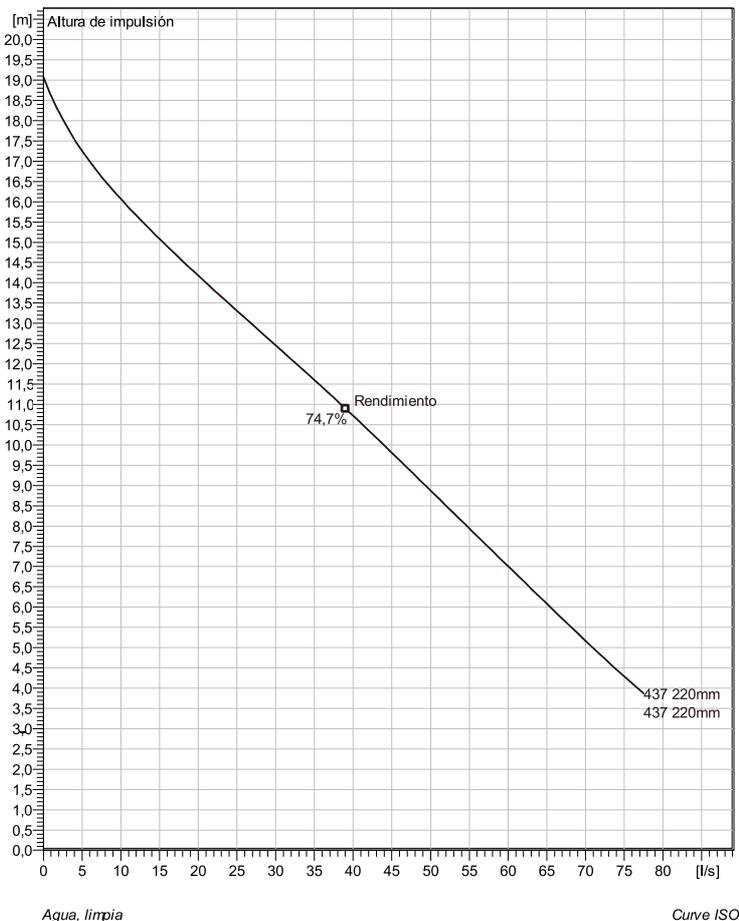
RESUMEN DE PRESUPUESTO DE OBRA

Item	Denominación	Costo Total de Item
1	Cisterna de agua cruda	\$ 2.031.907,26
2	Cisterna de agua producto	\$ 2.688.366,07
3	E.O.I. e interconexiones	\$ 2.956.356,20
TOTAL SIN I.V.A.		\$ 7.676.629,53
COEFICIENTE RESUMEN		1,66
COSTO TOTAL DE OBRA		\$ 12.711.347,01



NP 3127 MT 3~ Adaptive 437

Especificación técnica



Note: Picture might not correspond to the current configuration.

General

Sistema de autolimpieza del impulsor de canal semiabierto, ideal para bombeos de aguas residuales. Con posibilidad de añadir el sistema guide-pin para mejor la resistencia de posibles atascos. Un modulo basado en un diseño que permite la adaptación.

Impeller

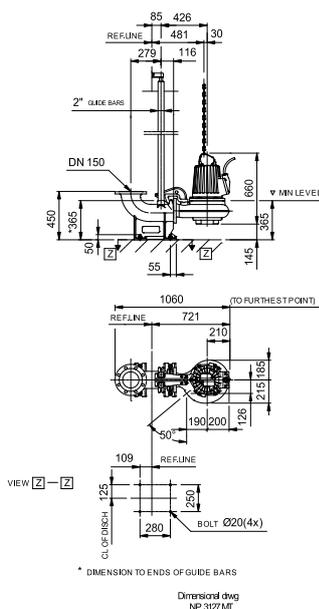
Impeller material	Grey cast iron
Diam. de salida	100 mm
Suction Flange Diameter	150 mm
Impeller diameter	220 mm
Number of blades	2

Motor

Motor #	N3127.901 21-12-4AS-W IE3 6.5KW
	Estándar
Variante de estator	34
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal	400 V
Nº de polos	4
Fases	3~
Potencia nominal	6,5 kW
Corriente nominal	11 A
Corriente de arranque	78 A
Velocidad nominal	1500 rpm
Factor de potencia	
1/1 Load	0,91
3/4 Load	0,88
1/2 Load	0,79
Rendimiento del motor	
1/1 Load	92,0 %
3/4 Load	91,9 %
1/2 Load	90,4 %

Configuración

Installation: P - Semipermanente, húmeda



Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el	Ultima actualización
			12/15/2017	

