

3.
2 ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES - ACATLAN
INGENIERIA

“DIAGNOSTICO DEL FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE GUAYMAS, SON.”



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

J. Jesús Barrera Maqueda



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	página
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	3
CAPITULO I GENERALIDADES.....	4
1.1 LOCALIZACION.....	4
1.2 CARACTERISTICAS NATURALES.....	4
1.3 CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS.....	5
CAPITULO II INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA.....	8
2.1 RECURSOS HIDRAULICOS DISPONIBLES.....	8
2.2 CAPTACIONES.....	11
2.3 CONDUCCION.....	12
2.4 ALMACENAMIENTOS.....	12
2.5 TRATAMIENTO.....	12
2.6 DISTRIBUCION.....	13
2.7 POBLACION DE PROYECTO.....	13
2.8 DOTACIONES.....	14
2.9 DEMANDA.....	14
2.10 IDENTIFICACION DE PROBLEMAS.....	18
2.10.1 DIAGNOSTICO PRELIMINAR.....	18
CAPITULO III LA MEDICION.....	20
3.1 INTRODUCCION.....	20
3.2 LA IMPORTANCIA DE LA MEDICION.....	20
3.3 MEDICIONES.....	21
3.3.1 MEDICIONES DE CAUDAL.....	21
3.3.2 MEDICIONES DE PRESION.....	21
3.3.3 MEDICIONES DE NIVEL.....	22
3.4 DISPOSITIVOS DE MEDICION.....	22
3.4.1 MEDIDORES DE CAUDAL.....	22
3.4.2 MEDIDORES DE PRESION.....	26
3.4.3 MEDIDORES DE NIVEL.....	27

3.5	PITOMETRIA Y MACROMEDICION COMO HERRAMIENTA FUNDAMENTAL EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE....	29
-----	--	----

CAPITULO IV ESTUDIOS DE CAMPO..... 30

4.1	ALCANCES.....	30
4.2	RECOPIACION DE INFORMACION.....	30
4.3	RECOMENDACIONES PRELIMINARES EN LOS TRABAJOS.....	32
4.4	ESTABLECIMIENTO DE LOS PUNTOS A MEDIR.....	32
4.5	PRUEBAS HIDROMETRICAS.....	33
4.6	EQUIPO UTILIZADO.....	37
4.7	DATOS OBTENIDOS DURANTE LAS PRUEBAS HIDROMETRICAS.....	38

CAPITULO V ESTUDIOS DE GABINETE..... 54

5.1	ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION DE CAMPO.....	54
5.2	FUNCIONAMIENTO REAL DEL SISTEMA.....	56
5.2.1	CAUDALES REALES.....	57
5.3	DIAGNOSTICO GENERAL.....	57

CAPITULO VI RECOMENDACIONES..... 74

CONCLUSIONES. 76

ANEXO I	CALCULO DEL CAUDAL INSTANTANEO UTILIZANDO EL TUBO PITOT.....	78
---------	---	----

ANEXO II	EQUIPO UTILIZADO EN EL ESTUDIO HIDROMETRICO.....	87
----------	--	----

BIBLIOGRAFIA. 100

I N T R O D U C C I O N

Como es sabido el agua es un elemento fundamental para el desarrollo de la vida, motivo por el cual el hombre siempre ha procurado establecerse en sitios cercanos a las fuentes del vital líquido. En principio sólo buscaba satisfacer sus necesidades biológicas, pero hoy en día con el desarrollo que el hombre ha alcanzado, el agua juega un papel muy importante en la amplia gama de actividades que desarrolla. Tales actividades han traído como consecuencia que en las grandes concentraciones urbanas las fuentes de abastecimiento locales sean insuficientes para satisfacer las necesidades.

Por tal motivo los Organismos responsables de la prestación del servicio son constantemente señalados como ineficientes.

En los últimos años de la década de los 80s, instituciones competentes apoyadas por el Gobierno Federal han intentado nuevas acciones dirigidas a mejorar la eficiencia del servicio de agua potable; dentro de dichas acciones destaca el Programa de Control de Pérdidas y Uso Eficiente del Agua en Ciudades, el cual tiene la finalidad de hacer frente a la problemática que implica: la ampliación de la infraestructura hidráulica, la escasez de fuentes de abastecimiento, distancias grandes entre la fuente y la población por servir y a la creciente contaminación del agua; que entre otras hacen cada vez más difícil la disponibilidad de la misma.

Como parte esencial e inicial del Programa de Control de Pérdidas y Uso Eficiente del Agua, están los estudios hidrométricos en los sistemas de abastecimiento de agua potable.

En el caso particular del sistema de abastecimiento de Guaymas, Empalme y San Carlos, Son. se llevó a cabo un estudio hidrométrico, basado en la pitometría.

El estudio tiene la finalidad de obtener información que servirá de guía para las posteriores acciones, encaminadas a mejorar el servicio actual.

Este trabajo se integra de la presente introducción, los antecedentes, seis capítulos, dos anexos y las conclusiones. En el primer Capítulo se citan datos generales, de las condiciones naturales y socioeconómicas de la zona en estudio.

En el Capítulo II, se dan a conocer datos con respecto a las condiciones actuales de los recursos e infraestructura hidráulica, así como información que permite conocer los principales problemas que adolece la población en torno al servicio del agua potable.

En el Capítulo III, se desarrolla de manera general, la importancia que reviste la medición de las variables hidráulicas (caudal, presión y nivel) en los sistemas de agua potable, también se menciona el equipo más común para tal actividad. Al final del capítulo se habla sobre la importancia que representa la macromedición y la pitometría en el funcionamiento adecuado de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

El Capítulo IV, comprende el desarrollo del estudio citado con anterioridad, describiendo las pruebas hidrométricas y el equipo utilizado para las mismas. La metodología para obtener los gastos instantáneos con equipo Pitot Simplex y la descripción de las pruebas y equipo se detalla en los anexos 1 y 2, que sirven como complemento y apoyo a los Capítulos IV y V. También en este capítulo (IV) se resume la información obtenida a través de las pruebas hidrométricas.

En el Capítulo V, se analiza y procesa la información resumida en el Capítulo IV (datos obtenidos con las pruebas hidrométricas), obteniendo balances aislados de caudales del sistema, así como un balance general apoyado en la información que se consiguió durante el estudio, para finalmente emitir un diagnóstico general del funcionamiento hidráulico del sistema de abastecimiento.

En el Capítulo VI, se dan algunas recomendaciones generales para buscar la mejoría en la calidad del servicio que actualmente recibe la población.

Finalmente se presentan las conclusiones que se obtuvieron a lo largo del desarrollo del estudio y de los resultados del mismo.

ANTECEDENTES

La insuficiencia económica de la nación y el crecimiento desmedido y mal planeado de los núcleos poblacionales más importantes del país, ocasionan que entre otros servicios el abastecimiento de agua potable se complique en gran medida. Esto, aunado al hecho de que la ubicación geográfica y topográfica del país no beneficia la distribución adecuada del recurso, ya que origina agua en exceso en algunas zonas, y en otras su disponibilidad, sea insuficiente, de tal forma que suministrar agua en cantidad y calidad adecuada implica hacer grandes inversiones, que es casi imposible realizar.

Por tal motivo, la Comisión Nacional del Agua (CNA) a planteados programas conjuntos con instituciones como el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), buscando dar soluciones al problema de la escasez de agua potable promoviendo, coordinando e implantando acciones, mediante las cuales busca mejorar la eficiencia de los sistemas de abastecimiento de agua potable en el país; a implementado estudios que se llevan a cabo en los sistemas de algunas ciudades medias para evaluar la eficiencia operacional de los mismos, buscando contar con datos reales y confiables de los sistemas como lo son las variables hidráulicas de gasto, presión y nivel.

Del conjunto de ciudades medias destaca el caso particular de Guaymas, Son. que junto con Empalme y San Carlos, presentan problemas de abastecimiento de agua, ocasionado principalmente por la gran demanda que implica el desarrollo industrial y turístico. En los últimos años se ha buscado darle solución a esta situación, evitando en lo posible hacer inversiones para ampliar la infraestructura de captación, motivando el uso de herramientas como la medición de caudales en las fuentes de abastecimiento y de algunos sitios estratégicos de la red de conducción y distribución. Se intenta rescatar aquellos volúmenes de agua que se pierden por el deficiente funcionamiento hidráulico del sistema. Como un primer paso se plantea conocer el funcionamiento real del sistema, apoyándose en mediciones instantáneas (estudios pitométricos) y así tener bases confiables para emitir el diagnóstico general.

CAPITULO I

I. GENERALIDADES.

1.1 LOCALIZACION

Las ciudades de Guaymas y Empalme son municipios que pertenecen al estado de Sonora, y San Carlos que es una comunidad que está dentro del municipio de Guaymas; se ubican en la parte central del Estado de Sonora hacia las costas del mar de Cortés. Su creciente desarrollo implica que prácticamente formen una sola población, divididos sólo por algunos elementos naturales.

Geográficamente estas localidades se sitúan como sigue:

Guaymas entre los paralelos $27^{\circ} 54' 13''$ y $27^{\circ} 56' 20''$ de latitud norte y de los meridianos $110^{\circ} 52' 02''$ a los $110^{\circ} 55' 30''$ de longitud Oeste de Greenwich.

Empalme entre los paralelos $27^{\circ} 37' 20''$ y $28^{\circ} 21' 31''$ de latitud Norte y de los meridianos $110^{\circ} 18' 22''$ y $110^{\circ} 05' 00''$ de longitud Oeste. Ver figura 1.1.

1.2 CARACTERISTICAS NATURALES

Los núcleos poblacionales de Guaymas, Empalme y San Carlos se localizan dentro de la zona económica noroeste en la cual predominan los climas secos con lluvias escasas y esporádicas.

Los suelos son deficientes en humedad y con bajo contenido de materia orgánica, son principalmente de origen aluvial producto de las corrientes de los ríos Yaqui y Mayo.

La ciudad de Guaymas, Son. está situada en la parte norte de la Bahía del mismo nombre, y el municipio cuenta con una superficie de 12206.18 km² y una altitud media de 15 m.s.n.m., rodeada por altas y estériles montañas y lomeríos, la ciudad se encuentra asentada en una planicie de origen aluvial que pertenece a la Subprovincia de Sierras y Llanuras Sonorenses. Las formaciones rocosas que circundan a la localidad son en su mayoría de carácter volcánico y ocasionalmente rocas intrusivas.

Los suelos que predominan son suelos claros muy delgados con poco contenido de materia orgánica y ricos en arcillas, carbonatos o yeso.

El clima predominante en la región es el muy seco cálido y el período de lluvias se presenta entre los meses de mayo a octubre, registrando una precipitación total anual entre 200 y 300 mm. La temperatura media anual oscila entre los 22 y los 24 °C.

Por las escasas precipitaciones, gran escurrimiento y una elevada evapotranspiración, los suelos no retienen humedad residual; esto aunado a las características de los suelos determina que la vegetación sea escasa e integrada en su mayoría por Prosopis (Mezquitez), Acacia (Huizache), Cercidium (Palo Verde), Olneya Tesota (Palo Fierro) y matorrales y pastos.

El municipio de Empalme cuenta con características naturales similares a las de Guaymas, con suelos de alto contenido de sales solubles. La superficie es de 708.53k m² y con 7 m. de altura media s.n.m.

La precipitación media anual es de 200 mm.

1.3 CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS

La ciudad de Guaymas, Son. se comunica al norte con la ciudad de Hermosillo y al sur con ciudad Obregón a través de la carretera federal No. 15; cuenta con un aeropuerto que permite la comunicación con el resto del país; tiene un ramal del ferrocarril del sudpacífico, desde la ciudad de Empalme el cual termina en el puerto de Guaymas y cuenta con rutas marítimas de Guaymas hacia Santa Rosalia y hacia La Paz.

El municipio de Guaymas es de los de mayor concentración poblacional en el estado de Sonora, en 1980 contaba con 140,990 hab. de tal población 116,295 se considera población urbana, la cual cuenta con agua potable, servicio de drenaje y luz eléctrica; y 24,695 son población rural. En conjunto tales habitantes representaban el 6.5 % de la población total del estado y con una densidad de población de 15.09 hab/km²

El desarrollo socioeconómico para estas ciudades, se basa en actividades diferentes a pesar de la cercanía relativa entre las poblaciones de Empalme, Guaymas y San Carlos:

Guaymas basa su desarrollo principalmente en actividades que derivan de la importante infraestructura portuaria con que cuenta, el comercio, la industria y actividades turísticas.

Los principales productos obtenidos del mar son: el camarón, atún, abulón, sardina y macarela.

La industria existente en la ciudad de Guaymas es básicamente dirigida para el procesamiento y conservación de los productos marinos.

La producción agrícola se lleva a cabo en los ejidos y la pequeña propiedad, los principales productos obtenidos son: trigo, algodón, maíz, soya, cártamo, sorgo, ajonjolí, alfalfa, arroz, cítricos, frijol, chícharo y jitomate.

En cuanto a ganadería el principal desarrollo es en: ganado bobino para la explotación de carne principalmente y en menor escala para la producción de leche; otros como el porcino; caprino; ovino; caballar y la avicultura que es muy importante en la producción de huevo.

Las principales vías de comunicación de la ciudad de Empalme son la carretera federal No. 15 que pasa a un costado de la traza urbana en dirección a la ciudad de Guaymas; el ferrocarril Empalme-Guaymas que comunica con Mexicali y la capital del estado de Sonora.

La población del municipio en el año de 1980 se contabilizó en 41,063 habitantes, que representó el 2.7 % de la población total del estado y con una densidad de población de 7.58. hab./km².

La economía de la ciudad de Empalme se fortalece gracias a la infraestructura ferroviaria. En el municipio se practican otras actividades que participan en el desarrollo, tales actividades son principalmente la ganadería y la agricultura, de las cuales se obtienen productos muy similares a los del municipio de Guaymas pero en menor escala.

San Carlos es una población que forma parte del municipio de Guaymas es relativamente reciente y actualmente se perfila como el centro turístico más importante del estado de Sonora, su economía y las actividades importantes giran en torno al movimiento turístico que se registra en la localidad.

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

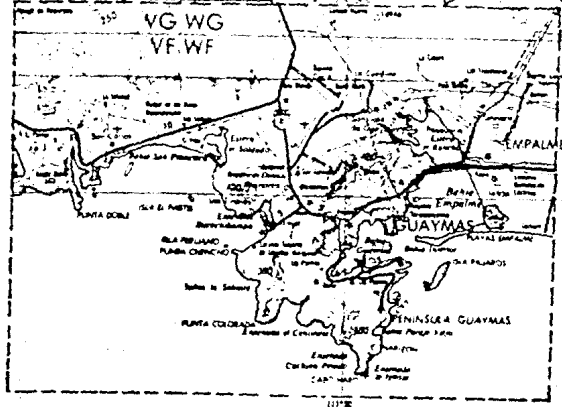
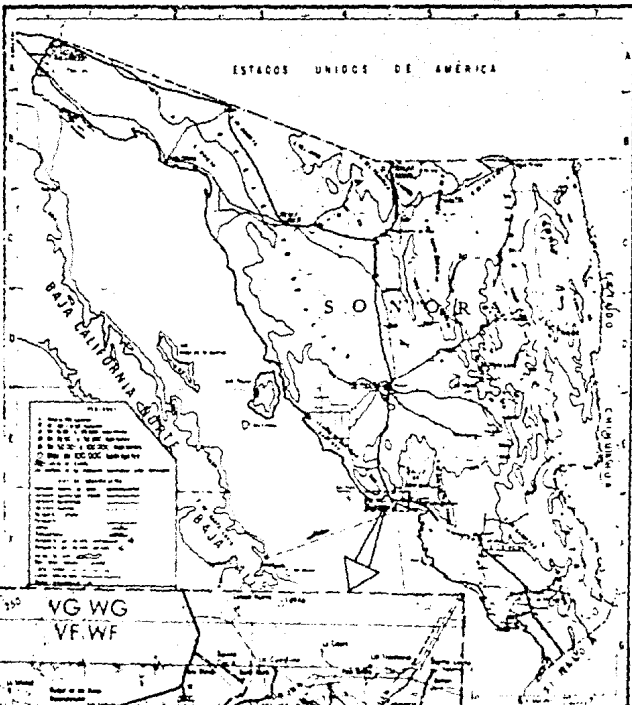


FIGURA 1.1. LOCALIZACION

CAPITULO II

II. INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA.

2.1. RECURSOS HIDRAULICOS DISPONIBLES

Para efecto de conocer la disponibilidad del recurso se mencionan a continuación las fuentes más importantes de la región:

SUPERFICIALES

Cuenca del río Yaqui:

Es la corriente más significativa de la región hidrológica 09, abarca una área de 69590 km² hasta la presa Alvaro Obregón y 72575 km² hasta desembocar en el Golfo de California.

Cuenca Arroyo Agua Caliente:

Localizada en la región hidrológica Sonora sur, perteneciente a la cuenca del río Yaqui con una área de 715 km². El principal aprovechamiento es la presa Agua Caliente que capta el escurrimiento del arroyo del mismo nombre y sus afluentes mayores Los Cuates y Tres Hermanos.