NP 3127 MT 3~ Adaptive 437



Curva de funcionamiento

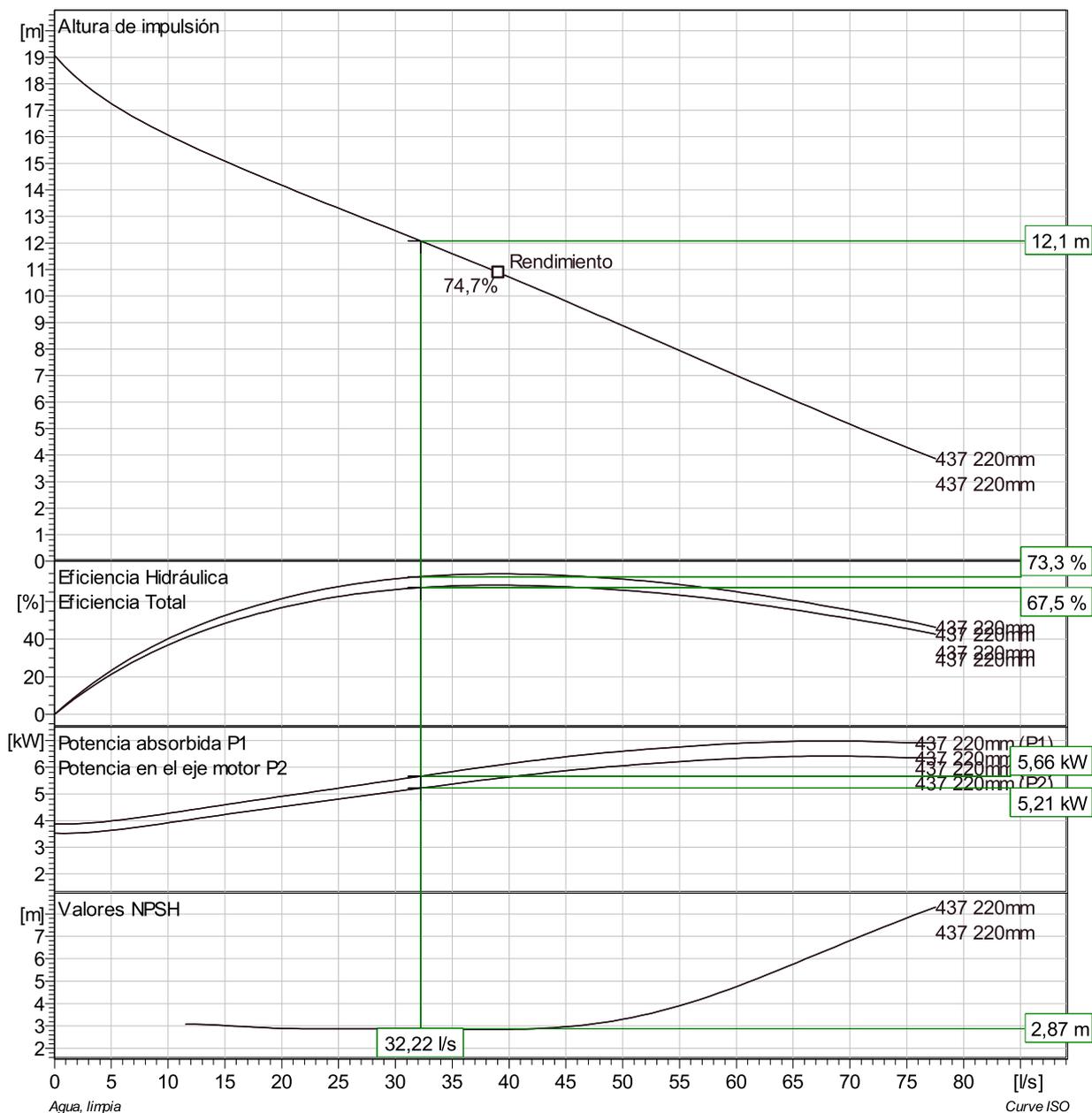
Bomba

Diam. de salida	100 mm
Suction Flange Diameter	150 mm
Impeller diameter	220 mm
Number of blades	2

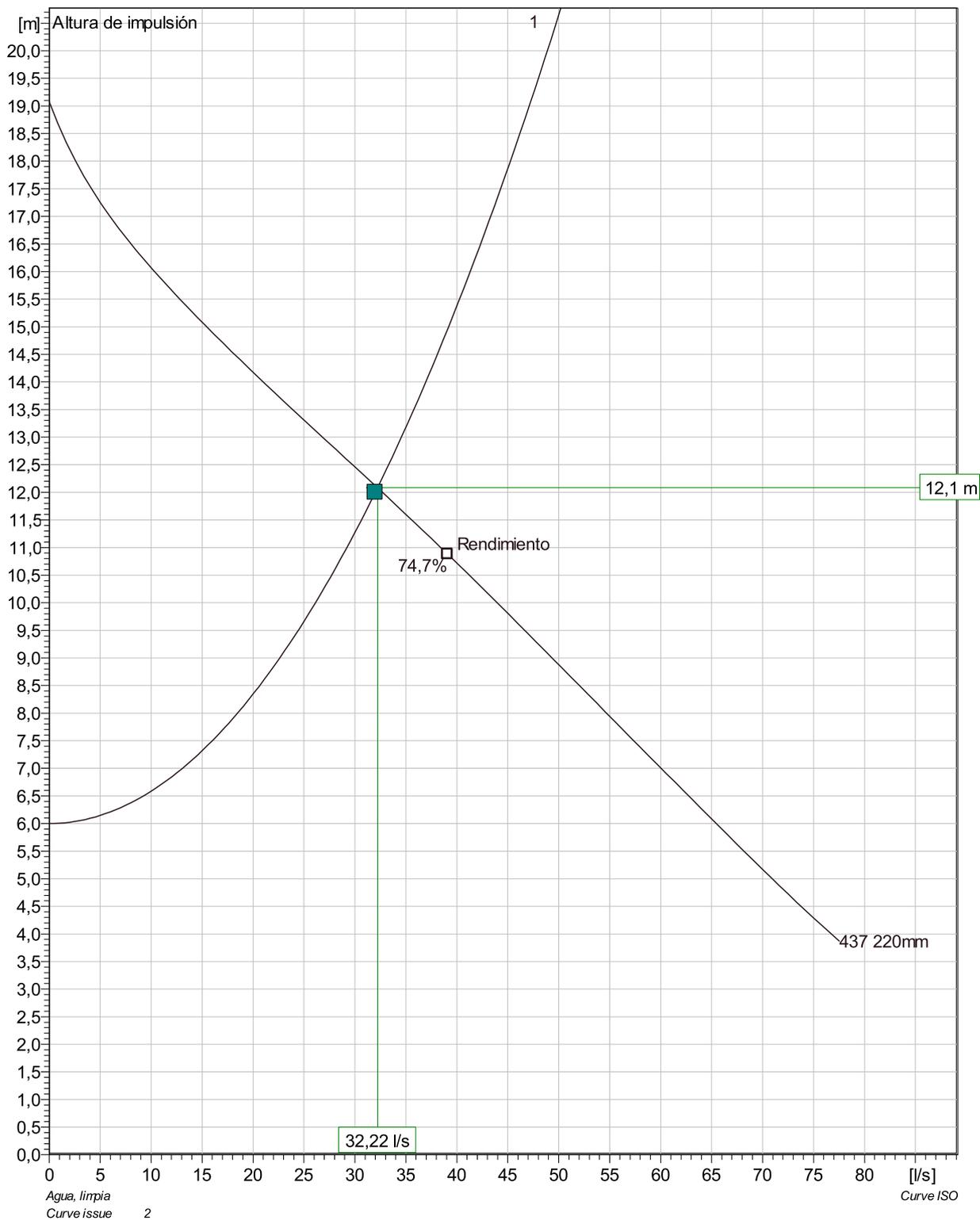
Motor

Motor #	N3127.901 21-12-4AS-W IE3 6.5KW
Stator variant	34
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal	400 V
Nº de polos	4
Fases	3~
Potencia nominal	6,5 kW
Corriente nominal	11 A
Corriente de arranque	78 A
Velocidad nominal	1500 rpm

Factor de potencia	
1/1 Load	0,91
3/4 Load	0,88
1/2 Load	0,79
Rendimiento del motor	
1/1 Load	92,0 %
3/4 Load	91,9 %
1/2 Load	90,4 %



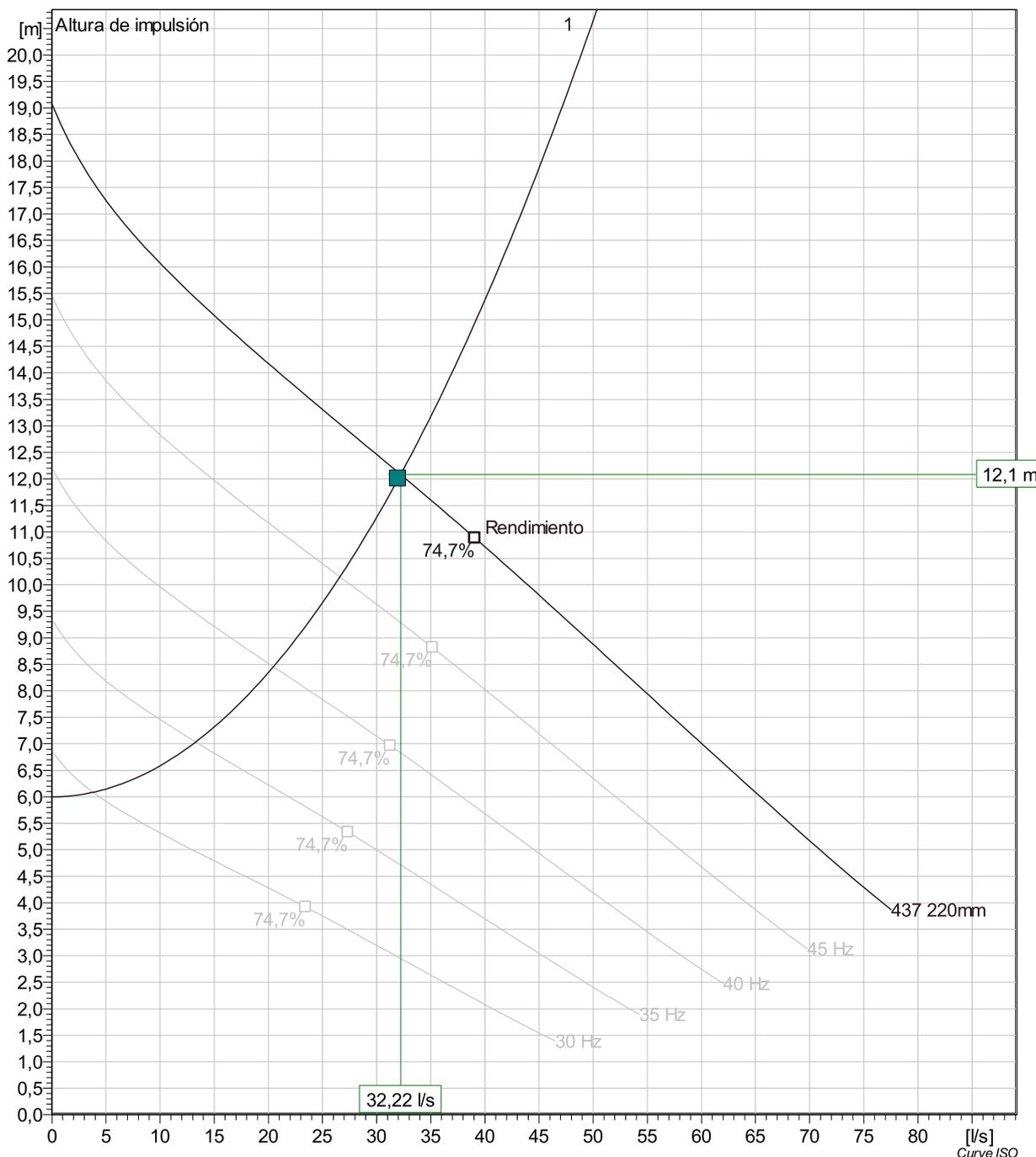
NP 3127 MT 3~ Adaptive 437 Duty Analysis



Pumps running /System	Individual pump			Total					
	Flow	Head	Shaft power	Flow	Head	Shaft power	Pump eff.	Specific energy	NPSHre
1	32,2l/s	12,1 m	5,21 kW	32,2l/s	12,1 m	5,21 kW	73,3 %	0,0488 kWh/m³	2,87 m

Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el 12/15/2017	Ultima actualización
----------	-------------	------------	-------------------------	----------------------