Arroyo Moscobampo:

Este escurrimiento lo constituyen principalmente aguas torrenciales, tiene una área de cuenca de 170 km² hacia el poblado Moscobampo y 529 km² hasta la desembocadura.

Cuenca del Río Mátape:

Se localiza en la región hidrológica 09, Sonora sur y tiene una área de 3117 km² hasta la presa general Ignacio R. Alatorre y 2319 km² comprendidos entre el borde regulador Ortiz y la presa.

Arroyo El Torero:

Cuenta con una cuenca cuya área es aproximada a los 72 km².

Arroyo Chinal:

Con una cuenca cuya área es de 170 km² aproximadamente.

Cuenca Arroyo de San José de Guaymas:

Localizada al occidente del Valle de Guaymas, dentro de la región hidrológica No. 09, Sonora sur, La cuenca tiene una área aproximada de 826 km².

Cuenca del Arroyo del Carrizo:

Localizada en la zona entre el río Yaqui, hacia el sur y el Mátape al occidente en la región hidrológica No. 09 Sonora sur, cuenta con área de 511 km². La cuenca se forma principalmente por las corrientes El Carrizo, Chicuroso, Tetabiate y Bacatete.

AGUAS SUBTERRANEAS

Valle de Guaymas:

Este acuífero está constituido en la parte superior por material granular de alta permeabilidad, la parte inferior la forma material basáltico fracturado de alta permeabilidad.

La explotación de este acuífero se inició en los años 1940. En los años 60's se extrajeron volúmenes muy grandes lo que provocó la sobreexplotación y en consecuencia el descenso de los niveles, llegando éstos en algunas zonas hasta 60 m. bajo el nivel del mar.

Como consecuencia de la sobreexplotación del acuífero se presentó el problema de la intrusión salina, contaminando algunas zonas cercanas a la costa.

La SARH estimó en los últimos años (década de los 80) que las extracciones anuales fueron del orden de 147 Mm³ en el Valle de Guaymas, más 5 Mm³ en la zona de Maytorena y de 13 Mm³ en Boca Abierta.

Considerando las extracciones anteriores se tiene un volumen medio anual de 165 Mm³, y las recargas se han estimado en 100 Mm³ anuales, lo cual indica un volumen sobreexplotado del orden de 65 Mm³ anuales.

Boca Abierta:

El acuífero de la zona Boca Abierta se constituye de material similar al del Valle de Guaymas.

Esta zona forma parte del acuífero del Valle de Guaymas con la diferencia de los niveles piezométricos causados por la interferencia de la sierra de San Francisquito.

En esta zona también se tienen problemas de sobreexplotación, pues la recarga se estima en 12 Mm³ anuales y las extracciones están en el orden de 19.5 Mm³; por lo cual la capacidad de aportación se excede en 7.5 Mm³ anuales.

Los niveles estáticos alcanzan hasta 20 m. bajo el nivel del mar. Por lo anterior se tienen problemas de contaminación por el fenómeno de la intrusión salina.

El Bacatete:

El acuífero de esta zona se constituye de materiales granulares sueltos en la parte superior y en la parte inferior por material basáltico fracturado, ambos con alta permeabilidad. También como el anterior forma parte del Valle de Guaymas.

De acuerdo a las estimaciones que se han realizado se tiene una recarga de 12 Mm³ y una extracción de 9 Mm³ anuales por lo que se concluye que este acuífero no está sobreexplotado.

Arroyo Seco:

En el año de 1987 se hicieron estudios cuyos resultados revelaron que, según las condiciones geológicas de la zona, esta parte está prácticamente aislada del Valle de Guaymas.

En el lugar existen muy pocos aprovechamientos subterráneos, lo que establece que el acuífero puede ser explotado con un volumen anual aproximado de 6 Mm³.

San José de Guaymas:

Este acuífero está formado en la parte superior por material granular suelto con buena permeabilidad, debajo de este estrato se encuentra una arcilla de origen marino. En la parte alta del valle no se detecta la capa de arcilla.

Actualmente se extraen aproximadamente 19 Mm³ anuales, de los cuales a 12 Mm³ son para uso agrícola y los otros 7 Mm³ se utilizan en el abastecimiento de agua potable para las ciudades de Guaymas y San Carlos.

Si las recargas se estiman en el orden de 7 Mm³ anuales, en consecuencia se tiene una sobreexplotación de 12 Mm³ anuales.

Esta diferencia enorme ha traído como consecuencia el descenso de los niveles estáticos y por consiguiente problemas de intrusión salina y la contaminación de algunos pozos cercanos a la costa.

No obstante si se hace una reubicación de las extracciones hacia la parte norte de la zona, se pueden extraer caudales para el abastecimiento de agua potable.

Las Arenas-Agua Caliente:

Esta zona en la actualidad se encuentra en estudio. Se pretende hacer una evaluación geohidrológica para conocer el potencial de este acuífero y poder utilizarlo en el suministro de agua a las ciudades de Guaymas, Empalme y San Carlos, Son.

Río Yaqui:

Se ubica en el Valle del Yaqui, lo forman principalmente materiales granulares, de una permeabilidad elevada.

La recarga anual es de 450 Mm³ y las extracciones se estiman en 350 Mm³, lo que indica una diferencia de 100 Mm³ disponibles anualmente.

2.2. CAPTACIONES

En el caso de agua para usos urbanos las captaciones son básicamente de aguas subterráneas y se hace a base de pozos profundos.

Guaymas, Empalme y San Carlos tienen un sistema de conducción común abastecido por el acuífero del Valle de Guaymas.

Las captaciones se sitúan en las siguientes regiones: Boca Abierta, Maytorena y San José, ubicadas dentro del área del acuífero de San José de Guaymas.

El sistema de captación está integrado en Maytorena y San José de Guaymas, por una batería de 5 pozos cada uno, mientras que Boca Abierta se integra por un conjunto de 6 pozos.

En el año de 1984 la SEDUE estimó que los volúmenes extraídos de San José y Maytorena ascendían a 507 lps., y a 420 lps. en la captación Boca Abierta.

Según los datos anteriores las tres captaciones producen en conjunto 927 lps., sin embargo los datos de San José y Maytorena no son actualizados constantemente, por lo que este dato no debe tomarse como definitivo.

En Julio de 1989 la Dirección General de Infraestructura Urbana del Gobierno del Estado, indicó que el volumen suministrado al sistema cuantificando las tres captaciones ascendió a 852 lps.

2.3 CONDUCCION

El sistema de conducción es alimentado por los equipos de bombeo, ubicados en las fuentes de abastecimiento de Maytorena, San José y Boca Abierta. La conducción se constituye de líneas de diversos diámetros de asbesto-cemento, excepto la línea de Empalme-San José que es de PVC.

De la captación Boca Abierta parte la línea de conducción a la planta de rebombeo Empalme, de dicha planta se derivan dos conducciones, hacia la planta de rebombeo San José de Guaymas y otra a la planta de rebombeo Batuecas.

De la planta de rebombeo de San José salen dos conducciones hacia Guaymas, las cuales descargan en los tanque Las Delicias y La Antena; también abastecen a Guaymas dos líneas más que tienen su origen en el rebombeo Batuecas y descargan en los tanques Cantera y Monte Lolita.

Por su parte San Carlos es abastecido a través de las líneas que proceden: una del pozo La Escondida (de la captación San José) y la otra que deriva de la conducción San José a tanque Delicias. Para mayor información ver el plano No. 1, en el cual se indica la configuración de la conducción.

2.4. ALMACENAMIENTO

Para el sistema de regulación, Guaymas cuenta con siete tanques importantes: Antena, Las Delicias, Monte Lolita, Miramar, Las Villas y Lomas de Cortés, con un potencial de 10150 m³.

Los principales almacenamientos se localizan en la ciudad de Guaymas. El tanque de Las Delicias recibe la descarga de la línea de San José de Guaymas, el tanque La Antena recibe la descarga de la línea que va de San José hacia Guaymas, otros almacenamientos importantes en la misma ciudad son el tanque Cantera y Monte Lolita que reciben los caudales de la planta de Batuecas.

Empalme por su parte cuenta con un tanque de regulación nombrado Cerro de la Cruz con una capacidad de 2400 m³., mientras que San Carlos cuenta con seis almacenamientos de importancia: Ranchito, Antigua, Península, Bahía, Algodones y el tanque principal que junto con los demás tienen una capacidad de 1420 m³.

Los almacenamientos importantes se indican en el plano No. 1.

2.5. TRATAMIENTO

El abastecimiento de agua a la población se hace bombeando directamente de la fuente a las líneas y los tanques, pues no existen plantas de tratamiento, practicándose sólo la cloración, aplicando el cloro en puntos estratégicos.

En el caso de la ciudad de Guaymas la aplicación del cloro se hace en la planta de rebombeo Batuecas. Para Empalme la aplicación es en el depósito Boca Abierta y en San Carlos el cloro es aplicado en la planta de rebombeo principal.

Es importante indicar que los equipos dosificadores de cloro actualmente no son suficientes, existiendo zonas en las cuales es necesaria su aplicación. También se debe señalar que los problemas principales, respecto a la calidad del agua es debido a la contaminación de algunos pozos de la captación San José ocasionada por la intrusión salina.

2.6. DISTRIBUCION

Se estima que el servicio de suministro de agua potable en la ciudad de Guaymas beneficia al 75 % de la población.

La red de distribución la integran 172 km de tuberías de las cuales 114 km. son de asbesto cemento y 58 km. de PVC, los diámetros de las tuberías fluctúan entre 2.5 a 20".

Por las características topográficas de la zona, la red de abastecimiento cuenta con dos zonas de presión, una que se encuentra a 40 m. sobre el nivel del mar y la otra que se encuentra entre los 40 y 75 m.

Las condiciones de la red se consideran de la siguiente manera:

- 33 % de la red en buen estado
- 67 % de la red en regular estado

La red cuenta con 190 accesorios y válvulas aproximadamente de los cuales su estado es el siguiente:

- 80 % se consideran en estado regular
- 20 % se consideran en mal estado

2.7. POBLACION DE PROYECTO

Con la finalidad de conocer las necesidades actuales y a futuro de agua potable de la población, y estar en la posibilidad de mejorar el servicio actual, se cuenta con información de la población actual y futura, a partir de la cual se estimaron las demandas y dotaciones. Información recabada del documento técnico "Análisis de Alternativas Para Abastecimiento de Agua Potable a Guaymas-Empalme-San Carlos", elaborado por la Gerencia Regional Noroeste.

En 1950 la población de las ciudades de Guaymas y Empalme ascendió a 29,275 hab. en total. Para el año de 1980 se sumó a esta zona el nascente núcleo urbano de San Carlos, y la población se totalizó en 121,200 hab.

Para efecto de contar con datos confiables en la obtención de las demandas, se calculó la población de proyecto utilizando el método logístico. Para dichos cálculos se tomaron datos del período 1970-1989.

La población flotante utilizada fué de 6500 hab. (dato correspondiente al año de 1989) con una tasa anual de crecimiento del 3 %, y la población de saturación se vario de 500,000 a 3,000,000. Información proporcionada por La Gerencia Regional del Noroeste. Ver tabla 2.7.

2.8 DOTACIONES

Las dotaciones se consideran para tres diferentes usos; urbano, industrial y turístico.

Para determinar las respectivas dotaciones se consideró el número de habitantes, condiciones climáticas y la importancia de la zona.

Dotación Urbana

Considerando lo anterior se determinó la dotación de 300 l/h/d para un período que comprende de 1989 a 2010, con un nivel de servicio inicial del 80 %.

Dotación Turística

Considerando información de FONATUR actualmente se tiene una población flotante de 6500 personas, de las cuales 3500 requieren de 1853 habitaciones para su estancia en hoteles. De esta manera las dotaciones se determinaron de 1400 l/h/d para las personas que requieren habitación en hoteles y de 300 l/h/d para aquellas que se consideró que no requieren habitación.

Considerando los datos anteriores y por falta de información del número de cuartos de hotel a futuro, se determinó una dotación promedio de 550 l/h/d para el período de 1989 a 2010, tal dotación resulta de dividir la demanda entre la población flotante de 1989. En la tabla 2.8 se muestran las dotaciones. Información proporcionada por la Gerencia Regional del Noroeste

2.9 DEMANDAS

Las demandas se determinaron en base a la información de la tabla 2.7 y 2.8; obteniéndose las mismas para tres diferentes usos: urbano, turístico e industrial. Tabla 2.9.

POBLACIONES DE PROYECTO

POBLACION DE SATURACION	NUMERO DE HABITANTES PROYECTADOS (MILES)							
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
500	13,40	25,20	46,50	82,40	137,80	211,50	252,10	292,70
750	15,90	27,90	46,40	82,40	135,60	212,20	259,10	310,30
800	16,10	28,20	48,70	82,40	135,40	212,30	259,90	312,40
900	16,60	28,70	49,00	82,40	135,00	212,50	261,20	316,00
1000	16,90	29,00	49,30	82,40	134,70	212,60	262,20	318,80
1100	17,20	29,30	49,50	82,40	134,50	212,60	263,10	321,10
1200	17,50	29,50	49,60	82,40	134,30	212,70	263,70	323,00
1300	17,70	29,70	49,80	82,40	134,20	212,80	264,30	324,60
1400	17,80	29,90	49,90	82,40	134,10	212,80	264,80	326,00
1500	18,00	30,00	50,00	82,40	134,00	212,90	265,20	327,10
2000	18,40	30,50	50,30	82,40	133,60	213,00	266,60	331,30
2500	18,70	30,80	50,50	82,40	133,40	213,10	267,50	333,70
3000	18,90	31,00	50,60	82,40	133,30	213,20	268,00	335,40

T A B L A 2.7.

TABLA DE DOTACIONES

AÑO	DOTACION URBANA (l/h/d)	DOTACION TURISTICA (l/h/d)	NIVEL DE SERVICIO (¢)
1985	300	550	80
1986	300	550	80
1987	300	550	81
1988	300	550	81
1989	300	550	81
1990	300	550	82
1991	300	550	83
1992	300	550	84
1993	300	550	85
1994	300	550	86
1995	300	550	87
1996	300	550	88
1997	300	550	88
1998	300	550	89
1999	300	550	89
2000	300	550	90
2001	300	550	90
2002	300	550	91
2003	300	550	92
2004	300	550	93
2005	300	550	94
2006	300	550	95
2007	300	550	95
2008	300	550	95
2009	300	550	95
2010	300	550	95

TABLA 2.8.

TABLA DE DEMANDAS

AÑO	NIVEL DE SERVICIO (%)	U R B A N A (LPS)		TURISTICA (LPS)	INDUSTRIAL (LPS)	TOTAL (LPS)
		TOTAL	CON N. S			
1985	80	590	472	36	48	674
1986	80	618	494	18	48	703
1987	81	646	523	19	48	733
1988	81	676	548	40	48	764
1989	81	707	572	41	48	796
1990	82	738	605	43	48	830
1991	83	771	640	44	50	866
1992	84	805	676	45	52	902
1993	85	840	714	47	53	940
1994	86	876	754	48	54	978
1995	87	913	795	49	56	1018
1996	88	952	837	51	57	1060
1997	88	991	872	52	58	1102
1998	89	1031	918	54	60	1145
1999	89	1073	955	56	61	1190
2000	90	1115	1003	57	63	1235
2001	90	1158	1054	59	63	1282
2002	91	1202	1106	61	65	1329
2003	92	1248	1160	63	66	1378
2004	93	1294	1260	64	68	1427
2005	94	1340	1273	66	70	1478
2006	95	1338	1318	68	73	1524
2007	95	1436	1364	70	75	1581
2008	95	1455	1411	73	77	1634
2009	95	1535	1458	75	79	1688
2010	95	1585	1505	77	81	1742

TABLA 2.9.

2.10 IDENTIFICACION DE PROBLEMAS

El abastecimiento de agua potable a estas ciudades se ha venido haciendo por medio de la explotación de aguas subterráneas. Inicialmente el agua se tomaba de las norias, pero debido a la contaminación por el fenómeno de la intrusión salina, fué necesario sustituirlas por captaciones profundas (pozos), que debido a la explotación inadecuada de los acuíferos, también se ha presentado el mismo problema en algunos de ellos.

La escasez de agua en esta zona es un problema que siempre se ha padecido, lo que hace que el disponer del recurso en cantidad suficiente se dificulte.

Algunos volúmenes que se utilizan para actividades agrícolas no se pueden destinar para el uso urbano, pues se afectaría directamente la producción agrícola.

La sobreexplotación de los acuíferos en esta zona provoca el fenómeno de la intrusión salina, lo cual ocasiona que las captaciones más cercanas a la costa no cumplan con las normas de calidad del agua potable y como consecuencia quedan fuera de servicio.

En las fuentes de captación y líneas de conducción no se tiene un control de los volúmenes, lo que implica un funcionamiento hidráulico deficiente del sistema.

El Organismo Operador reporta que los habitantes que cuentan con el servicio tienen problemas con la continuidad y cantidad del mismo, a pesar de que las estimaciones indican que las fuentes de captación producen la cantidad suficiente.

No existen suficientes instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales, las cuales son desechadas en su mayoría a la Bahía de Guaymas sin recibir tratamiento alguno.

2.11 DIAGNOSTICO PRELIMINAR

La ubicación de las captaciones debe revisarse para evitar en alguna medida la sobreexplotación en los acuíferos.

El Organismo Operador no cuenta con programas adecuados ni con el equipo suficiente para practicar la medición de las fuentes de captación, líneas de conducción y distribución.

Las normas de calidad del agua para consumo humano no son satisfactorias en algunas captaciones de San José de Guaymas (3 pozos) y Maytorena (un pozo), provocado por la intrusión salina.

Es necesario instalar equipos de cloración en aquellos puntos donde se requiera, pues existen algunas zonas en las cuales el agua se suministra tal como se extrae (San José de Guaymas y Maytorena).

Es necesario llevar a cabo un estudio para obtener un diagnóstico del funcionamiento hidráulico del sistema de agua potable, basado en datos reales. La finalidad es tener fundamentos para determinar las acciones que permitan mejorar el servicio, aprovechando en lo mejor posible la infraestructura existente y los recursos disponibles.

Es importante regularizar el servicio para los nuevos asentamientos humanos.

Gran parte de los problemas que se adolecen en el Organismo Operador, es por falta de control en la operación y deficiente administración de los recursos. La falta de información confiable, del funcionamiento hidráulico del sistema no permite seguir políticas adecuadas para la operación del mismo de ahí la importancia de abordar el tema de la medición y el del equipo disponible para practicar tal actividad. Los temas se tratan de manera breve en el siguiente capítulo (capítulo 3).

CAPITULO III

III. LA MEDICION.

3.1 INTRODUCCION.

La medición es un conjunto de actividades y acciones que nos permiten conocer con precisión las variables hidráulicas más relevantes (gastos, presiones y niveles).

Actualmente en México son escasos los Organismos Operadores que han implantado la medición en los sistemas que controlan. En su mayoría son empresas del sector público lo que trae como consecuencia un funcionamiento ineficiente que repercute directamente en la calidad del servicio. Ahora bien, cuando una empresa desconoce lo que produce y lo que vende, lógico es que también ignore las pérdidas que tiene, las empresas en estas condiciones están destinadas a desaparecer o bien en la necesidad de ser subsidiadas, o de aumentar las tarifas para poder mantener un servicio más o menos eficiente.

Las mediciones pueden aliviar en gran medida los problemas mencionados, pues apartir de éstas se puede obtener información suficiente en el momento oportuno, que permita tomar las medidas necesarias para mejorar el servicio.

El problema de la escasez de agua no es nuevo, pero es bien cierto que en la actualidad se está agudizando a tal grado que se están haciendo grandes esfuerzos para optimizar alternativas viables.

3.2 IMPORTANCIA DE LA MEDICION

El incremento en la demanda del agua potable propiciado por los crecimientos de población y el desarrollo industrial en las grandes ciudades, hace que el servicio prestado por los organismos sea generalmente de mala calidad, esto en combinación con los altos costos de construcción de los sistemas de aprovechamiento, así como del equipo para integrar los mismos, hace que el usar el agua en forma eficiente se torne en una necesidad primordial, con la finalidad de obtener el mayor beneficio y evitar los desperdicios. Es importante mencionar que lo anterior no sería posible si no se tiene un sistema de medición adecuado en las fuentes de abastecimiento, en las líneas de conducción y en las redes de distribución.

La ausencia de medición, o en su caso un sistema inadecuado, además de provocar un servicio deficiente a la población causa directamente daños económicos al Organismo Operador. Es importante señalar que no basta con proveer a los Organismos con dispositivos de medición sino que se tienen que llevar a cabo programas para controlar la información, así como implantar

programas de operación y mantenimiento de los dispositivos y las componentes del sistema, además de contar con el personal capacitado para las diferentes actividades.

La implantación de mediciones juega un papel muy importante y puede ser la diferencia entre un sistema de abastecimiento eficiente y uno totalmente inadecuado.

Existen organismos gubernamentales (como son la CNA, y el IMTA) que tomando las experiencias de algunos otros que practican la medición sea temporal o permanente, han desarrollado metodologías para practicar la pitometría, la macromedición y la micromedición que adecuándolas a las condiciones de cada organismo en particular, surgen como una promesa para mejorar en gran medida la eficiencia de los sistemas de abastecimiento del país.

3.3 MEDICIONES

Los diversos métodos de medición deben ser acordes con las características y necesidades de cada caso particular. Es conveniente que los sistemas e instrumentos de medición sean lo más sencillo posible, pues ayudarán a que los errores se reduzcan en gran medida y por lo tanto las mediciones puedan obtenerse de forma simple y por personas que no sean necesariamente especialistas.

3.3.1. MEDICIONES DE CAUDAL

Todos los sistemas de medición cuentan con dos partes principales, una que está en contacto con el elemento a medir, conocida como primario y otra que es la que hace la transformación que permite conocer el comportamiento del elemento por medio de los registros y las lecturas que proporciona.

Las mediciones de caudal se realizan con la finalidad de conocer los volúmenes instantáneos o acumulados que son extraídos, transportados o entregados.

El tipo de dispositivo depende directamente de las condiciones o necesidades de cada caso.

3.3.2 MEDICIONES DE PRESION

Para conocer el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento es muy importante la toma de presiones en puntos estratégicos.

Las mediciones de presión deben realizarse en secciones transversales, teniendo el cuidado que los puntos de medición se encuentren en tramos rectos de la tubería y a una distancia conveniente de accesorios que puedan perturbar las mediciones. La distancia depende del dispositivo utilizado y es recomendada por el fabricante.

Los diámetros adecuados de los orificios para la toma de presión están en función del diámetro de la conducción.

Diámetros recomendables:

- de 2 a 3 mm. si el conducto tiene un diámetro (\leq) 30 cm.
- de 3 a 4 mm. si el conducto tiene un diámetro $>$ 30 cm.

3.3.3 MEDICIONES DE NIVEL

Generalmente estos dispositivos son muy sencillos y en la mayoría de los casos los construyen las empresas que tienen la necesidad de tomar medidas de nivel.

Las mediciones de nivel se realizan generalmente en los depósitos que forman parte del sistema de agua potable. La finalidad es tener bajo control los niveles del líquido.

3.4 DISPOSITIVOS DE MEDICION

El equipo de medición es seleccionado de acuerdo a las necesidades y a la capacidad económica de cada empresa.

3.4.1 MEDIDORES DE CAUDAL

Existe gran variedad de dispositivos para conocer el caudal, los más usuales se describen a continuación.

MEDIDOR DEPRIMOGENO

Estos son dispositivos de constitución simple, están integrados básicamente de una reducción gradual o brusca de la sección, esta reducción provoca un aumento de velocidad y una disminución de presión. De la correlación de la variación de presión con la velocidad se puede conocer el caudal.

Los medidores deprinógenos más comunes son:

El Venturi Largo, Venturi Corto, Tubo Dall, Tobera y Placa de Orificio. El principio de funcionamiento para cada uno de estos medidores es el mismo, la geometría de construcción de cada uno hace las diferencias en el comportamiento del fluido, como es el caso de la pérdida de carga.

Medidor Tipo Tubo Dall

El tubo Dall lo constituye un cuerpo cilíndrico, inicia en la dirección del flujo con una pequeña entrada recta, la cual finaliza con una reducción cónica, después una pequeña garganta la cual diverge al final. Este medidor es utilizado en líneas con altas velocidades.

Los orificios de presión están ubicados en la entrada a la saliente y en la garganta.

El tubo Dall es sensible a la turbulencia por lo que es recomendable para su buen funcionamiento que tenga mínimo 40 veces el diámetro del conducto, aguas arriba si es necesario se tendrá un poco más.

Medidor Tipo Tobera

El diseño típico de este medidor es una entrada cónica y una garganta. Las Toberas son más económicas que los Vénturi, pero su costo es más elevado que las placas de orificio, son sensibles a la turbulencia aguas arriba y para su instalación, es necesario contar con 20 o más diámetros libres rectos en la línea para que se obtenga un funcionamiento adecuado.

Medidor Primario de Presión Diferencial Tipo Orificio

El medidor de orificios es el dispositivo más usado para la medición de flujo en las tuberías. El orificio es una perforación en una placa delgada y plana que es fijada entre un par de bridas de la tubería. Los orificios de presión se localizan aguas arriba y aguas abajo de la placa.

Se recomienda no usar placas de orificio en fluidos con sólidos a menos que sea un diseño especial.

Las Placas de Orificio son las más sensibles a la turbulencia de todos los medidores diferenciales de presión, por lo que requiere un tramo recto libre de accesorios de hasta 40 o 60 veces el diámetro de la tubería.

TUBO DE PITOT

Este tipo de medidores se constituye básicamente de dos tubos que tienen la función de captar: uno, la carga de alta presión o impacto (que no es más que la carga dinámica más la carga de presión) y el otro capta la carga de referencia o la de baja presión. La carga dinámica se obtiene de la diferencia entre la carga de alta presión y la de baja presión.

En la actualidad existen diversos tipos de tubos Pitot que sólo difieren en esencia en la construcción de los tubos receptores de presión.

Pitot Cole

El tubo Pitot Cole tiene dos orificios pitométricos que captan las presiones que luego son transmitidas a un tubo "U", por medio de los tubos de transmisión y mangueras, causando una deflexión en el tubo "U". La velocidad en el punto donde se localizan los orificios pitométricos es proporcional a la raíz cuadrada de la deflexión en el tubo "U".

Tubo Pitot Simplex

La diferencia esencial entre el Pitot Cole y el Pitot Simplex es que los orificios de presión en el Simplex son tres los cuales se ubican uno al frente (encontrado de frente con el flujo) que es el orificio de impacto y dos más opuestos situados a los lados como orificios de referencia, los cuales forman un ángulo de 90° respecto al orificio de impacto.

Los orificios pitométricos están fijos y forman parte de la varilla del tubo Pitot.

Pitot Modificado (Annubar)

Este instrumento de medición es la última innovación en lo que respecta a tubo Pitot, además de tener una precisión aceptable son de fácil instalación, operación y mantenimiento.

Este dispositivo lo constituyen básicamente los elementos siguientes:

1. Los sensores de alta presión que lo forman 4 orificios de impacto
2. Un tubo interpolador alojado dentro del sensor el cual transmite el promedio de la carga de impacto
3. Sensor de baja presión situado aguas abajo
4. La parte superior que transmite el diferencial de presión al dispositivo secundario

MEDIDORES DE VELOCIDAD (HIDROMETROS)

Estos medidores se pueden clasificar según su principio de funcionamiento.

Volumétricos

- De émbolo
- Rotativo
- Semirrotativo
- De disco

Velocimétricos

- De turbina
- De aspa giratoria

- Compuesto
- En serie
- En paralelo

Los medidores velocimétricos disponibles en el mercado generalmente presentan un amplio rango de utilización, sin embargo este rango es solo aparente ya que existen restricciones que lo reducen, tal como:

- Pérdida de carga (limita el caudal superior)
- Precisión (limita el caudal inferior)

MEDIDOR ELECTROMAGNETICO

El funcionamiento de este medidor se fundamenta en las leyes del electromagnetismo, en especial la ley de Faraday.

El medidor está integrado por dos bobinas opuestas en el cuerpo del mismo, las cuales son excitadas por una corriente eléctrica produciendo un campo magnético. Al pasar el agua por el cuerpo del medidor, corta el campo magnético, sufriendo un voltaje inducido que es captado por dos electrodos, siendo posible así la medición de la velocidad del flujo.

MEDIDOR ULTRASONICO

El principio de funcionamiento de este dispositivo se fundamenta en el sonar.

Una señal sónica se transmite diagonalmente a través del cuerpo del medidor, la velocidad del fluido que pasa por el medidor afecta el tiempo que la señal tarda en viajar del transmisor al receptor.

Basándose en dicho principio los fabricantes han creado diferentes modelos que difieren en la combinación y colocación de los sensores.

MEDIDOR DE VORTICE

Este medidor está constituido principalmente por una pieza obtusa de sección transversal triangular, la cual se sitúa transversalmente en el cuerpo del medidor. Esta pieza ocasiona una turbulencia al flujo, produciéndose vórtices periódicos. El período del vórtice es proporcional a la velocidad del flujo.

MEDIDOR DIFERENCIAL PROPORCIONAL

El principio de este medidor se basa en las proporciones. Su instalación requiere de una derivación en paralelo provista de un hidrómetro de capacidad pequeña y un accesorio que provoque una presión diferencial. Tal presión diferencial induce un flujo a

través de la tubería secundaria, cuyo caudal es directamente proporcional al caudal de la tubería principal en la sección de control.

Este tipo de dispositivo es recomendable usarlo sólo de manera transitoria.

SECUNDARIOS DE PRESION DIFERENCIAL

Un dispositivo de medición se complementa como ya se mencionó, de un elemento primario y de un elemento secundario que cumple la función de registrar o transmitir la señal que capta el elemento primario.

En el caso de los medidores de presión diferencial, el elemento secundario se puede clasificar según el tipo de accionamiento con que cuenta; mecánico o eléctrico.

Los tipos de elementos secundarios de presión diferencial más usuales se pueden agrupar en la forma siguiente:

- Célula diferencial tipo Dri-Flo
- Célula diferencial tipo Strain Gauge
- Célula diferencial de mercurio
- Célula diferencial neumática

La célula Dri-Flo es la más usual, su constitución básicamente la forman dos fuelles interconectados y alojados al centro de una cámara. Los fuelles están unidos a un eje que transmite los movimientos al exterior de la cámara.

El movimiento de los fuelles es transmitido por un tubo de torque directamente para el brazo de la pluma de un registrador, o para un transductor.

3.4.2 MEDIDORES DE PRESION

Los medidores de presión más usuales se enmarcan a continuación:

- Piezómetros
- Tubo "U" (Manómetro de doble columna)
- Manómetros indicadores metálicos
- Manómetros de registradores
- Vacuómetros

PIEZOMETROS

El piezómetro es el medidor de presión más simple. Lo constituye básicamente un tubo transparente que se conecta directamente en el punto donde se requiere medir la presión. El otro extremo del tubo está expuesto a la presión atmosférica.

La presión se calcula tomando medida de la altura "h" que alcanza el líquido en el tubo piezométrico. Y se tendrá cuidado de no utilizar diámetros muy pequeños, para evitar el fenómeno de capilaridad.

Cuando las alturas son grandes se recomienda usar otro tipo de dispositivo.

TUBO "U"

Cuando las presiones son considerables, pero no excesivas es común utilizar como instrumento de medición al tubo "U".

En la mayoría de los casos el material usado en su construcción es vidrio transparente y se le da forma de "U".

Dentro del tubo se aloja líquido manométrico coloreado para facilitar las lecturas.

El manómetro "U" debe tener la posición vertical en el momento de tomar las lecturas, además la densidad del líquido manométrico debe determinarse en campo pues ésta varía con la temperatura.

MANOMETROS METALICOS INDICADORES

Estos dispositivos varían según los requerimientos en las mediciones, difieren básicamente sólo en el grado de precisión.

El principio de funcionamiento de estos medidores se basa en la deformación que la presión provoca a un tubo Bourdon en forma de "C".

El desplazamiento del tubo Bourdon provoca un movimiento a un puntero que se puede visualizar en la graduación del manómetro, así para cada presión existe una deformación que es transmitida al puntero y a la vez este se puede observar en la carátula del medidor.

MANOMETROS REGISTRADORES

El principio de funcionamiento es el mismo que el de los manómetros metálicos. Las diferencias estriban en la forma de transmitir los resultados, pues además de registrar los resultados en forma gráfica permite obtener mediciones de presión respecto al tiempo.

Los manómetros con registrador metálico son los más usuales y en particular los tipo Capsular, Bourdon en "C", Bourdon en espiral, y Bourdon helicoidal.

3.4.3 MEDIDORES DE NIVEL

Los elementos más usuales en la medición de niveles de agua son:

- Regla limnimétrica
- Tubo piezométrico

- Flotador
- Medidor neumático
- Medidor con resistencia variable
- Medidor con electrodos

FLOTADOR

El principal componente de este dispositivo es un flotador adecuado a un mecanismo que transmite el movimiento a distancia.

La posición del flotador es la que define el nivel.

Estos dispositivos se utilizan generalmente en tanques elevados.

La precisión de estos medidores depende de la certeza con que hayan sido diseñados e instalados tanto el flotador como el mecanismo de transmisión.

MEDIDOR NEUMATICO

Estos dispositivos están constituidos básicamente por un tubo de diámetro reducido el cual está sumergido en el agua.

Se introduce aire al tubo hasta eliminar el agua contenida dentro del mismo y se mantiene esa condición. Una vez logrado lo anterior se verifica con un manómetro el equilibrio de la presión interna del tubo y la altura de sumergencia del tubo. La presión de equilibrio es equivalente en m.c.a, a la distancia sumergida del tubo.