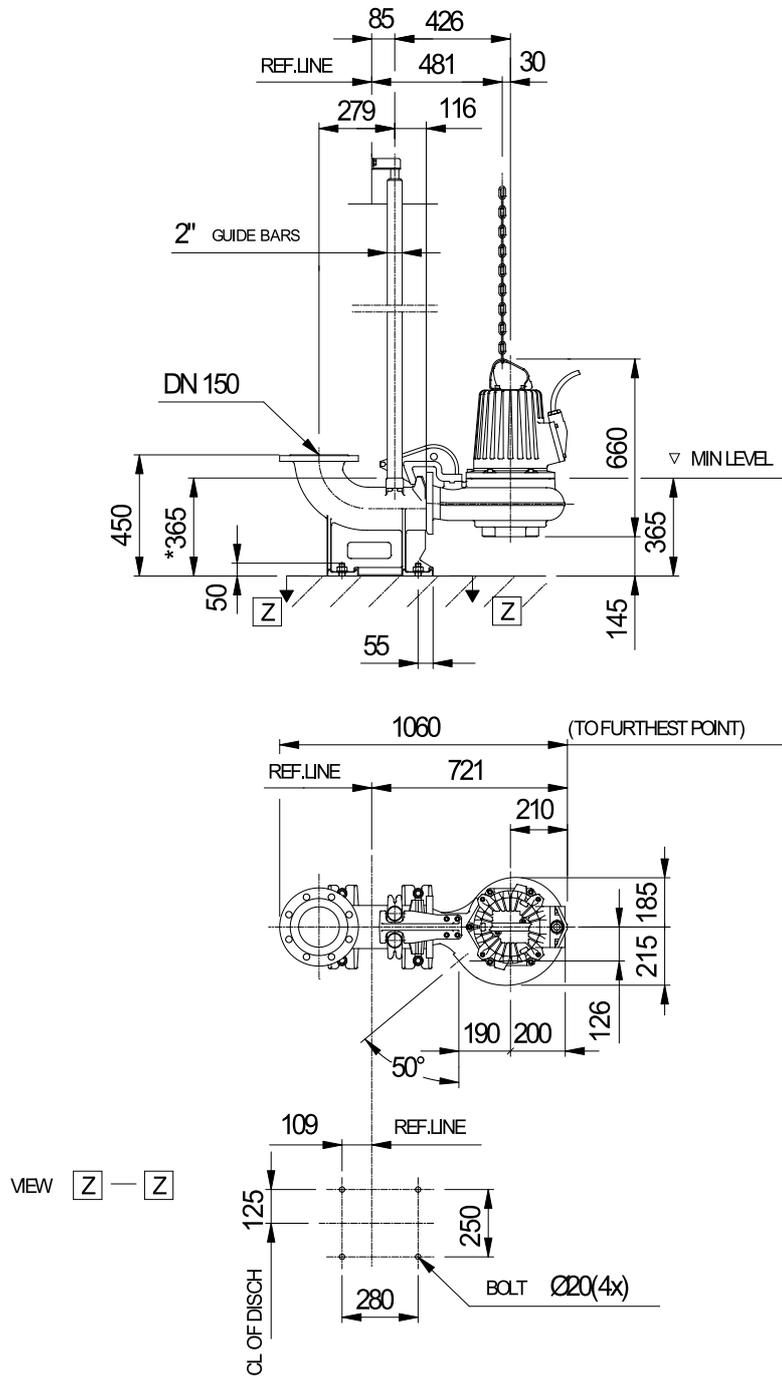
NP 3127 MT 3~ Adaptive 437 VFD Analysis



Pumps running /System	Frequency	Flow	Head	Shaft power	Flow	Head	Shaft power	Pump eff.	Specific energy	NPSHre
1	50 Hz	32.21/s	12.1 m	5.21 kW	32.2 l/s	12.1 m	5.21 kW	73.3 %	0.0488 kWh/m ³	2.87 m
1	45 Hz	26.61/s	10.2 m	3.69 kW	26.6 l/s	10.2 m	3.69 kW	71.8 %	0.0422 kWh/m ³	2.43 m
1	40 Hz	20.51/s	8.45 m	2.48 kW	20.5 l/s	8.45 m	2.48 kW	68.6 %	0.0383 kWh/m ³	2.01 m
1	35 Hz	13.31/s	7.03 m	1.53 kW	13.3 l/s	7.03 m	1.53 kW	60 %	0.0386 kWh/m ³	1.65 m
1	30 Hz	3.8 l/s	6.08 m	0.799 kW	3.8 l/s	6.08 m	0.799 kW	28.4 %	0.0783 kWh/m ³	

Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el 12/15/2017	Ultima actualización
----------	-------------	------------	-------------------------	----------------------

NP 3127 MT 3~ Adaptive 437 Dimensional drawing



* DIMENSION TO ENDS OF GUIDE BARS

Dimensional dwg
NP3127MT

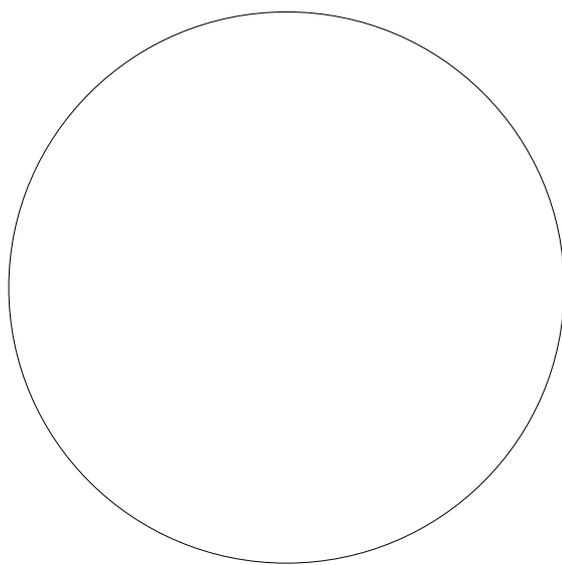
Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el 12/15/2017	Ultima actualización
----------	-------------	------------	-------------------------	----------------------

NP 3127 MT 3~ Adaptive 437

Método ACV (LCC)

Total lifetime	15	Tasa de inflación anual	2 %
Func. Anual	5600	Tipo de interés (inversión)	3 %
Costes energéticos por kWh	0,00 USD		
Potencia absorbida P1			

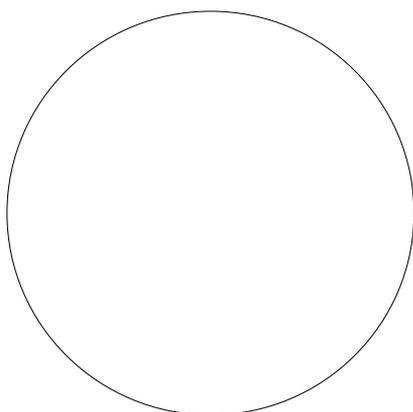
Costes totales



**0,00
USD**

- 0%** **0,00 USD** Energy
- 0%** **0,00 USD** Investment costs
- 0%** **0,00 USD** Installation & commissioning
- 0%** **0,00 USD** Operating cost
- 0%** **0,00 USD** Maintenance & repair
- 0%** **0,00 USD** Downtime
- 0%** **0,00 USD** Environmental
- 0%** **0,00 USD** Decommissioning

First year costs



**0,00
USD**

- 0%** **0,00 USD** Energy (1st year)
- 0%** **0,00 USD** Investment costs (1st year)
- 0%** **0,00 USD** Installation & commissioning (1st year)
- 0%** **0,00 USD** Operating cost (1st year)
- 0%** **0,00 USD** Maintenance & repair (1st year)
- 0%** **0,00 USD** Downtime (1st year)
- 0%** **0,00 USD** Environmental (1st year)
- 0%** **0,00 USD** Decommissioning (1st year)

Disclaimer: The calculations and the results are based on user input values and general assumptions and provide only estimated costs for the input data. Xylem inc can therefore not guarantee that the estimated savings will actually occur.

Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el 12/15/2017	Ultima actualización
----------	-------------	------------	--------------------------------	----------------------

Altivar 312

Variadores de velocidad
para motores asíncronos

Guía de programación

05/2009





Sika Monotop[®] -107

¿Querés + impermeabilización
para subsuelos y tanques de agua?



Sika[®] siempre 

Sika Monotop[®] -107

Impermeabilizante cementíceo de alta calidad listo para usar.



- ▲ Listo para usar, sólo se agrega agua.
- ▲ Máxima impermeabilidad.
- ▲ **No altera la potabilidad del agua. Seguro.**
- ▲ Ideal para piletas de natación.
- ▲ Resiste presión de agua positiva y negativa.
- ▲ Fácil de aplicar.
- ▲ Adhiere sobre bases húmedas.



▲ Dosificación:

A Pinceleta

Agua

6 lt.

30 kg.

Sika Monotop[®] -107

A llana

Agua

5 lt.

30 kg.

Sika Monotop[®] -107

▲ Consumo:

Aplicado a pinceleta en dos manos: 3 kg. por m².

Aplicado a llana en dos capas: 4 kg. por m².

Sika Argentina S.A.I.C

Asesoramiento técnico | Tel: 4734-3532 / 3502 | www.sika.com.ar



Experiencia y Tecnología
de las Grandes Obras a su alcance

HOJA TÉCNICA

Sikalastic®-560

Economica y Eco-Amigable membrana líquida Impermeabilizante con poliuretano basada en la Tecnología Co-Elástica (Cet) de Sika.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sikalastic®-560 es una membrana líquida impermeabilizante con poliuretano, de aplicación en frío, monocomponente, libre de solventes, altamente elástica y resistente a los rayos UV.

Contribuye al ahorro de energía por sus propiedades de reflexión solar y emisión térmica.

USOS

Sikalastic®-560 se utiliza en las siguientes aplicaciones:

- Para impermeabilización o re-impermeabilización de techos, planos o inclinados, azoteas, terrazas y balcones, incluso en aplicaciones verticales (paredes).
- Para cubiertas con muchos detalles, con una geometría compleja y con accesibilidad limitada.
- Para revestimientos reflectivos que mejoran la eficiencia energética, reduciendo los costos de enfriamiento del edificio.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

Sikalastic®-560 posee las siguientes ventajas:

- Mayor durabilidad.
- Altamente elástica y con capacidad de puenteo de fisuras.
- Muy fácil aplicación, listo para usar.
- Resistente a los rayos UV, no amarillea.
- Eco-amigable, libre de VOC.
- Excelente adhesión sobre múltiples sustratos, incluso no porosos.
- Sin juntas y sin solapes.
- Permeable al vapor de agua, impermeable al agua, deja respirar el techo.
- Mejora la eficiencia energética de los edificios, reduciendo los costos de enfriamiento.

NORMAS

Cumple con los requisitos de acc. Parte ETAG-005 8

Cumple con los requisitos iniciales de reflectancia solar acc. Energy Star (0.820)

Cumple con los requisitos de LEED Crédito EQ 4.2: Materiales de Baja Emisión: Paints & Coatings: VOC <100 g / l

USGBC LEED:cumple con LEED Crédito PS7.2-Heat Island Effect-Roof, SRI ≥ 78.

Cumple con Regulación EU 2004/42 VOC-Directiva Decopaint. (categoría de producto II a/j tipo sb) <500 g/l (limite 2007/2010) para productos listos para su uso.

Cumple con los requisitos de ENV fuego exterior 1187 Broof (T1) sobre sustratos no combustibles

Certificado NOM-018-ENER para aislamiento térmico.

DATOS BÁSICOS

FORMA	ASPECTO Líquido viscoso. COLOR Blanco (Energy Star) PRESENTACIÓN Balde de 25 kg (19 L)
--------------	--

ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Tiene una duración de 12 meses desde su fecha de fabricación. Mantener en envases originales, bien cerrados, en condiciones secas y a temperaturas entre +5 °C y +30 °C.
-----------------------	--

DATOS TÉCNICOS	BASE QUÍMICA Nueva generación con tecnología híbrida Poliuretano-acrílico. DENSIDAD 1,32 kg/L ± 0.03 Todos los valores de densidad medidos a +23 °C CONTENIDO EN SÓLIDOS 63.5-66.5% TEMPERATURA DE SERVICIO -10°C to +80°C (con sikalastic® fleece-120) -5°C to +80°C (sin sikalastic® fleece-120) PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS ELONGACIÓN A LA RUPTURA ~ 350 % (DIN 53504) (sin sikalastic® fleece-120) ~ 40-60% (DIN 53504) (con sikalastic® fleece-120) RESISTENCIA A LA TRACCIÓN ~ 1.5 N/mm ² (DIN 53504) (sin sikalastic® fleece-120) ~ 12 N/mm ² (DIN 53504) (con sikalastic® fleece-120) SECADO AL TACTO 2-6 horas (20 °C) APTO PARA TRÁFICO PEATONAL 24-48 horas (20 °C) CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (K) 0.19041 W / m K Certificado NOM-018-ENER número NYP-017-004/10 ONNCCE EMISIÓN TÉRMICA (K) 0.930 (ASTM-C-1371-04a) REFLECCIÓN SOLAR 0.816 (ASTM-C-1549-04) SRI (ÍNDICE DE REFLECTIVIDAD SOLAR) 101.8 (ASTM-E-1980-01) Todos los valores relacionados con las propiedades de reflectancia / emitancia proporcionados en esta hoja técnica se refieren a la situación inicial (debidamente curado, no desgastado por el tiempo) del producto.
-----------------------	---

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

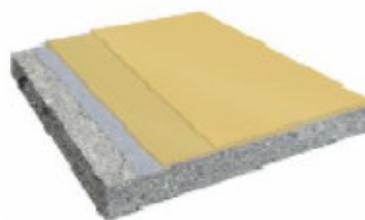
DETALLES DE APLICACIÓN	REVESTIMIENTO REFLECTIVO DE CUBIERTA Revestimiento estable con los rayos UV, con larga vida en servicio en rehabilitaciones de cubiertas o como revestimiento reflectivo para un mayor ahorro de energía.
-------------------------------	---

Sistema: Sikalastic®-560 aplicado en 2 ó más manos

Sustrato: concreto, metales, maderas, baldosas no esmaltadas.

Espesor total: 0,3 mm - 0,5 mm

Consumo total: 0,9 kg/m² - 1,4 kg/m²



IMPERMEABILIZACIÓN DE TECHO

Para soluciones de impermeabilización de mayor durabilidad, tanto en construcciones nuevas como en rehabilitaciones.