Este dispositivo se utiliza en lugares de difícil acceso.

MEDIDORES CON RESISTENCIA VARIABLE

El principio de funcionamiento se basa en las leyes de la electricidad, particularmente en la ley de Ohm.

La resistencia eléctrica está en función del espesor de agua que separa dos electrodos.

La corriente es medida por un amperímetro con una escala calibrada a m.c.a.

MEDIDOR CON ELECTRODO

Este medidor puede tener el mismo principio del medidor de resistencia variable, está integrado por una serie de electrodos a alturas diferentes y conectados lateralmente en contacto con el agua, así pueden hacer variar la corriente en un amperímetro según el nivel del agua, o encender señales luminosas que indiquen el nivel del agua.

3.5 PITOMETRIA Y MACROMEDICION COMO HERRAMIENTAS FUNDAMENTALES EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Para tener una visión más amplia de la importancia que reviste el practicar la medición es conveniente tener presentes los siguientes conceptos:

Sistema de abastecimiento de agua potable:

Es el conjunto integrado por las fuentes de abastecimiento, obras, instalaciones, conducciones, accesorios y actividades que tienen la finalidad de brindar un servicio satisfactorio a los usuarios.

Macromedidor:

Es el elemento que cumple la función de cuantificar los caudales, volúmenes, presiones o niveles que se presentan en las unidades de producción, conducción, almacenamiento y distribución.

Macromedición:

La macromedición la conforma una serie de actividades, así como el equipo y elementos necesarios que conducen a la obtención, procesamiento y divulgación de datos e información permanente y suficiente de las componentes del sistemas de abastecimiento de agua potable.

Pitometría:

Son las actividades y elementos destinados a la obtención de datos actuales y específicos de presiones, niveles y volúmenes, con la finalidad de conocer las condiciones hidráulicas reales de los sistemas de abastecimiento.

La macromedición y la pitometría son herramientas esenciales para el funcionamiento eficiente de los sistemas de abastecimiento. En el caso de la pitometría conduce a la obtención de diagnósticos los cuales señalarán las pautas a la toma de decisiones a corto plazo para la adecuación, modificación y ampliación de los sistemas. Facilita las acciones de mantenimiento, permitiendo que el sistema funcione adecuada y permanentemente.

En el caso de la macromedición, permite la planeación, diseño, construcción, operación, organización, administración y mantenimiento del sistema, así como la generación de información útil para conocer las dotaciones reales, caudales, niveles y presiones, también hace posible la generación de información indispensable para los programas de mantenimiento y en especial para las actividades de operación.

Finalmente estas actividades persiguen no sólo soluciones al problema del abastecimiento del agua, sino soluciones óptimas que permitan aprovechar al máximo las instalaciones y recursos, y así brindar al usuario un servicio eficiente y económico.

CAPITULO IV

IV. ESTUDIOS DE CAMPO.

4.1 ALCANCES

El presente estudio tiene como objetivo conocer el funcionamiento real del sistema de abastecimiento de Guaymas, Empalme y San Carlos. Las actividades importantes se enfocan a conocer los caudales que son extraídos de las fuentes de abastecimiento, asimismo conocer los caudales que se conducen y que ingresan a las ciudades antes mencionadas. Los resultados se obtendrán al analizar y procesar la información que arrojen las pruebas hidrométricas, tales mediciones se harán con equipo Pitot Simplex para mediciones instantáneas y mediciones en períodos de tiempo determinado (24 hrs.).

Al finalizar el análisis y procesamiento de los resultados de las pruebas hidrométricas se dispondrá de información confiable que permita evaluar el funcionamiento hidráulico del sistema de abastecimiento.

4.2 RECOPIACION DE INFORMACION

En el año de 1989 se llevó a cabo la instalación de medidores de propela en los pozos de las captaciones (Maytoarena, Boca Abierta y San José), ésto con la finalidad de implantar la medición en las fuentes de abastecimiento, ya que con anterioridad no se conocían con precisión los gastos aportados por las captaciones.

Los medidores instalados son los que se indican a continuación:

Diámetro		Cantidad
mm.	pul.	
100	12	1
250	10	8
200	8	2
Total		<u>11</u>

Para las líneas de conducción se instalaron 3 medidores diferenciales con las características siguientes:

Diámetro		Cantidad
mm.	pul.	
400	16	1
450	18	1
500	20	1

Total 3

El sistema de abastecimiento cuenta con tres zonas de captación (subterráneas), sumando un total de 16 pozos profundos

En el año de 1989 el Organismo Operador estimó los gastos aportados por las fuentes de captación, encontrando las siguientes condiciones:

Captación Boca Abierta 398 lps.

pozo 1	-----	48
pozo 2	-----	58
pozo 3	-----	74
pozo 4	-----	61
pozo 5	-----	74
pozo 6	-----	83

Captación Maytoarena 226 lps.

pozo 6	-----	45
pozo 9	-----	49
pozo 11	-----	36
pozo 12	-----	39
pozo 13	-----	57

Captación San José 144 lps.

pozo 1	-----	37
pozo 2	-----	20
pozo 2B	-----	29
pozo 4	-----	29
pozo La Escondida	-----	28

TOTAL ----- 768 lps.

Los pozos abastecen las líneas que conducen los caudales a las ciudades de Guaymas, Empalme y San Carlos. La ubicación de los mismos se indica en plano No. 1, junto con la configuración del sistema actual.

4.3. RECOMENDACIONES PRELIMINARES EN LOS TRABAJOS

Para llevar a cabo este tipo de trabajos es importante no descuidar los siguientes aspectos:

- Antes de iniciar las pruebas se define un programa de actividades en función de los objetivos establecidos previamente.
- Conocer con precisión las componentes más importantes del sistema de abastecimiento (pozos, líneas de conducción, almacenamientos, plantas de bombeo, nodos, etc.)
- Al definir el lugar para el punto de medición verificar que dicho punto se encuentre a una distancia suficiente de líneas de corriente, o subestaciones eléctricas, de tal manera que se garantice la integridad del personal.
- Contar con el personal capacitado para la operación del equipo.
- Usar el equipo y la herramienta adecuadamente.
- Durante las mediciones con el tubo Pitot, se debe sujetar firmemente la varilla para evitar que la presión de la línea pueda expulsar el equipo y por consiguiente dañarlo.
- Cuando una lectura no es lógica deberá repetirse o si es necesario se cambiará de lugar la estación pitométrica.

4.4 ESTABLECIMIENTO DE LOS PUNTOS A MEDIR

Una vez que se conoce la configuración del sistema de abastecimiento, se procede a definir los puntos a donde serán ubicadas las estaciones pitométricas. para lo cual se consideraron los siguientes puntos:

- Que el punto de medición se localice en una longitud de tubería recta, libre de cualquier accesorio tales como: reducciones, válvulas, bifurcaciones, etc. La longitud mínima que se recomienda es de 10 a 20 diámetros de la conducción aguas arriba y 5 a 10 diámetros aguas abajo.
- Si en la conducción se localizan codos o curvas de 90° o se detectan altas velocidades las longitudes se deberán aumentar hasta 50 diámetros aguas arriba y 20 aguas abajo.
- El lugar donde será alojada la válvula de incorporación deberá tener una área libre mínima de 1 x 0.9 m., para maniobrar libremente durante la instalación de la válvula, así como durante las mediciones.

Además de estas consideraciones se dio atención a la secuencia de mediciones, que consiste en medir caudales al inicio y al final de cada conducción, comparando los caudales y si no eran semejantes establecer más estaciones pitométricas para determinar las causas posibles de la diferencia. Otro sitio donde se harían mediciones es en los nodos comparando los gastos aguas arriba y aguas abajo del nodo.

Finalmente quedaron definidos los puntos que se indican en el plano No. 2

4.5 PRUEBAS HIDROMÉTRICAS

Continuando con las actividades se iniciaron las pruebas hidrométricas, mediante las cuales se obtuvo la información que se registra en la tabla 4.7.1. y se analiza en el capítulo 5.

Las pruebas y actividades realizadas se describen brevemente a continuación. y en el anexo 1 se describe un ejemplo de la obtención de los gastos instantáneos con tubo Pitot.

INSTALACION DE VALVULAS DE INCORPORACION

Una vez concluidas las actividades anteriores se despejo una área al rededor del punto de medición suficiente para poder maniobrar cómodamente.

La válvula de incorporación es indispensable para acoplar el tubo Pitot, es de 1" de diámetro interno con rosca que permite alojarla en la tubería.

Para la instalación de la válvula se consideró lo siguiente:

- La válvula debe situarse en un tramo de tubería recta sin válvulas ni accesorios en una distancia mínima de 10 a 20 Ø aguas arriba y 5 a 20 Ø aguas abajo, esto es con la finalidad de que al efectuar las mediciones tales piezas no perturben el flujo en el punto de medición.
- Con ayuda de la máquina perforadora-machueladora se hace la perforación, teniendo cuidado de que las cadenas estén bien sujetas, así como el machuelo deberá estar bien lubricado para conseguir que la cuerda quede perfectamente.
- Una vez hecha la perforación se procede al acople de la válvula auxiliándose de la misma máquina, solo que es retirada la broca-machuelo y en su lugar se aloja la válvula.

VERIFICACION DE DIAMETROS INTERNOS DE LAS TUBERIAS

Instaladas las válvulas el siguiente paso fué determinar los diámetros reales internos de los conductos. La finalidad es conocer las dimensiones reales internas, ya que estas sufren modificaciones por el uso a través del tiempo, ya sea por desgaste (aumenta el diámetro) o por incrustaciones (reducción del diámetro).

El instrumento utilizado para llevar a cabo las mediciones de los diámetros es la varilla de calibración.

Procedimiento para realizar las mediciones de los diámetros

- Se adapta la varilla a la válvula de incorporación para permitir el desplazamiento de la parte que se introduce en la tubería.
- Una vez que está roscada la varilla se introduce en la tubería el gancho de la varilla, en la posición "cerrado", la cual se puede verificar en el mecanismo de giro.
- Estando el gancho dentro del conducto se hace llegar la varilla al fondo de la tubería.
- Con el gancho en la posición anterior deslizar la guía de medición y apoyarla en la cara superior del punto de referencia. La guía deberá fijarse en ese punto.
- Jalar la varilla hacia arriba hasta que llegue a la parte superior del conducto. La varilla deberá ser fijada en esa posición.

El diámetro real interno es igual a la distancia que existe entre el punto de referencia y la parte superior de la guía de medición, más la altura del gancho (2.5 cm.). Figura 4.5.1

Al determinar el diámetro real se comprobó si la válvula de incorporación se proyecta dentro de la tubería, ésto con la finalidad que al calcular el área de la sección no se incurra en errores.

La proyección de la válvula sólo se toma en consideración cuando los diámetros internos de las conducciones son: ≤ 300 mm., pues en diámetros superiores, el error que se introduce con la proyección es despreciable.

Al concluir la medición de los diámetros se continuó con la obtención de los datos necesarios para calcular los caudales instantáneos.

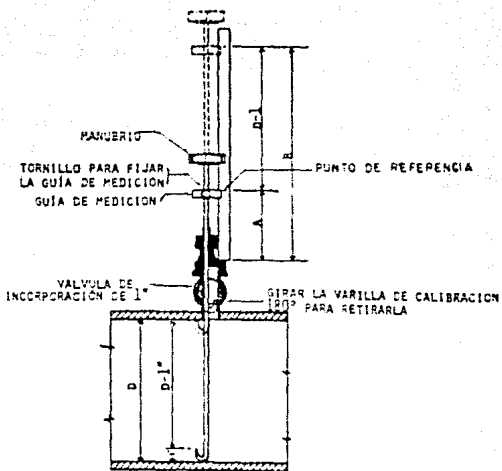


FIG. 451. DETERMINACION DEL DIAMETRO REAL

FACTOR DE VELOCIDAD

El factor de velocidad es la relación entre la velocidad media en la sección y la velocidad central.

$$F_v = \frac{\int_0^{10} \sqrt{h} \, dx}{10 \sqrt{hc}}$$

Donde:

Fv = factor de velocidad
h = deflexión en cada punto
hc = deflexión central

El factor de velocidad se determina mediante la construcción de la curva de velocidades de la sección.

La curva de velocidades es obtenida tomando lecturas con el tubo Pitot en los radios medios de los anillos de igual área, en los cuales es dividida la sección transversal del conducto. Como la colocación exacta de los orificios pitométricos en tal posición es muy complicada, los orificios son colocados en diez divisiones equidistantes, a lo largo del diámetro nominal. En el ejemplo del anexo 1 se indica el método para obtener la curva y el factor de velocidad (Fv).

OBTENCIÓN DE LA VELOCIDAD CENTRAL

Los orificios del tubo Pitot se colocan en el centro del ϕ del conducto, se traba la varilla en esa posición, se toma una serie de lecturas del diferencial de presión durante diez minutos, en intervalos de 30 segundos.

Una vez obtenidas las lecturas se emplea la siguiente fórmula para el cálculo de la velocidad.

$$V = c \sqrt{2 g h (x-1)}$$

Donde:

V = velocidad
c = coeficiente de corrección (según la forma y posición de los orificios)
g = aceleración de la gravedad
h = diferencia de presiones (mediciones de 30 en 30 seg.)
x = densidad nominal del líquido manométrico

Durante las mediciones el caudal deberá permanecer constante.

El líquido manométrico utilizado debe provocar diferencias de presión en el tubo "U" entre 15 y 30 cm., para evitar errores considerables en las lecturas.

OBTENCION DE LA DENSIDAD REAL DEL LIQUIDO MANOMETRICO

Inmediatamente después de realizar las mediciones para obtener la velocidad se determinó la densidad real del líquido manométrico, pues es factible que ésta varíe debido a las condiciones climáticas, principalmente por la variación de la temperatura.

CAUDAL INSTANTANEO

Obtenidos los datos anteriores se está en condiciones de calcular el caudal instantáneo (ver anexo 1) aplicando la siguiente fórmula:

$$Q_p = F_v \times V_c \times C_d \times A_c \times C_t \times C_{\text{diámetro}}$$

Donde:

- Q_p = caudal obtenido con el tubo Pitot, m³/s.
- F_v = factor de velocidad.
- V_c = velocidad media central, m/s.
- C_d = coeficiente de corrección de la densidad.
- A_c = área nominal corregida, m². (Causada por la introducción del tubo Pitot).
- C_t = coeficiente de corrección del área debido a la proyección de la válvula de incorporación.
- C_{diámetro} = coeficiente de corrección del diámetro debido a la variación entre diámetro real y nominal.

Concluidas las mediciones para la obtención de los caudales instantáneos se instalaron registradores, en puntos estratégicos con la finalidad de obtener información en períodos de 24 hrs. en forma continua y tener datos más confiables.

Los datos obtenidos de las mediciones se registran en puntos posteriores y su análisis se presenta en el capítulo 5.

4.6 EQUIPO UTILIZADO

El equipo utilizado durante el desarrollo del estudio se cita a continuación y se describe con detalle en el anexo 2.

- 4 medidores de flujo (Tubo Pitot Simplex).
- Máquina perforadora-machueladora Mueller, para conductos a presión, con herramienta y accesorios necesarios.
- 5 registradores de flujo con rotación de 24 hrs. y rangos de diferencial de presión de 0 a 10" y 0 a 20" de columna de agua, se incluye válvulas eliminadoras de aire, mangueras, conexiones, gráficas, plumillas y accesorios.

- Tripies para la colocación de los registradores.
- Calibrador de diferencial de presión tipo balanza de peso muerto.
- Gancho calibrador de diámetros.
- Manómetro tipo "U".
- Líquidos manométricos.
- Manómetros tipo Bourdon.
- Válvulas de inserción de 1" de diámetro para acoplar el equipo Pitot.
- Herramienta y accesorios necesarios para la operación del equipo.

4.7 DATOS OBTENIDOS DURANTE LAS PRUEBAS HIDROMETRICAS

Durante los aforos fué necesario discriminar algunas estaciones o los datos de algunas de éstas por carecer de consistencia. Las características de los datos se resumen en la tabla 4.7.1., citando sólo los datos consistentes y necesarios para el análisis del conjunto.

Para obtener datos más precisos del funcionamiento del sistema se seleccionaron estaciones que se consideraron estratégicas para la instalación de los registradores de los cuales se obtendría información diaria de caudales y presiones. En la tabla 4.7.2. se resumen los datos obtenidos de los registradores.