Sistema: **Sikalastic®-560** aplicado en 2 manos, reforzado con Sikalastic® fleece-120 y sellado con una o dos manos adicionales de Sikalastic®-560.

Sustrato: concreto, metales, maderas, Baldosas no esmaltadas, membranas asfálticas.

Espesor total: 1,0 mm – 1,3 mm

Consumo total: 2,1 kg/m² – 2,8 kg/m²

Sikalastic® fleece-120 se aplica en áreas con grandes movimientos, en Soportes irregulares o para puentear fisuras juntas y solapas de membranas asfálticas. Además se utiliza para ejecutar detalles.



	Sikalastic®-560 3 años	Sikalastic®-560 5 años	Sikalastic®-560 10 años	Sikalastic®-560 15 años
Esquema	Sikalastic®-560 aplicado en dos capas.	Sikalastic®-560 aplicado en dos o tres capas.	Sikalastic®-560 aplicado en dos capas, reforzado con Sikalastic® Fleece-120 y sellado con una capa de Sikalastic®-560	Sikalastic®-560 aplicado en 2 capas, reforzado con Sikalastic® Fleece-120 y sellado con dos capas de Sikalastic®-560.
Soporte	Hormigon resistente, metales, madera, baldosas	Hormigon resistente, metales, madera, baldosas	Hormigon resistente, metales, madera, baldosas, membranas bituminosas	Hormigon resistente, metales, madera, baldosas, membranas bituminosas
Imprimacion	Ver la tabla de imprimaciones de este documento			
Espesor de película seca	~ 0,3 mm	~ 0,5 mm	~ 1,0 mm	~ 1,3 mm
Consumo total	≥ 0,9 kg/m ² (≥ 0,6 l/m ²) aplicado en dos capas	≥ 1,4 kg/m ² (≥ 1 l/m ²) aplicado en 2 o mas capas	≥ 2,1 kg/m ² (≥ 1,5 l/m ²) aplicado en 3 capas	≥ 2,8 kg/m ² (≥ 2 l/m ²) aplicado en 4 capas

Atención: No aplique más de 0.75 kg/m² Sikalastic® -560 por capa para las capas sin refuerzo!

a) Tratamiento del soporte:**Soportes cementicios:**

- El concreto nuevo se debe curar durante al menos 28 días y debe tener una resistencia al arrancamiento $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$.
- Los soportes cementicios o minerales se deben preparar mecánicamente usando una limpieza abrasiva o con equipos de escarificado para eliminar la capa de lechada superficial y para alcanzar una superficie de textura abierta.
- Se deben eliminar partículas sueltas y el concreto débil: También se deben dejar completamente a la vista los defectos como cangrejas.
- Las reparaciones del soporte, el relleno de juntas, huecos, cangrejas y la nivelación de la superficie se debe llevar a cabo con los productos adecuados de las gamas de materiales Sikafloor®, Sikadur® y Sika Rep®. Se deben eliminar elementos punzantes, por ejemplo con un granallado.
- La desgasificación, es un fenómeno natural que puede producir burbujas en las capas siguientes que se apliquen. Se debe comprobar cuidadosamente el contenido de humedad, el aire atrapado en el concreto y el acabado superficial antes de comenzar cualquier trabajo de aplicación. Para la aplicación de la membrana es beneficioso aplicar la primera mano, por la tarde o por la noche, cuando la temperatura es descendente o estable, ya que ello reduce la formación de burbujas. Se recomienda para este tipo de sustrato, aplicar una primera mano de Sikalastic®-560 a modo de imprimación y usar siempre con Sikalastic® fleece-120.

LADRILLO

- Las juntas de mortero deben ser resistentes y estar limpias. Use refuerzos localizados sobre las juntas y aplique sobre toda la superficie una primera mano de Sikalastic®-560 a modo de imprimación

PIZARRA, BALDOSA CERÁMICA, ETC.

- Asegúrese de que todas las piezas de pizarra / baldosas sean resistentes y estén firmemente fijadas, reemplace las piezas rotas o faltantes. Las baldosas vitrificadas se deben lijar antes de aplicar la primera mano y el posterior tratamiento con Sikalastic®-560.

MEMBRANA BITUMINOSA

- Asegurarse de que las membranas bituminosas están firmemente adheridas o fijadas mecánicamente al soporte. Las membranas bituminosas no deben tener áreas degradadas. Usar siempre el sistema totalmente reforzado con Sikalastic® fleece-120

PINTURAS BITUMINOSAS:

- Las pinturas (recubrimientos) bituminosos no deberían estar pegajosas o con partes sueltas, recubrimiento de masilla volátil o viejos revestimientos de asfalto. Usar siempre el sistema totalmente reforzado con Sikalastic® fleece-120

METALES:

- Los metales deben ser resistentes. Las superficies expuestas se deben preparar hasta dejar una superficie de metal brillante. Use refuerzos localizados sobre las juntas y fijaciones, con Sikalastic® fleece-120.

SOPORTES DE MADERA:

- Los soportes de madera y paneles de madera deberán estar en buen estado, firmemente adheridos o fijados mecánicamente.

PINTURAS Y REVESTIMIENTOS:

- Asegúrese de que el material existente sea resistente y esté firmemente adherido. Elimine cualquier capa oxidada y use refuerzos localizados sobre las juntas.

B) TABLA PARA APLICACIÓN DE PRIMERA MANO:

Soporte	Primera mano	Consumo [kg/m²]
Soportes cementicios	Sikalastic® -560 diluido con 10 % agua	≈ 0,3
Ladrillo y piedra	Sikalastic® -560 diluido con 10 % agua	≈ 0,3
Pizarra, baldosa, vitrificado.	Sikalastic® -560	≈ 0,3
Membrana bituminosa	Sikalastic® Metal Primer	≈ 0,2
Revestimientos bituminosos	Sikalastic® Metal Primer	≈ 0,2
Metales ferrosos o cobre, aluminio, galvanizado, plomo latón o acero inoxidable.	Sikalastic® Metal Primer	≈ 0,2
Soportes de madera	Los techos de madera requieren una copa completa de Sikalastic® carrier. Para detalles de madera expuesta, imprimir con Sikalastic® -560 diluido con un 10% de agua.	≈ 0,3
Pinturas	Sikalastic® -560	≈ 0,3

Estos consumos son teóricos y no incluyen material adicional por pérdidas por porosidad de la superficie, irregularidad superficial, variaciones en la nivelación, etc. Otros soportes deben ser probados por su compatibilidad. En caso de duda, realizar una prueba primero.

Sikalastic® Metal Primer previene la migración de los volátiles bituminosos y mejora la reflectividad a largo plazo.

CONDICIONES DE LIMITACIONES

Temperatura del Soporte:

+8 °C min. / +35 °C máx.

Temperatura Ambiental:

+8 °C min. / +35 °C máx.

Contenido de Humedad del Soporte:

< 6 % contenido de humedad. Sin humedad ascendente según la norma ASTM (lámina de polietileno). Sin agua / humedad / condensación en el soporte.

Humedad Relativa del Aire:

80 % máx.

PUNTO DE ROCÍO:

Preste atención a la condensación. La temperatura superficial durante la aplicación debe estar al menos +3 °C por encima del punto de rocío.

MÉTODO DE APLICACIÓN

a) Mezclado:

- Antes de la aplicación, mezcle el Sikalastic®-560 durante 1 minuto hasta alcanzar una mezcla homogénea.
- Se debe de evitar realizar un mezclado excesivo a fin de evitar la incorporación de aire.

b) Método de Aplicación: (consulte la versión más actualizada del procedimiento de ejecución)

- Antes de la aplicación de las sucesivas manos de Sikalastic®-560, dejar que la anterior mano cure completamente.
- Las áreas que puedan dañarse (marcos de puertas) deben protegerse con cinta de enmascar (masking tape).

REVESTIMIENTO DE CUBIERTA:

- Sikalastic®-560 se aplica en dos o más manos. Antes de la aplicación de la 2ª mano, se deben respetar los tiempos Indicados en la Tabla de Tiempo de Espera / Repintabilidad.

IMPERMEABILIZACIÓN DE CUBIERTA :

Sikalastic®-560 se aplica en combinación con Sikalastic® fleece-120.

1. Aplique una primera mano de aprox. $0,75 \text{ kg/m}^2$ (para sustratos no absorbentes) – 1.00 kg/m^2 (para sustratos absorbentes) de Sikalastic®-560 sobre una longitud de aprox. 1 m.
2. Desenrolle el Sikalastic® Fleece-120 y asegúrese de que no haya burbujas ni crestas. Solape el Sikalastic® Fleece-120 como mínimo 5 cm.
3. Aplique una segunda mano de aprox. 0.25 kg/m^2 - 0.5 kg/m^2 directamente sobre el Sikalastic® Fleece 120 en húmedo, para alcanzar el espesor de película necesario. Toda la aplicación se debe realizar mientras el Sikalastic®-560 esté todavía húmedo, fresco sobre fresco.
4. Repita los pasos 1-3 hasta que la cubierta quede impermeabilizada.
5. Cuando las dos manos estén secas, selle la cubierta con una o dos manos adicionales de Sikalastic®-560 ($\geq 0,5 \text{ kg/m}^2$ por capa).

Tenga en cuenta, siempre empiezan con los detalles antes de comenzar con la impermeabilización de la superficie horizontal. Para los detalles siga el paso 1-5.

La declaración de los índices de consumo es sin compromiso y depende de factores como la porosidad del sustrato, la temperatura del sustrato, la humedad relativa y la temperatura del aire.

c) Herramientas:

Limpiador a presión:

- Si hay polvo, vegetación, moho / algas u otro contaminante en la cubierta existente, es necesario limpiar el soporte con un limpiador a presión antes de la aplicación de los Sistemas Sikalastic. Cualquier gravilla existente se debe eliminar de forma manual o barriendo antes de emplear el limpiador a presión.

Secador de piso:

- Es útil cuando hay que eliminar el exceso de agua de la cubierta tras lluvias durante la noche.

Batidor eléctrico:

- Sikalastic®-560 se debe mezclar durante al menos 1 minuto usando una batidora eléctrica a baja revoluciones (300-400 rpm)

Rodillo de pelo corto resistente a los disolventes:

- Usado en la aplicación del Sikalastic®-560 para asegurar un espesor constante de los sistemas continuos.

Brocha de pelo grueso:

-Para la aplicación del Sikalastic®-560 a todos los detalles y penetraciones.

Equipo de proyección airless:

- Usado en la aplicación del Sikalastic®-560

- La bomba deberá tener los siguientes parámetros:

Presión min. : 220 bar

Caudal min. : 5,1 L/min

Ø de boquilla min. : 0,83 mm (0.033 pulgada)

Por ejemplo: Wagner Heavycoat HC 940 E SSP Spraypack

Limpieza de herramientas:

Limpie todas las herramientas y los equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. El material curado /endurecido sólo se puede eliminar por medios mecánicos.

TIEMPO DE ESPERA /REPINTABILIDAD

Sobre el Sikalastic®-560 diluida con un 10% agua, antes de aplicar las siguientes manos de Sikalastic®-560 pura, se debe esperar de acuerdo a la siguiente tabla:

Temperatura del soporte	Humedad Relativa	Mínimo	Máximo
+10°C	50%	~ 4 horas	Después de una limpieza profunda ¹⁾ Sikalastic -560 se puede recubrir en cualquier momento.
+20°C	50%	~ 2 horas	
+30°C	50%	~ 1 hora	

Antes de aplicar el Sikalastic®- 560 puro sobre otra capa pura del Sikalastic- 560 deje que la capa anterior seque.

Temperatura del soporte	Humedad Relativa	Mínimo	Máximo
+10°C	50%	~ 8 horas	Después de una limpieza profunda ¹⁾ Sikalastic -560 se puede recubrir en cualquier momento.
+20°C	50%	~ 6 horas	
+30°C	50%	~ 4 horas	

1) Asumiendo que toda la suciedad se ha eliminado y que se ha evitado cualquier contaminación.

Antes de aplicar la capa de acabado con el Sikalastic®-560 sobre Sikalastic® - 560 reforzado con el Sikalastic® fleece-120, permita que el material se seque:

Temperatura del soporte	Humedad Relativa	Mínimo	Máximo
+20°C	50%	~ 24 horas	Después de una limpieza profunda ¹⁾ Sikalastic – 560 se puede recubrir en cualquier momento.
+30°C	50%	~ 12 horas	

NOTA

Los tiempos son aproximados y se pueden ver afectados por cambios en las condiciones ambientales, especialmente con la temperatura y la humedad relativa. Baja temperaturas y una humedad alta retrasa el secado, mientras que altas temperaturas y baja humedad acelera el proceso de secado.