AFOROS INSTANTANEOS DE ENERO (E) A FEBRERO (F) DEL 90 EN QUATRAS - EMPALME - SAN CARLOS, SONORA

1 de 6

ESTACION	DIAMETRO REAL	A F O R O		DENSIDAD NOMINAL	DEFLEXION (MM)	FACTOR DE VELOCIDAD	GASTO (LPS)	PRESION KG/CM2	MATERIAL DEL CONDUCTO	OBSERVACIONES
		FECHA	HORA							
1	750	28 E	17:10	1.25	480	0.824	447	0.58	A-C	
		02 F	11:55							
2	900	19 E	11:05	1.60	91	0.836	378	0.45	A-C	
		28 E	19:13	1.25	270	0.836	507	0.64		NO CONFIABLE
		02 F	14:10	1.60	84	0.847	424	0.54		
		06 F	16:40	1.60	84	0.847	432	0.40		
3	580	19 E	13:30	1.60	149	0.968	233	5.56	ACERO	
		24 E	08:28	1.60	52	0.968	157	4.80		
		28 E	09:35	1.60	25	0.820	94	5.20		
		02 F	15:38	1.60	107	0.938	189	5.75		
4	509	06 F	12:47	1.60	20	0.964	76	2.63	A-C	
		09 F	13:00	1.60	22	0.964	81	2.50	A-C	
5	585	21 E	17:40	1.60	24	0.973	128	5.15	P.V.C	
		24 E	09:30		31	0.973	90	5.00		
		27 E	12:00	1.60	29	0.973	82	5.40		
		28 E	10:25	1.60	22	0.844	92	5.30		
		30 E	15:55	1.25	20	0.852	77	3.70		
6	465	21 E	16:40	1.60	67	0.843	103	2.50	A-C	
		22 E	13:37	1.60	47	0.843	85	2.30		
		24 E	11:10	1.60	51	0.843	88	2.30		
		27 E	12:45	1.25	58	0.875	63	2.50		

TABLA 4.7.1. CARACTERISTICAS DE LOS AFOROS INSTANTANEOS

AFOROS INSTANTANEOS DE EMERO (E) A FEBRERO (F) DEL 90 EN GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS, SONORA

2 de 6

ESTACION	DIAMETRO	A F O R O		DENSIDAD NOMINAL	DEFLEXION (MM)	FACTOR DE VELOCIDAD	GASTO (LPS)	PRESION KG/CM2	MATERIAL DEL CONDUCTO	OBSERVACIONES
	REAL	FECHA	HORA							
6	465	30 E	18:07	1.25	92	0.862	77	2.65		
7	330	22 E	11:00	1.60	61	1.62	66	0.20	ACERO	
		24 E	11:45	1.60	39	1.62	38	0.19		
		27 E	13:25	1.25	29	1.129	30	0.20		
		27 E	13:50	1.25	113	1.219	62	0.20		
8	508	28 E	08:51	1.60	364	0.889	299	2.50	A-C	
		02 F	15:32	1.60	286	0.932	277	2.85		
		06 F	17:19	1.60	349	0.940	320	2.90		
9	305	20 E	12:45	1.60	37	0.940	36	1.30	P.V.C.	
		20 E	18:02	1.60	50	0.940	35	1.75		
		28 E	09:16	1.60	24	0.940	29	1.30		
		02 F	16:27	1.60	31	0.940	33	1.85		
10	505	20 E	09:05	1.60	249	0.854	226	0.50		
		21 E	08:20	1.60	251	0.884	227	0.52	A-C	
		28 E	07:40	1.60	224	0.866	225	0.50		
		02 F	10:27	1.60	213	0.862	213	0.53		
11	525	20 E	08:00	1.60	106	0.805	146	2.60	A-C	
12	255	20 E	09:45	13.58	33	0.887	102	4.10	ACERO	
13	510	23 E	14:53	1.25	334	0.878	172	0.46	A-C	
		28 E	14:15	1.25	602	0.878	247	0.72		NO CONFIABLE
		09 F	10:04	1.60	88	0.931	156	0.08		
14	510	23 E	15:20	1.25	140	0.933	119	0.32	A-C	
		28 E	13:32	1.25	215	0.911	153	0.43		

TABLA 4.7.1. CARACTERISTICAS DE LOS AFOROS INSTANTANEOS

AFOROS INSTANTÁNEOS DE EMERO (E) A FEBRERO (F) DEL 90 EN GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS, SONORA

5 de 6

ESTACION	DIAMETRO REAL	A F O R O		DENSIDAD NOMINAL	DEFLEXION (MM)	FACTOR DE VELOCIDAD	GASTO (LPS)	PRESION KG/CM2	MATERIAL DEL CONDUCTO	OBSERVACIONES
		FECHA	HORA							
14	510	09 F	11:50	1.60	25	0.911	82	0.00		
15	301	23 E	14:15	1.25	246	0.915	54	0.43	A-C	
		25 E	16:20	1.60	207	0.891	78	0.65		
		28 E	13:55	1.25	418	0.885	72	0.70		
		09 F	10:26	1.60	142	0.981	73	0.06		
16	367	20 E	19:40	1.60	27	0.901	43	0.28	A-C	
		24 E	13:35	1.60	97	0.883	79	0.35		
		29 E	15:24	1.60	105	0.912	89	0.60		
		28 E	14:55	1.25	185	0.848	68	1.23		
17	505	25 E	14:38	1.11	46	0.879	43	0.00	A-C	
		28 E	12:56	1.25	2	1.000	50	0.79		
18	448	24 E	14:22	1.60	67	0.870	96	0.21	A-C	
		28 E	12:15	1.60	74	0.876	103	0.12		
19	455	27 E	17:35	1.25	90	0.891	77	0.19	A-C	
		28 E	11:00	1.60	74	0.843	102	0.18		
20	209	21 E	11:06	1.60	288	1.474	45	5.10	ACERO	
		27 E	11:41	1.60	201	0.972	36	5.20		
		30 E	11:50	1.60	302	0.977	43	3.80		
		30 E	11:45	1.60	242	0.977	48	5.30	ACERO	
21	210	21 E	11:41	1.60	283	1.461	48	4.90	ACERO	
		27 E	11:25	1.60	316	0.957	50	4.40		
		30 E	13:31	1.60	314	1.006	53	4.30		
22	423	21 E	12:11	1.60	75	0.752	94	5.00	A-C	

TABLA 4.7.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS AFOROS INSTANTÁNEOS

AFOROS INSTANTANEOS DE ENERO (E) A FEBRERO (F) DEL 90 EN GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS, SONORA

4 de 6

ESTACION	DIAMETRO REAL	A F O R O		DENSIDAD NOMINAL	DEFLEXION (MM)	FACTOR DE VELOCIDAD	GASTO (LPS)	PRESION KG/CM2	MATERIAL DEL CONDUCTO	OBSERVACIONES
		FECHA	HORA							
22	423	27 E	11:02	1.60	64	0.836	78	4.50		
		30 E	15:20	1.25	23	0.867	57	4.00		
		30 E	17:38	1.25	86	0.867	30	4.40		
		31 E	12:10	1.60	36	0.980	70	4.50		
		08 F	13:21	1.60	107	0.980	124	5.90		
		10 F	14:19	1.60	159	0.867	135	5.75		
23	407	10 F	16:10	1.60	129	0.866	112	5.70	A-C	
24	405	22 E	16:25	1.60	129	0.922	113	4.35	A-C	
		27 E	10:36	1.60	92	0.922	96	4.40		
		31 F	11:05	1.60	68	0.898	65	4.20		
		31 E	11:31	1.60	43	0.898	82	---		
		08 F	08:55	1.60	38	0.922	84	4.10		
		08 F	12:47	1.60	71	0.922	87	5.60		
		10 F	13:57	1.60	45	0.922	70	5.30		
25	405	21 F	15:56	1.60	234	0.852	146	1.65	A-C	
		24 E	10:52	1.60		0.852	142	1.00		
		27 E	09:50	1.60	141	0.945	122	1.00		
		31 E	13:00	1.60		0.865	117	1.03		
		31 E	13:58	1.60	170	0.865	125	0.97		
		08 F	19:02	1.60	269	0.945	173	2.05		
		10 F	11:44	1.60	282	0.917	174	1.90		
26	405	22 E	14:35	1.60	173	0.829	119	1.35	A-C	
		27 E	09:20	1.60	88	0.829	84	0.82		

TABLA 4.7.1. CARACTERISTICAS DE LOS AFOROS INSTANTANEOS

AFOROS INSTANTANEOS DE EMERO (E) A FEBRERO (F) DEL 90 EN QUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS, SONORA

5 de 6

ESTACION	DIAMETRO	A F O R O		DENSIDAD	DEFLEXION	FACTOR DE VELOCIDAD	GASTO (LPS)	PRESION KG/CM2	MATERIAL DEL CONDUCTO	OBSERVACIONES
	REAL	FECHA	HORA	NOMINAL	(MM)					
26	405	31 E	14:23	1.60	171	0.824	119	1.30		
		31 E	14:53	1.60	145	0.824	110	1.35		
		08 F	14:24	1.60	281	0.829	155	2.40		
27	142	22 E	15:30	1.60	79	0.925	11	1.35	A-C	
		27 E	09:33	1.60	104	0.925	4	0.96	A-C	
		31 E	15:03	1.60	62	0.964	11	1.31		
		08 F	14:40	1.60	113	0.964	14	2.22		
28	150	23 E	14:45	1.25	40	0.875	5	3.75	Fo Fo	
29	300	23 E	08:50	1.25	51	0.931	25	3.20	A-C	
		27 E	07:53	1.60	15	1.147	26	1.95		
		08 F	09:22	1.60	33	0.931	33	2.10		
		08 F	12:11	1.60	46	0.931	39	3.30		
30	253	23 E	11:10	1.25	153	0.956	31	1.07	ACERO	
31	299	22 E	09:10	1.25	22	0.924	17	0.32	ACERO	
		23 E	12:17	1.25	22	0.924	16	0.32		
		23 E	12:50	1.25	47	0.924	23	0.34		
		27 E	08:50	1.60	80	0.919	49	0.32		
A	748	19 E	15:15	1.60	198	0.887	428	0.54	A-C	
		28 E	18:00	1.25	482	0.946	535	0.58		
		02 F	12:24	1.60	194	0.992	513	0.64		
		06 F	15:15	1.60	207	0.922	517	0.60		
C	905	09 F	15:04	1.60	93	0.825	478	1.00	A-C	
D	512	19 E	17:45	1.60	473	0.885	293	2.75	A-C	

TABLA 4.7-1. CARACTERISTICAS DE LOS AFOROS INSTANTANEOS

REGISTROS DIARIOS ESTACION 2
FECHA DE INICIO 20-01-90 FECHA FINAL 21-01-90

1 de 9

HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P
13:15				20:00	3.73	367	0.280	02:45	3.75	369	0.294	09:30	3.74	368	0.322
30	3.64	378	0.315	15	3.75	369	0.280	03:00	3.74	368	0.294	45	3.74	368	0.322
45	3.81	375	0.322	30	3.75	369	0.280	15	3.70	364	0.294	10:00	3.70	364	0.329
14:00	3.80	374	0.322	45	3.75	369	0.280	30	3.70	364	0.294	15	3.70	364	0.322
15	3.78	372	0.329	21:00	3.77	371	0.280	45	3.69	363	0.294	30	3.70	364	0.322
30	3.78	372	0.329	15	3.78	372	0.280	04:00	3.68	362	0.294	45	3.70	364	0.329
45	3.76	370	0.322	30	3.79	373	0.280	15	3.66	360	0.294	11:00	3.68	362	0.329
15:00	3.74	368	0.315	45	3.80	374	0.280	30	3.66	360	0.301	15	3.66	360	0.329
15	3.70	364	0.308	22:00	3.79	373	0.287	45	3.65	359	0.301	30	3.66	360	0.329
30	3.70	364	0.308	15	3.79	373	0.287	05:00	3.65	359	0.301	45	3.67	361	0.329
45	3.72	366	0.301	30	3.79	373	0.287	15	3.64	358	0.301	12:00	3.72	366	0.329
16:00	3.72	366	0.301	45	3.80	374	0.287	30	3.64	358	0.301	15	3.74	368	0.322
15	3.69	363	0.294	23:00	3.80	374	0.287	45	3.66	360	0.308	30	3.78	372	0.322
30	3.66	360	0.294	15	3.78	372	0.287	06:00	3.70	364	0.308	45	3.78	372	0.315
45	3.68	362	0.287	30	3.78	372	0.287	15	3.73	367	0.319	13:00	3.76	370	0.308
17:00	3.63	357	0.280	45	3.78	372	0.294	30	3.75	369	0.308	15	3.74	368	0.315
15	3.61	355	0.280	24:00	3.79	373	0.294	45	3.78	372	0.315	30	3.70	364	0.315
30	3.61	355	0.280	15	3.79	373	0.294	07:00	3.78	372	0.315				
45	3.61	355	0.280	30	3.79	373	0.294	15	3.75	369	0.322				
18:00	3.61	355	0.280	45	3.79	373	0.294	30	3.73	367	0.322				
15	3.60	354	0.280	01:00	3.78	372	0.294	45	3.75	369	0.315				
30	3.60	354	0.280	15	3.78	372	0.294	08:00	3.78	372	0.315				
45	3.62	356	0.280	30	3.78	372	0.294	15	3.76	370	0.322				
19:00	3.63	357	0.280	45	3.78	372	0.294	30	3.78	372	0.329				
15	3.63	357	0.280	02:00	3.78	372	0.294	45	3.76	370	0.322				
30	3.65	359	0.280	15	3.77	371	0.294	09:00	3.77	371	0.322				
45	3.72	366	0.280	30	3.76	370	0.294	15	3.74	368	0.322				

TABLA 4.7.2. GASTOS Y PRESIONES OBTENIDOS DE LOS REGISTRADORES

REGISTROS DIARIOS ESTACION 3
FECHA DE INICIO 21-02-90 FECHA FINAL 22-02-90

2 de 9

HORA	LECTURA	Q		HORA	LECTURA	Q		HORA	LECTURA	Q		HORA	LECTURA	Q	
		lps	kg/cm2			lps	kg/cm2			lps	kg/cm2			lps	kg/cm2
09:45	4.72	216	2.450	16:30	6.01	275	2.730	23:15	4.61	211	2.520	06:00	4.60	211	2.450
10:00	4.72	216	2.450	17:00	6.00	275	2.730	24:00	4.62	212	2.520	07:00	4.60	211	2.450
10:15	4.72	216	2.450	17:30	6.00	275	2.730	24:30	4.62	212	2.520	07:30	4.60	211	2.450
10:30	4.72	216	2.450	18:00	6.00	275	2.730	25:00	4.62	212	2.520	08:00	4.60	211	2.450
10:45	4.71	216	2.450	18:30	6.00	275	2.730	25:30	4.62	212	2.520	08:30	4.60	211	2.450
11:00	4.71	216	2.450	19:00	6.00	275	2.730	26:00	4.62	212	2.520	09:00	4.60	211	2.450
11:15	6.00	275	2.450	19:30	6.00	275	2.730	26:30	4.61	211	2.520	09:30	4.61	211	2.450
11:30	6.05	277	2.450	20:00	6.00	275	2.730	27:00	4.64	212	2.520	10:00	4.62	212	2.450
11:45	6.05	277	2.730	20:30	6.00	275	2.730	27:30	4.63	212	2.520	10:30	4.63	212	2.450
12:00	6.06	278	2.730	21:00	6.02	278	2.462	28:00	4.62	212	2.520	11:00	4.65	213	2.450
12:15	6.06	278	2.730	21:30	6.02	278	2.473	28:30	4.62	212	2.520	11:30	4.67	214	2.450
12:30	6.06	278	2.730	22:00	6.03	278	2.485	29:00	4.63	212	2.520	12:00	4.70	216	2.450
12:45	6.06	278	2.730	22:30	6.03	278	2.497	29:30	4.63	212	2.520	12:30	6.00	275	2.800
13:00	6.05	277	2.730	23:00	6.02	276	2.508	30:00	4.63	212	2.520	13:00	6.00	275	2.800
13:15	6.03	276	2.730	23:30	6.01	275	2.520	30:30	4.64	213	2.516	13:30	6.03	276	2.800
13:30	6.02	276	2.730	24:00	6.00	275	2.520	31:00	4.65	213	2.512	14:00	6.03	276	2.800
13:45	6.01	275	2.730	24:30	6.00	275	2.520	31:30	4.65	213	2.508	14:30	6.01	275	2.800
14:00	6.00	275	2.730	25:00	6.00	275	2.520	32:00	4.64	213	2.504	15:00	6.02	276	2.800
14:15	6.00	275	2.730	25:30	6.00	275	2.520	32:30	4.62	212	2.499	15:30	6.06	278	2.800
14:30	6.00	275	2.730	26:00	6.01	275	2.520	33:00	4.62	212	2.495	16:00	6.06	278	2.800
14:45	6.00	275	2.730	26:30	6.02	276	2.520	33:30	4.62	212	2.491	16:30	6.05	277	2.800
15:00	6.00	275	2.730	27:00	6.02	276	2.520	34:00	4.61	211	2.487	17:00	6.05	277	2.800
15:15	6.01	275	2.730	27:30	6.03	276	2.520	34:30	4.61	211	2.483	17:30	6.06	278	2.800
15:30	6.01	275	2.730	28:00	6.04	276	2.520	35:00	4.61	211	2.479				
15:45	6.01	275	2.730	28:30	6.04	276	2.520	35:30	4.61	211	2.475				
16:00	6.02	276	2.730	29:00	6.03	276	2.520	36:00	4.60	211	2.471				
16:15	6.02	275	2.730	29:30	6.02	276	2.520	36:30	4.60	211	2.466				

TABLA 4.7.2. GASTOS Y PRESIONES OBTENIDOS DE LOS REGISTRADORES

REGISTROS DIARIOS ESTACION 6
 FECHA DE INICIO 22-01-90 FECHA FINAL 23-01-90

3 de 9

HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P
		lps	kg/cm2			lps	kg/cm2			lps	kg/cm2			lps	kg/cm2
14:00	5.00	128	1.155	20:45	4.16	106	1.015	23:30	4.18	107	1.015	10:15	5.29	136	1.260
15	4.99	128	1.155	21:00	4.16	106	1.015	45	4.18	107	1.015	30	5.29	136	1.260
30	4.95	127	1.155	15	4.16	107	1.015	24:00	4.18	107	1.015	45	5.29	136	1.260
45	4.87	125	1.138	30	4.17	107	1.015	15	4.18	107	1.015	11:00	5.29	136	1.260
15:00	4.78	122	1.120	45	4.17	107	1.015	30	4.18	107	1.015	15	5.30	136	1.260
15	4.75	122	1.103	22:00	4.17	107	1.015	45	4.18	107	1.015	30	5.30	136	1.260
30	4.75	122	1.085	15	4.17	107	1.015	05:00	4.18	107	1.015	45	5.30	136	1.260
45	4.72	121	0.998	30	4.18	107	1.015	15	4.30	110	1.015	12:00	4.70	120	1.260
16:00	4.72	121	0.910	45	4.18	107	1.015	30	4.49	115	1.120	15	4.40	113	1.155
15	4.71	121	0.910	23:00	4.18	107	1.015	45	4.60	118	1.120	30	4.28	110	1.050
30	4.71	121	0.910	15	4.18	107	1.015	06:00	4.62	118	1.120	45	4.20	108	1.050
45	4.70	120	0.928	30	4.18	107	1.015	15	4.63	118	1.120	13:00	4.20	108	1.050
17:00	4.70	120	0.945	45	4.18	107	1.015	30	4.66	119	1.120	15	4.19	107	1.050
15	4.40	113	0.963	24:00	4.18	107	1.015	45	4.66	119	1.120	30	4.18	107	1.050
30	4.25	109	0.980	15	4.18	107	1.015	07:00	4.64	118	1.120	45	4.19	107	1.050
45	4.17	107	0.980	30	4.18	107	1.015	15	4.68	119	1.120	14:00	4.18	107	1.050
18:00	4.15	106	0.980	45	4.18	107	1.015	30	4.69	119	1.120	15	4.14	106	1.050
15	4.15	106	0.980	21:00	4.18	107	1.015	45	4.70	120	1.120	30	4.14	106	1.050
30	4.14	106	0.980	15	4.18	107	1.015	08:00	4.70	120	1.120	45	4.14	106	1.050
45	4.13	106	0.963	30	4.18	107	1.015	15	5.15	123	1.120	15:00	4.13	106	1.050
19:00	4.12	105	0.945	45	4.18	107	1.015	30	5.24	132	1.260	15	4.58	117	1.085
15	4.12	105	0.963	02:00	4.18	107	1.015	45	5.30	134	1.260	30	4.58	117	1.120
30	4.13	106	0.980	15	4.18	107	1.015	09:00	5.30	136	1.260	45	4.57	117	1.120
45	4.14	106	0.998	30	4.18	107	1.015	15	5.30	136	1.260	16:00	4.60	118	1.120
20:00	4.14	106	1.015	45	4.18	107	1.015	30	5.30	136	1.260	15	4.50	115	1.120
15	4.15	106	1.015	03:00	4.18	107	1.015	45	5.30	136	1.260	30	4.50	115	1.120
30	4.15	106	1.015	15	4.18	107	1.015	10:00	5.30	136	1.260	45	4.48	115	1.120

TABLA 4.7.2. CANTOS Y PRESIONES OBTENIDOS DE LOS REGISTRADORES

REGISTROS DIARIOS ESTACION 11
FECHA DE INICIO 20-01-90 FECHA FINAL 21-01-90

4 de 9

HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P
		lps	kg/cm2			lps	kg/cm2			lps	kg/cm2			lps	kg/cm2
08:00				14:45	7.11	222	1.40	21:30	7.96	248	1.54	04:15	7.91	247	1.54
15				15:00	7.14	223	1.40	45	7.93	247	1.61	30	7.91	247	1.54
30	6.18	193	1.26	15	7.18	224	1.40	22:00	7.91	247	1.61	45	7.91	247	1.50
45	6.13	191	1.26	30	7.19	224	1.04	15	7.90	246	1.57	05:00	7.91	247	1.505
09:00	6.11	191	1.26	45	7.20	225	1.36	30	7.90	246	1.575	15	7.91	247	1.47
15	7.98	249	1.54	16:00	7.20	225	1.365	45	7.91	247	1.54	30	7.91	247	1.47
30	6.17	193	1.54	15	7.95	248	1.47	23:00	7.91	247	1.54	45	6.25	195	1.40
45	6.14	192	1.26	30	7.95	248	1.47	15	7.91	247	1.54	06:00	7.92	247	1.40
10:00	5.94	185	1.26	45	7.95	248	1.47	30	6.24	195	1.54	15	7.91	247	1.43
15	6.00	187	1.33	17:00	6.20	193	1.47	45	6.11	191	1.26	30	7.92	247	1.435
30	6.00	187	1.33	15	7.18	224	1.33	24:00	6.08	190	1.26	45	4.80	150	1.12
45	8.02	250	1.54	30	7.18	224	1.33	15	6.07	247	1.26	07:00	4.80	150	1.12
11:00	8.01	250	1.54	45	7.19	224	1.36	30	7.93	247	1.26	15	4.80	150	1.15
15	8.00	250	1.61	18:00	7.19	224	1.365	45	7.91	247	1.54	30	6.00	187	1.155
30	8.00	250	1.61	15	6.25	195	1.26	21:00	7.91	247	1.54	45	6.02	188	1.33
45	7.99	250	1.61	30	6.10	190	1.26	15	7.91	247	1.54	08:00	6.02	188	1.33
12:00	7.98	249	1.61	45	6.02	188	1.26	30	7.91	247	1.54	15	6.05	189	1.33
15	5.95	186	1.57	19:00	6.00	250	1.26	45	7.92	247	1.54				
30	6.04	188	1.57	15	7.98	249	1.54	02:00	7.94	248	1.54				
45	6.11	191	1.26	30	7.96	248	1.54	15	7.95	248	1.54				
13:00	8.00	250	1.26	45	7.95	248	1.54	30	7.95	248	1.54				
15	8.00	250	1.54	22:00	7.94	248	1.54	45	7.94	248	1.50				
30	7.98	250	1.54	15	7.91	247	1.54	03:00	6.15	192	1.505				
45	7.96	248	1.50	30	6.10	190	1.54	15	6.06	189	1.26				
14:00	7.95	248	1.50	45	6.04	188	1.26	30	6.02	188	1.26				
15	6.99	218	1.33	21:00	6.05	188	1.26	45	7.92	247	1.50				
30	7.00	218	1.33	15	6.05	188	1.54	04:00	7.91	247	1.505				

TABLA 4.7.2. GASTOS Y PRESIONES OBTENIDOS DE LOS REGISTRADORES

REGISTROS DIARIOS ESTACION 14
FECHA DE INICIO 23-01-90 FECHA FINAL 26-01-90

5 de 9

HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P
		lps	kg/cm2			lps	kg/cm2			lps	kg/cm2			lps	kg/cm2
15:00	5.30	181	0.280	21:45	5.30	181	0.329	0:30	5.30	181	0.296	11:15	5.20	177	0.280
15	5.28	180	0.280	22:00	5.30	181	0.329	45	5.30	181	0.292	30	5.20	177	0.280
30	5.27	180	0.280	15	5.30	181	0.331	05:00	5.30	181	0.288	45	5.19	177	0.280
45	5.24	179	0.280	30	5.30	181	0.332	15	5.30	181	0.284	12:00	5.19	177	0.280
16:00	5.24	179	0.280	45	5.30	181	0.334	30	5.30	181	0.280	15	5.20	177	0.280
15	5.21	177	0.280	23:00	5.30	181	0.335	45	5.30	181	0.280	30	5.20	177	0.280
30	5.20	177	0.280	15	5.30	181	0.337	06:00	5.30	181	0.280	45	5.20	177	0.280
45	5.20	177	0.280	30	5.30	181	0.339	15	5.31	181	0.280	13:00	5.20	177	0.280
17:00	5.20	177	0.280	45	5.30	181	0.340	30	5.32	182	0.280	15	5.20	177	0.280
15	5.20	177	0.280	24:00	5.30	181	0.342	45	5.33	182	0.280	30	5.19	177	0.280
30	5.19	177	0.280	15	5.30	181	0.344	07:00	5.32	182	0.280	45	5.18	177	0.280
45	5.18	177	0.280	30	5.30	181	0.345	15	5.30	181	0.280	14:00	5.18	177	0.280
18:00	5.18	177	0.280	45	5.30	181	0.347	30	5.29	180	0.280	15	5.17	177	0.280
15	5.18	177	0.280	01:00	5.30	181	0.348	45	5.28	180	0.280	30	5.16	177	0.280
30	5.16	177	0.280	15	5.30	181	0.350	08:00	5.26	179	0.280	45	5.15	177	0.280
45	5.19	177	0.290	30	5.30	181	0.346	15	5.25	179	0.280	15:00	5.18	177	0.280
19:00	5.20	177	0.293	45	5.30	181	0.342	30	5.24	179	0.280	15	5.19	177	0.280
15	5.20	177	0.296	02:00	5.30	181	0.338	45	5.22	178	0.280	30	5.20	177	0.280
30	5.20	177	0.300	15	5.30	181	0.334	09:00	5.21	177	0.280	45	5.20	177	0.280
45	5.20	177	0.303	30	5.30	181	0.329	15	5.20	177	0.280				
20:00	5.20	177	0.306	45	5.30	181	0.325	30	5.21	177	0.280				
15	5.20	177	0.309	03:00	5.30	181	0.321	45	5.21	177	0.280				
30	5.22	177	0.313	15	5.30	181	0.317	10:00	5.20	177	0.280				
45	5.25	178	0.316	30	5.30	181	0.313	15	5.21	177	0.280				
21:00	5.30	181	0.319	45	5.30	181	0.309	30	5.21	177	0.280				
15	5.30	181	0.322	04:00	5.20	181	0.305	45	5.22	178	0.280				
30	5.30	181	0.325	15	5.30	181	0.301	11:00	5.21	177	0.280				

TABLA 4.7.2. GASTOS Y PRECIONES OBTENIDOS DE LOS REGISTROS

REGISTROS DIARIOS ESTACION 15
FECHA DE INICIO 23-01-90 FECHA FINAL 24-01-90

6 de 9

HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P
		lpm	kg/cm ²			lpm	kg/cm ²			lpm	kg/cm ²			lpm	kg/cm ²
14:45	4.24	50	0.315	21:30	5.09	60	0.791	04:15	4.76	56	0.735	11:00	5.68	66	0.700
15:00	4.20	49	0.350	45	5.09	60	0.770	30	4.75	56	0.735	15	5.68	66	0.700
15	4.15	49	0.385	22:00	5.08	59	0.770	45	4.74	55	0.718	30	5.64	66	0.700
30	4.20	49	0.350	15	5.08	59	0.770	05:00	4.72	55	0.700	45	5.64	66	0.700
45	4.24	50	0.420	30	5.08	59	0.770	15	4.75	56	0.700	12:00	5.64	66	0.700
18:00	4.64	54	0.630	45	5.09	59	0.770	30	4.77	56	0.700	15	5.65	66	0.700
15	4.72	55	0.700	23:00	5.10	60	0.770	45	4.78	56	0.700	30	5.65	66	0.700
30	4.84	57	0.735	15	5.06	59	0.770	06:00	4.79	56	0.700	45	5.64	66	0.700
45	4.90	57	0.735	30	5.02	59	0.788	15	4.79	56	0.700	13:00	5.65	66	0.700
17:00	4.94	58	0.735	45	5.00	59	0.796	30	4.80	58	0.700	15	5.64	66	0.700
15	5.00	59	0.735	24:00	5.00	59	0.825	45	4.86	57	0.700	30	5.64	66	0.700
30	5.02	59	0.735	15	5.00	59	0.805	07:00	4.86	57	0.700	45	5.63	66	0.700
45	5.04	59	0.700	30	5.00	59	0.805	15	4.91	57	0.700	14:00	5.63	66	0.700
18:00	5.05	59	0.700	45	4.96	58	0.805	30	4.95	57	0.700	15	5.61	66	0.700
15	5.07	59	0.700	01:00	4.96	58	0.825	45	5.00	59	0.700	30	5.61	66	0.700
30	5.10	60	0.700	15	4.96	58	0.825	08:00	5.01	59	0.700				
45	5.10	60	0.700	30	4.95	58	0.805	15	5.07	59	0.700				
19:00	5.10	60	0.700	45	4.92	57	0.805	30	5.14	60	0.700				
15	5.10	60	0.700	02:00	4.90	57	0.825	45	5.21	61	0.700				
30	5.10	60	0.700	15	4.90	57	0.825	09:00	5.28	62	0.700				
45	4.12	60	0.700	30	4.90	57	0.825	15	5.36	63	0.700				
20:00	5.16	60	0.700	45	4.89	57	0.825	30	5.45	64	0.700				
15	5.14	60	0.700	03:00	4.88	57	0.825	45	5.52	64	0.700				
30	5.11	60	0.700	15	4.85	57	0.796	10:00	5.56	65	0.700				
45	5.10	60	0.700	30	4.80	57	0.788	15	5.61	66	0.700				
21:00	5.08	59	0.735	45	4.77	56	0.770	30	5.63	66	0.700				
15	5.06	59	0.756	04:00	4.78	56	0.770	45	5.66	66	0.700				

TABLA 4.7.2. GASTOS Y PRESIONES OBTENIDOS DE LOS REGISTRADORES

REGISTROS DIARIOS ESTACION 18
FECHA DE INICIO 24-01-90 FECHA FINAL 25-01-90

7 de 9

HORA	LECTURA	Q		HORA	LECTURA	Q		HORA	LECTURA	Q		HORA	LECTURA	Q	
		g	kg/cm2			g	kg/cm2			g	kg/cm2			g	kg/cm2
15:30	4.05	99	0.210	122:15	3.44	84	0.366	105:00	3.45	84	0.331	111:45	3.36	82	0.210
45	3.80	93	0.214	30	3.45	84	0.309	15	3.48	85	0.327	112:00	3.33	82	0.210
16:00	3.65	89	0.218	45	3.45	84	0.312	30	3.45	84	0.322	15	3.35	82	0.210
15	3.52	86	0.222	123:00	3.45	84	0.315	45	3.45	84	0.317	30	3.36	82	0.210
30	3.44	84	0.226	15	3.42	84	0.318	106:00	3.42	84	0.313	45	3.36	83	0.210
45	3.39	83	0.229	30	3.45	84	0.321	15	3.42	83	0.328	113:00	3.37	83	0.210
17:00	3.32	81	0.233	45	3.44	84	0.324	30	3.40	83	0.323	15	3.38	83	0.210
15	3.28	80	0.237	124:00	3.42	84	0.327	45	3.40	83	0.299	30	3.38	83	0.210
30	3.26	80	0.241	15	3.42	84	0.330	107:00	3.36	83	0.294	45	3.36	83	0.210
45	3.26	80	0.245	30	3.43	84	0.333	15	3.38	83	0.299	114:00	3.37	83	0.210
18:00	3.25	80	0.249	45	3.43	84	0.335	30	3.38	83	0.285	15	3.30	81	0.210
15	3.23	79	0.253	101:00	3.43	84	0.338	45	3.35	82	0.280	30	3.28	80	0.210
30	3.25	80	0.257	15	3.44	84	0.341	108:00	3.30	81	0.268	45	3.28	80	0.210
45	3.25	80	0.261	30	3.45	84	0.344	15	3.28	80	0.257	115:00	3.30	81	0.210
19:00	3.30	81	0.264	45	3.47	85	0.347	30	3.25	80	0.245	15	3.34	82	0.210
15	3.34	82	0.268	102:00	3.50	86	0.350	45	3.30	81	0.233	30	3.30	80	0.210
30	3.36	82	0.272	15	3.52	86	0.353	109:00	3.30	81	0.222	45	3.28	80	0.210
45	3.38	83	0.276	30	3.52	86	0.356	15	3.35	83	0.210	115:00	3.22	79	0.210
20:00	3.38	83	0.280	45	3.52	86	0.358	30	3.38	83	0.210	15	3.22	79	0.210
15	3.30	81	0.283	103:00	3.55	87	0.361	45	3.39	83	0.210	30	3.21	79	0.210
30	3.28	80	0.286	15	3.55	87	0.364	110:00	3.39	83	0.210				
45	3.28	80	0.289	30	3.50	86	0.359	15	3.38	83	0.210				
21:00	3.29	80	0.292	45	3.52	86	0.355	30	3.38	83	0.210				
15	3.37	83	0.295	104:00	3.56	87	0.350	45	3.37	83	0.210				
30	3.40	83	0.298	15	3.50	86	0.345	111:00	3.38	83	0.210				
45	3.40	83	0.300	30	3.48	85	0.341	15	3.36	83	0.210				
22:00	3.40	83	0.303	45	3.46	85	0.336	30	3.37	83	0.210				