NOTA DE APLICACIÓN /LIMITACIONES

- No aplique Sikalastic®-560 sobre soportes con humedad ascendente.
- Aplique siempre el sistema con temperatura ambiental y del soporte descendente. Si se aplica con temperaturas ascendentes pueden aparecer burbujas por el aire ascendente del soporte.
- Asegúrese de que la temperatura durante la aplicación y secado no descienda por debajo de 8 ° C y humedad relativa no supere el 80% hasta que la membrana haya secado por completo.

- Asegúrese de que Sikalastic®-560 está totalmente seco y que la superficie no tiene burbujas antes de aplicar la capa de sellado.
- No deje que se encharque agua temporalmente durante la aplicación de las distintas capas sobre cualquier superficie horizontal o hasta que la capa final haya curado completamente. Barra o friegue la superficie para eliminar esa agua durante este tiempo.
- Sikalastic®-560 no se debe aplicar sobre techos que puedan estar sujetas a acumulaciones de agua durante largos periodos de tiempo.
- Sikalastic®-560 no se debe aplicar en techos sujetos a encharcamiento de agua con periodos subsiguientes de las heladas. En zonas de clima frío para estructuras de techo con una pendiente de menos de 3% se deberán tomar medidas especiales.
- Sikalastic®-560 aplicado en techos sujetos a la congelación a largo plazo alrededor de la temperatura mínima de servicio de -10 ° C, durante largos periodos de tiempo siempre debe ser reforzado con Sikalastic® Fleece-120 con el fin de garantizar la suficiente capacidad para puentear fisuras.
- No aplique Sikalastic®-560 directamente sobre planchas de aislación térmica. Use una capa de separación como Sikalastic Carrier entre las planchas de aislación y el Sikalastic®-560.
- El Sikalastic® Fleece-120 puede usarse como un refuerzo total o parcial sobre juntas y fisuras con movimiento.
- No aplique productos cementicios (como por ejemplo morteros) directamente sobre el Sikalastic®-560. Use una barrera alcalina, por ejemplo arena de cuarzo seca en horno.
- El comportamiento al fuego se ha ensayado internamente según la norma ENV 1187 Broof(T1).

DETALLES DEL CURADO

PRODUCTO APLICADO LISTO PARA SU USO

Temperatura	Humedad Relativa	Seco al Tacto	Resistencia a la Lluvia	Curado Total
+20°C	50%	~ 2 horas	~ 8 horas	~ 4 días
+30°C	50%	~ 1 hora	~ 4 horas	~ 2 días

NOTA: Los tiempos son aproximados y se pueden ver afectados por cambios en las condiciones ambientales especialmente en temperatura y la humedad relativa. Bajás temperaturas y humedad alta retrasan el tiempo de secado, mientras altas temperaturas y baja humedad acelera el proceso de secado.

INDICACIONES DE PROTECCIÓN PERSONAL Y MEDIO AMBIENTE

SEGURIDAD HUMANA

- Utilizar guantes de goma y protección ocular.
- Se aconseja mantener bien ventilada el área de trabajo.
- No requiere protección respiratoria especial, pero debe evitarse su inhalación.
- Evitar el contacto prolongado con la piel.
- No fumar, ni comer o beber durante la aplicación del producto.
- Si Sikalastic®- 560 entrara en contacto con los ojos o con mucosas, enjuague inmediatamente.

ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

No arrojar el producto a la tierra o a cursos de agua o desagües.

TOXICIDAD

Producto no peligroso para el uso normal previsto, tomando las precauciones indicadas. Como todo producto industrial debe evitarse su ingestión.

TRANSPORTE

Sustancia no peligrosa. No es tóxico ni inflamable.
Si fuera necesario, consultar la HOJA DE SEGURIDAD DEL PRODUCTO,
solicitándola al fabricante.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

VALOR BASE

Todos los datos técnicos que se indican en esta Hoja Técnica, están basados en ensayos de laboratorio. Las medidas reales de estos datos pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control (diferencias en las condiciones de obra, ambientales, de curado, etc.).

OBSERVACIONES

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web:
www.sika.com.pe

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición Nº 4
la misma que deberá ser destruida”**

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sikalastic® - 560 :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Roofing
Centro industrial "Las Praderas
de Lurín" s/n MZ B, Lotes 5 y
6, Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sikalastic® - 560
21.01.15, Edición 5

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.
JC, Departamento Técnico
Telf: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: informacion@pe.sika.com



BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ❖ Apuntes de Cátedra de Ingeniería Sanitaria Facultad Regional Venado Tuerto.
- ❖ Apuntes de Cátedra de Hidráulica General y Aplicada de la Facultad Regional Venado Tuerto.
- ❖ Medio Ambiente y Normas Ambientales de la Provincia de Santa Fe. Jorge Hammerly
- ❖ Bojanich, E. Risiga, H.A. 1975 "Contribución al Conocimiento de la Geohidrología de la Provincia de Santa Fe".
- ❖ Distribución de las Aguas de Ing. Juan Néstor Vallejos- Universidad Nacional de Córdoba.
- ❖ Foster, S.Hidrata, R., 1988 Contaminación de Las Aguas Subterráneas. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente.
- ❖ AUGE M. 1995. Primer Curso de Posgrado de Hidrogeología Ambiental. UBA: 1-65. Buenos Aires.
- ❖ AUGE M. 1999. Hidrogeología de Argentina, Buenos Aires, Mendoza y Santa Fe. Banco Mundial: 1- 103. Buenos Aires.

AGRADECIMIENTOS

- Ing. Alberto Armas por su constante dedicación y capacidad de docencia.
- Ing. Carlos Alberdi por su seguimiento y guía.
- Ing. Oscar Braun, Ing. Mauricio Revelant por sus asesoramientos en materia de suelos y estructuras.
- Ing. Gabriel Costa, titular de la empresa GRUMAN S.R.L., de la ciudad de Paraná, Entre Ríos quien nos asesoró y brindó capacitación en forma totalmente desinteresada en tecnología de ósmosis inversa.
- Arq. Daniel Mattiacich, representante de productos SIKA quien nos asesoró en sistemas de impermeabilización de cisternas.
- Lic. Mara Papa por su constante apoyo académico para llegar a esta etapa final.
- Al personal del departamento de alumnado (Silvia y Graciela).
- A los docentes de esta casa de altos estudios que año a año nos han ido enseñando y capacitando.-

Lucrecia y Ricardo