TABLA 4.7.2. GASTOS Y PRESIONES OBTENIDOS DE LOS REGISTRADORES

REGISTROS DIARIOS ESTACION 25
FECHA DE INICIO 21-01-90 FECHA FINAL 22-01-90

8 de 9

HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P
		lps	kg/cm ²			lps	kg/cm ²			lps	kg/cm ²			lps	kg/cm ²
16:30	7.22	142	1.610	23:15	6.36	125	1.838	06:00	6.08	119	1.855	12:45	7.08	139	1.453
45	7.13	140	1.680	30	6.33	124	1.820	15	6.17	121	1.820	13:00	7.10	139	1.400
17:00	7.16	140	1.750	45	6.25	122	1.873	30	6.20	122	1.785	15	7.07	137	1.44
15	6.80	133	1.715	24:00	6.20	122	1.925	45	6.28	123	1.768	30	7.07	137	1.470
30	6.60	129	1.680	15	6.16	121	1.925	07:00	6.33	125	1.750	45	6.92	136	1.488
45	6.62	130	1.663	30	6.20	122	1.925	15	6.46	127	1.733	14:00	6.96	136	1.505
18:00	6.70	131	1.645	45	6.13	120	1.925	30	6.48	127	1.715	15	6.92	136	1.470
15	6.66	131	1.645	01:00	6.13	120	1.925	45	6.52	128	1.698	30	7.02	137	1.435
30	6.60	129	1.645	15	6.10	120	1.943	08:00	6.68	131	1.653	45	6.76	132	1.295
45	6.55	128	1.658	30	6.80	119	1.960	15	6.80	133	1.610	15:00	6.55	128	1.155
19:00	6.46	127	1.750	45	6.14	120	1.943	30	6.85	134	1.540	15	6.40	125	1.173
15	6.44	126	1.768	02:00	6.10	120	1.925	45	6.76	132	1.593	30	6.35	125	1.190
30	6.40	125	1.725	15	6.10	120	1.925	09:00	7.05	138	1.610	45	6.23	124	1.190
45	6.37	125	1.820	30	6.70	119	1.925	15	7.32	143	1.575	16:00	6.25	122	1.190
20:00	6.38	125	1.855	45	6.20	118	1.943	30	7.40	145	1.540	15	6.28	122	1.208
15	6.35	124	1.855	03:00	5.96	117	1.960	45	7.37	144	1.563	30	6.25	123	1.225
30	6.40	125	1.855	15	5.90	116	1.960	10:00	7.31	143	1.645	45	6.18	121	1.313
45	6.41	125	1.838	30	5.94	117	1.960	15	7.40	145	1.610				
21:00	6.44	126	1.820	45	5.89	115	1.978	30	7.34	144	1.575				
15	6.30	127	1.803	04:00	5.82	114	1.995	45	7.40	145	1.575				
30	6.47	127	1.785	15	5.81	114	1.995	11:00	7.35	144	1.575				
45	6.40	125	1.803	30	5.85	115	1.995	15	7.30	143	1.575				
22:00	6.39	125	1.820	45	5.90	116	1.978	30	7.34	144	1.575				
15	6.30	123	1.873	05:00	5.95	117	1.960	45	7.32	143	1.558				
30	6.23	122	1.925	15	5.98	117	1.955	12:00	7.23	142	1.540				
45	6.31	123	2.800	30	6.00	118	1.925	15	7.14	140	1.523				
23:00	6.35	124	1.855	45	6.03	118	1.890	30	7.07	139	1.505				

TABLA 4.7.2. GASTOS Y PRESIONES OBTENIDOS DE LOS REGISTRADORES

REGISTROS BIARIOS ESTACION 26
 FECHA DE INICIO 22-01-90 FECHA FINAL 23-01-90

9 de 9

HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P	HORA	LECTURA	Q	P
		lps	kg/cm2			lps	kg/cm2			lps	kg/cm2			lps	kg/cm2
15:15	6.05	116	3.360	12:00	5.25	100	3.625	104:45	6.78	92	3.833	11:30			3.780
30	5.60	107	3.360	15	5.25	100	3.570	105:00	5.23	100	3.815	45			3.675
45	5.69	109	3.343	30	5.15	98	3.535	15	5.94	113	3.903	12:00			3.970
16:00	5.70	109	3.325	45	5.12	98	3.570	30	6.05	116	3.900	15			3.535
15	5.80	111	3.360	12:00	5.15	99	3.625	45	5.98	114	4.025	30	6.20	118	3.500
30	5.68	108	3.395	15	5.22	100	3.625	106:00	6.06	116	4.060	45	6.10	117	3.535
45	5.60	107	3.448	30	5.28	101	3.625	15	6.16	118	4.025	13:00	6.09	117	3.570
17:00	5.65	108	3.500	45	5.20	99	3.623	30	6.23	119	3.900	15	6.12	117	3.570
15	5.49	105	3.430	12:00	5.10	98	3.640	45	6.39	121	3.955	30	6.20	118	3.570
30	5.41	103	3.360	15	5.16	99	3.640	107:00	6.85	131	3.920	45	6.27	120	3.588
45	5.38	103	3.328	30	5.10	98	3.640	15	7.03	134	3.850	14:00	6.26	120	3.603
18:00	5.41	103	3.255	45	5.10	98	3.675	30	7.00	134	3.780	15	6.24	119	3.588
15	5.35	103	3.325	10:00	5.00	96	3.710	45	6.77	129	3.798	30	6.30	120	3.570
30	5.28	101	3.395	15	5.09	97	3.710	108:00	6.85	127	3.815	45	6.48	124	3.605
45	5.26	101	3.430	30	5.08	97	3.710	15	6.99	134	3.798	15:00	6.45	123	3.640
19:00	5.25	100	3.465	45	5.09	97	3.675	30	7.10	136	3.780	15	6.26	120	3.675
15	5.27	101	3.483	10:00	5.10	98	3.640	45	7.08	135	3.798	30	6.40	122	3.710
30	5.26	101	3.500	15	5.05	96	3.675	109:00	7.09	135	3.815	45	6.48	124	3.710
45	5.25	100	3.500	30	4.99	95	3.710	15	7.19	137	3.798	16:00	6.40	122	3.710
20:00	5.25	100	3.500	45	4.90	94	3.625	30	7.16	137	3.780	15	6.20	118	3.745
15	5.20	101	3.485	10:00	4.88	93	3.500	45	7.10	136	3.745	30	6.28	120	3.780
30	5.24	100	3.430	15	4.90	94	3.500	110:00	7.05	135	3.710	45	6.30	122	3.710
45	5.38	103	3.430	30	4.85	93	3.500	15	7.06	136	3.710	17:00	6.40	122	3.640
21:00	5.44	104	3.430	45	4.80	92	3.675	30	7.09	136	3.710				
15	5.32	102	3.500	10:00	4.80	92	3.850	45							
30	5.26	101	3.570	15	4.80	92	3.850	11:00							
45	5.22	100	3.558	30	4.79	92	3.850	15							

TABLA 4.7.2. GASTOS Y PRESIONES OBTENIDOS DE LOS REGISTROS

CAPITULO V

V. ESTUDIOS DE GABINETE.

5.1 ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

Una vez obtenidos los datos de las mediciones instantáneas (tabla 4.7.1) se hizo el análisis de los mismos para obtener los balances que se describen a continuación:

Conducción Boca Abierta a tanque Empalme estación 1 a la 2.

Los resultados confiables debido a la información y la ubicación de las estaciones fueron la 1 con la 2 dando 447 y 432 lps. respectivamente, croquis 1. la derivación a Cruz de Piedra se cerro durante las mediciones.

Rebombero del tanque Empalme (estación 3 y 8) a Empalme (estación 4 y 9), Guaymas (estación 10) y San José (estación 5).

El caudal en el rebombero Empalme fué de 189 y 277 lps. en las estaciones 3 y 8 dando un total de 466 lps., la conducción a Empalme medida en el tanque Cerro de la Cruz y en la derivación a Parque Industrial (estación 4 y 9) fué de 76 y 33 lps. la de Guaymas cuantificada en el tanque Batuecas (estación 10) fué de 213 lps. y en San José (estación 5) era de 147 lps., dando un total de 469 lps, croquis 2.

Conducción de 18" de San José a tanque La Antena en Guaymas (estación 6 a la 7).

Los caudales medidos en esta conducción fueron de 63 y 62 lps., para las estaciones 6 y 7 respectivamente, para el aforo en la estación 7 fué necesario cerrar la derivación a la red antes del tanque La Antena, croquis 3.

Rebombero del tanque Batuecas a los tanques Cantera (estación 11) y Monte Lolita (estación 12).

Los caudales fueron de 146 lps. en la estación 11, línea al tanque Cantera y en la estación 12 102 lps. Al de Monte Lolita, no se midió el caudal a la llegada de los tanques porque el agua se distribuye antes, croquis 3.

Conducción Maytoarena (estación 13) a Piedra Volada y Empalme (estación 14 y 15).

El resultado en la estación 13 fué de 172 lps. y en la estación 14 y 15 (bifurcación) se registro 119 y 54 lps., sumando 173 lps., croquis 4. (Uno de los equipos de bombeo para esta conducción no funcionaba).

Conducción de la estación 15 a Empalme (estación 16)

Las mediciones en la estación 15 a la 16 fué de 72 y 68 lps. respectivamente, croquis 5.

Conducción de la estación 14 a la bifurcación a Empalme (estación 17 y 18), y de la estación 18 a rebombeo San José (estación 19).

En la estación 14 se cuantificó 153 lps. y en la bifurcación a Empalme (estación 17 y 18), fué de 50 y 103 lps. en el mismo orden. En la conducción de la estación 18 hacia los rebombes de San José (estación 19) se registraron 103 y 102 lps., respectivamente, croquis 5.

Rebombeo San José (estación 20 y 21) y estación 5 a estaciones 22 y 6.

Los caudales medidos en las estaciones 20, 21 y 5 se compararon con los aforos de las estaciones 22 y 6 aguas abajo, se obtubieron caudales de 43, 53 y 56 lps., para las primeras estaciones y para las segundas 57 y 77 lps. croquis 6. La diferencia en la suma de los caudales se debe a que los aforos no fueron simultáneos y a la variación de caudales respecto al tiempo. El flujo en la interconexión de la línea localizada entre las estaciones 5 y 6 con la línea de las estaciones 20 y 22 circula en ambos sentidos (uno a la vez) o se anula, dependiendo de la operación de las válvulas y de los equipos de bombeo que estén funcionando (captación San José).

Estación 22 y 24 a la estación 25

Los aforos en las estaciones 22 y 24 contra la estación 25 aguas abajo se obtuvieron, para las primeras 70 y 65 lps. sumando 135 lps. contra 125 lps. de la estación 25. la diferencia se explica por el defazamiento en minutos entre un aforo y otro e incluyendo la tolerancia y precisión de los equipos de medición, croquis 7.

Estación 25 a Guaymas (estación 26) y derivación condominios El Pilar (estación 27).

En la comparación de 173 lps. de la estación 25 contra 155 más 14 lps. sumando 169 lps. de las estaciones 26 y 27 en la bifurcación aguas abajo, existe una diferencia mínima. Efectuando mediciones adicionales en otro día la diferencia se mantiene similar, croquis 8.

Conducción de la derivación condominios Pilar (estación 27) a los condominios El Pilar.

El caudal de la estación 27 a la 28 son 11 y 5 lps. en el mismo orden croquis 9. La diferencia se debe a las diversas entregas que se tienen en la ruta.

Captación pozo 4 (estación 29) y La Escondida (estación 30) al tanque San Carlos (estación 31).

Se observa en el croquis 9, los valores de los caudales de 26 lps. en la estación 29 que sumados a 31 lps., del pozo La Escondida resultan 57 lps. de los cuales 49 se midieron en la entrega al tanque San Carlos (estación 31), siendo 8 lps. la diferencia, los cuales son entregados a lo largo de la conducción. En la última medición se cerró la válvula (su operación normal es abierta) al rebombeo San Carlos (estación I), ya que en esta última no fué posible medir por ser nula la presión en la línea, en aforos anteriores la válvula de la estación I se encontraba abierta lo cual explica los caudales de 17 y 16 lps. en la estación 31 contra 49 lps. medidos después del cierre de la válvula. La válvula aguas abajo de la estación 29 estaba abierta sin embargo también puede operar estrangulada o cerrada para evitar derrames en los tanques, enviando los excedentes de agua a la línea de los pozos San José (estación 24) y a su vez pueden derivar agua a la estación 29, dependiendo de la operación del sistema

5.2 FUNCIONAMIENTO REAL DEL SISTEMA

Con los datos de los balances aislados para el sistema de abastecimiento, se obtuvo un balance hidráulico general, haciendo coincidir en lo posible las fechas de los aforos y suponiendo una operación continua.

Las aportaciones y las entregas se muestran en el cuadro 5.2.1. y en el croquis 10. Hubo necesidad de incluir el aforo de la estación 6 (103 lps), el cual no se encuentra en los datos registrados de los balances aislados.

Para el balance general de los valores extremos de caudal se utilizaron datos de los registradores y de los aforos, obteniéndose valores extremos para las aportaciones y las entregas. Los caudales de las estaciones utilizadas para los balances se registran en los cuadros 5.2.2. y 5.2.3.

5.2.1. CAUDALES REALES

Durante el año de 1990 el Organismo Operador en Guaymas, Son. ha estado cuantificando periódicamente las aportaciones de cada fuente (San José, Maytoarena y Boca Abierta). Información en la tabla 5.2.1.1. Tabla en la cual se registran los gastos totales que son medidos a través de los macromedidores.

El caudal real o de operación es aquél que se obtiene tomando en cuenta las horas de operación de los equipos de bombeo y los gastos totales acumulados durante el período de medición, y es el que realmente suministra la fuente.

Es preciso indicar que dicha información no fué obtenida a través del estudio hidrométrico tratado; pero se anexa para complementar el diagnóstico general.

5.3. DIAGNOSTICO GENERAL

De acuerdo al análisis efectuado para los balances hidráulicos aislados del sistema de abastecimiento de agua potable, para las ciudades de Guaymas, Empalme y San Carlos, se concluye que las pérdidas en el sistema de conducción, se encuentran dentro de las permisibles, tomando en cuenta el defazamiento en el tiempo entre los aforos, las políticas de operación de los equipos de bombeo y la precisión de los equipos.

Determinación de la eficiencia del sistema:

para determinar la eficiencia es necesario comparar las demandas estimadas (tabla 2.3., Capítulo 3.) contra la capacidad de producción de las fuentes (información obtenida mediante el estudio hidrométrico)

Analizando para el año de 1990.

Demandas	Nivel de Servicio para 1990 (82 %)
Urbana 738 lps.	(605 lps.)
Turística 43 lps.	43 lps.
Industrial 48 lps	48 lps.
GASTO TOTAL DEMANDADO	696 LPS

Nota: el nivel de servicio sólo afecta a la demanda urbana.

Si la capacidad de aportación es de 807 lps. (Dato obtenido de los balances generales), entonces el sistema de abastecimiento tiene el potencial suficiente en las fuentes de captación para satisfacer las demandas.

Para efecto de visualizar mejor la información se elaboró la tabla 5.3.1. siguiendo el mismo procedimiento.

En la tabla 5.2.1.1. se pueden observar los gastos reales que fueron aportados por las fuentes, durante los periodos indicados en la misma.

Se aprecia que existe diferencia entre los gastos reales y los gastos potenciales de aportación de las fuentes, diferencia que principalmente se debe a las políticas de operación de los equipos de bombeo (no operan al 100 %), ya que algunos pozos dejan de funcionar principalmente por descompostura de los equipos o por el mantenimiento que se le da a los mismos.

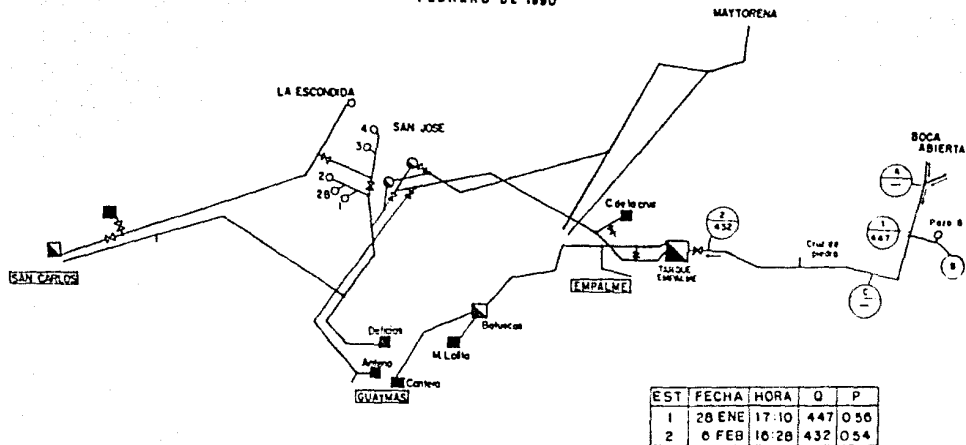
El caudal real medio fué de 740 lps. (ver tabla 5.2.1.1.), lo cual indica que el gasto actualmente extraído es menor al caudal potencial de aportación de las fuentes (807 lps. dato obtenido del balance general).

Por lo anterior se concluye que aún sin estar funcionando al 100% los equipos de bombeo el caudal extraído es suficiente para satisfacer la demanda actual de 696 lps. (Demanda para 1990. Tabla 2.3.).

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 BUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS

ESTADO DE SONORA

FEBRERO DE 1990



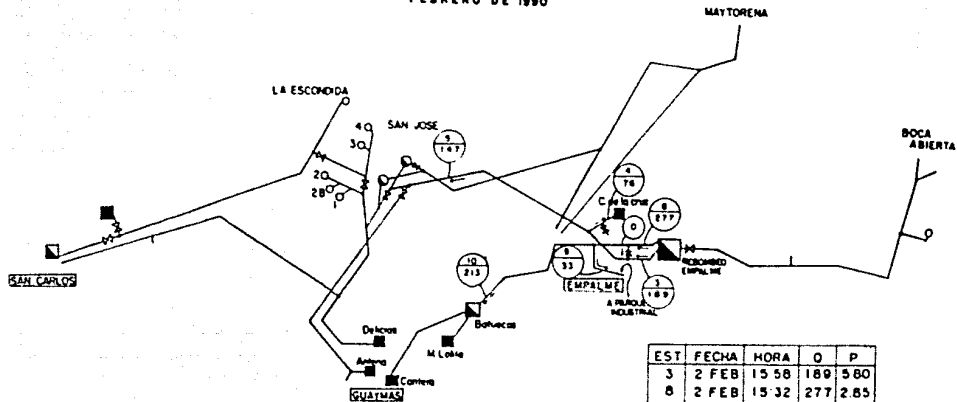
BALANCE HIDRAULICO AISLADO

CROQUIS 1

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS

ESTADO DE SONORA

FEBRERO DE 1990

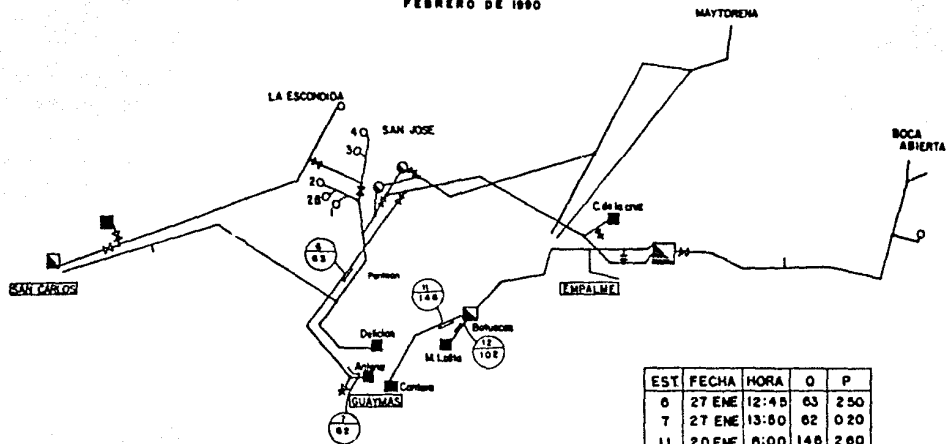


BALANCE HIDRAULICO AISLADO

EST	FECHA	HORA	O	P
3	2 FEB	15:58	189	580
8	2 FEB	15:32	277	285
4	6 FEB	12:47	76	265
5	2 FEB	17:10	147	590
9	2 FEB	16:27	38	185
10	2 FEB	10:27	213	053

CROQUIS 2

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS
 ESTADO DE SONORA
 FEBRERO DE 1990**



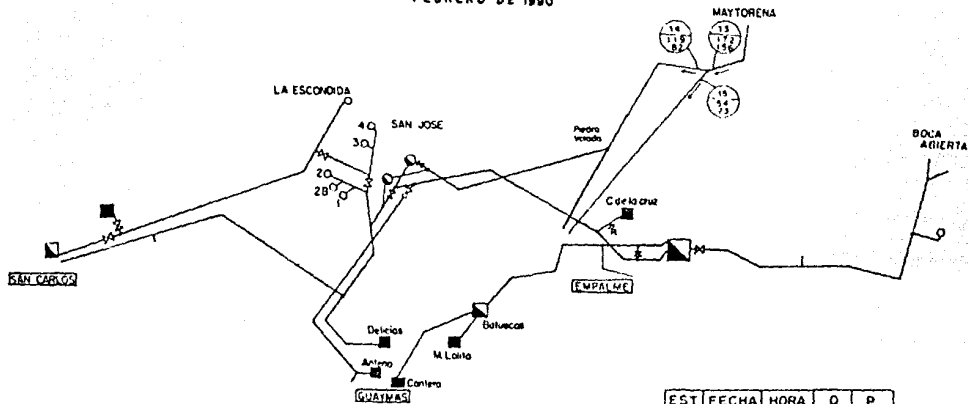
BALANCE HIDRAULICO AISLADO

CROQUIS 3

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS

ESTADO DE SONORA

FEBRERO DE 1990



BALANCE HIDRAULICO AISLADO

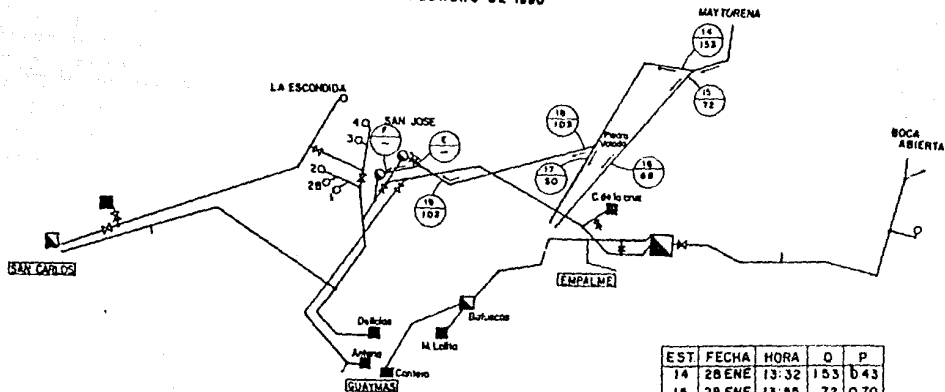
EST	FECHA	HORA	O	P
13	29 ENE	14:55	172	0.48
	9 FEB	10:04	158	0.08
14	21 ENE	15:20	119	0.32
	9 FEB	11:00	82	0.00
15	23 ENE	14:15	94	0.93
	9 FEB	10:26	73	0.08

CROQUIS 4

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS

ESTADO DE SONORA

FEBRERO DE 1980



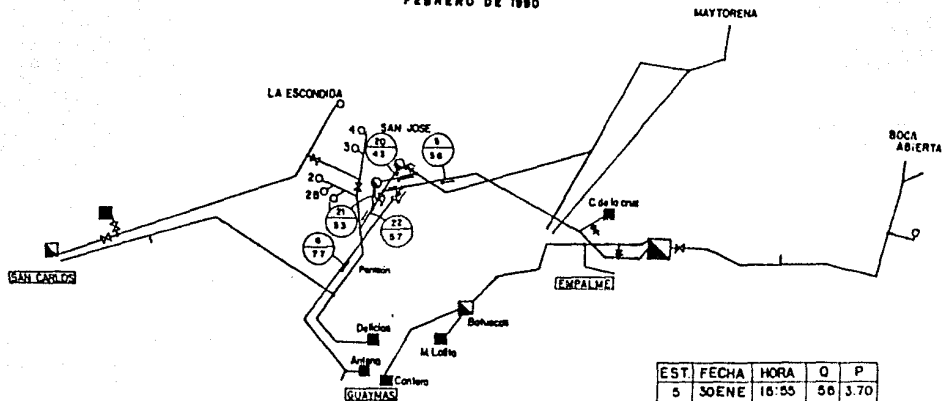
BALANCE HIDRAULICO AISLADO

EST.	FECHA	HORA	Q	P
14	28 ENE	13:32	153	0.43
15	28 ENE	13:55	72	0.70
16	28 ENE	14:53	68	1.23
17	28 ENE	12:56	60	0.80
18	28 ENE	12:15	103	0.12
19	28 ENE	11:00	102	0.18

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS

ESTADO DE SONORA

FEBRERO DE 1980



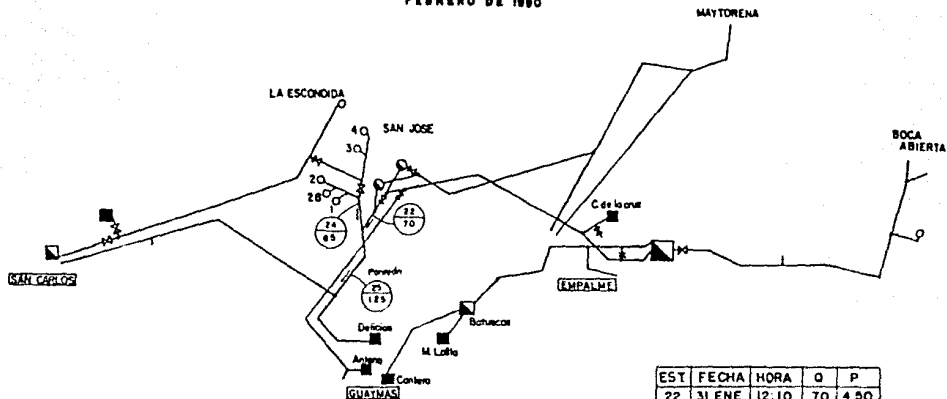
BALANCE HIDRAULICO AISLADO

CROQUIS 6

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS

ESTADO DE SONORA

FEBRERO DE 1980

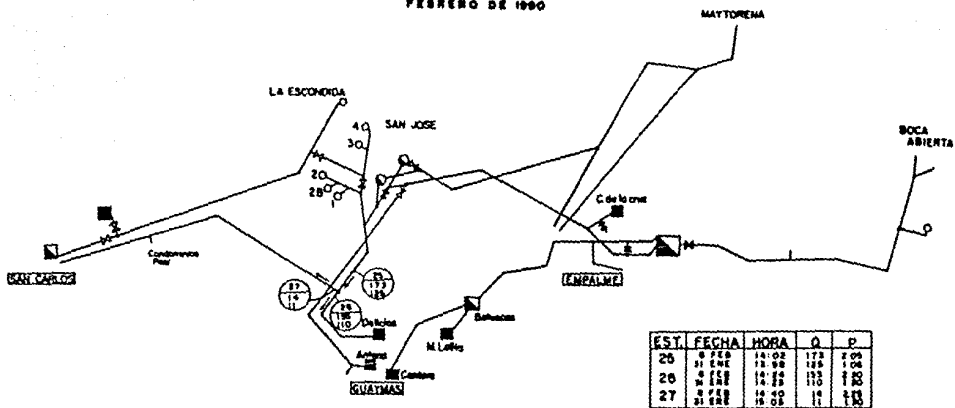


EST	FECHA	HORA	Q	P
22	31 ENE	12:10	70	4.50
24	31 ENE	11:05	65	4.20
25	31 ENE	13:58	125	1.06

BALANCE HIDRAULICO AISLADO

CROQUIS 7

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS
ESTADO DE SONORA
FEBRERO DE 1990**

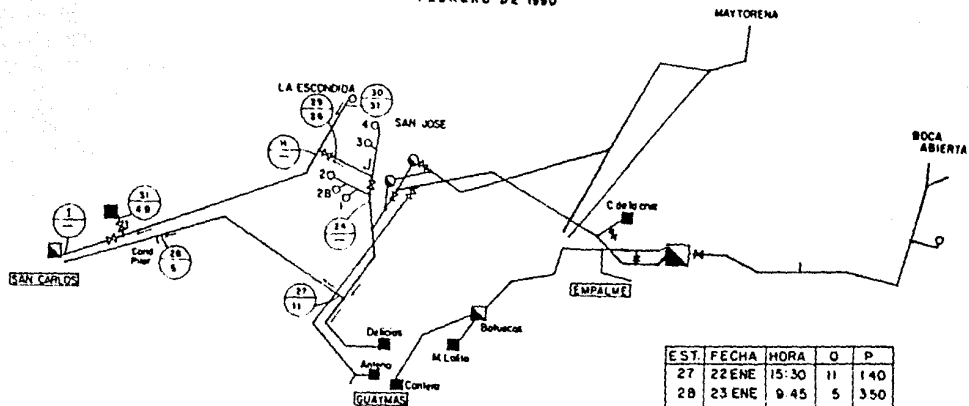


BALANCE HIDRAULICO AISLADO

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS**

ESTADO DE SONORA

FEBRERO DE 1980



EST.	FECHA	HORA	O	P
27	22 ENE	15:30	11	140
28	23 ENE	9:45	5	350
29	27 ENE	7:53	26	195
30	27 ENE	9:15	31	100
31	27 ENE	8:50	49	0.32

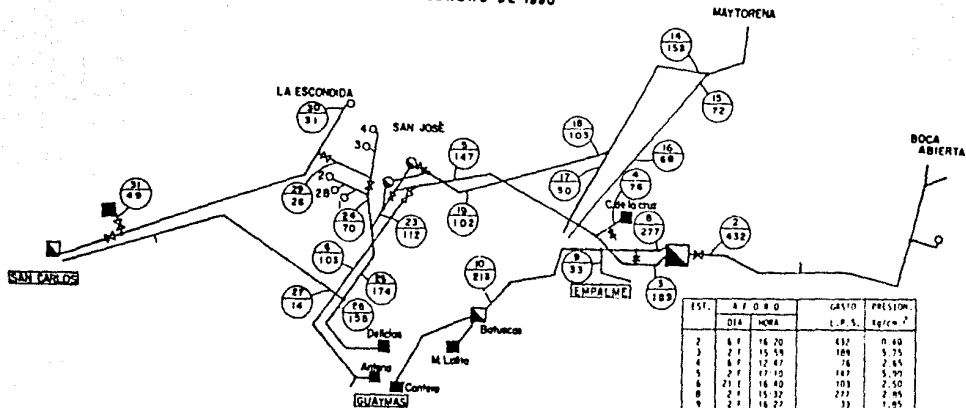
BALANCE HIDRAULICO AISLADO

CROQUIS 9

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS**

ESTADO DE SONORA

FEBRERO DE 1990



BALANCE HIDRAULICO GENERAL

CROQUIS 10

EST.	A F O R O		C.A.S.T.O C. P. S.	PRESION kg/cm ²
	DIA	HORA		
2	8 F	16 20	432	0.40
3	2 F	15 58	189	5.75
4	8 F	12 47	76	2.65
5	2 F	17 10	147	5.99
6	2 F	16 40	103	2.50
8	2 F	15 32	272	2.05
9	2 F	16 27	33	1.05
10	2 F	10 27	213	0.53
14	28 F	13 32	153	0.43
15	28 F	13 55	72	0.79
16	28 F	14 53	68	1.23
17	28 F	12 54	50	0.13
18	28 F	12 15	101	0.12
19	28 F	11 00	172	0.18
23	10 F	16 10	112	5.70
24	10 F	13 57	70	5.30
25	10 F	11 44	174	1.90
26	8 F	14 24	155	2.40
27	8 F	14 40	14	2.22
29	27 F	7 51	26	1.95
30	27 F	11 10	31	1.07
31	27 F	8 30	48	0.32

A G U A E N B L O Q U E

C A P T A C I O N E S		
ESTACION	CAPTACION	GASTO (lps)
2	BOCA ABIERTA	432
14 Y 15	MAYTORENA	225
24	SAN JOSE (1,2,2-B)	70
30	LA ESCONDIDA	31
29	SAN JOSE (POZO 4)	26
T O T A L		784

E N T R E G A S					
GUAYMAS		EMPALME		SAN CARLOS	
EST.	GASTO	EST.	GASTO	EST.	GASTO
10	213	16	68	31	49
26	155	17	50	27	14
6	103	4	76		
		9	33		
SUMA	471	SUMA	227	SUMA	63
T O T A L				761	

CUADRO 5.2.1. BALANCE HIDRAULICO GENERAL EN CONDUCCION

A G U A E N B L O Q U E

C A P T A C I O N E S		
ESTACION	CAPTACION	GASTO (lps)
2	BOCA ABIERTA	432
14 Y 15	MAYTORENA	231
24	SAN JOSE (1,2,2-B)	57
30	LA ESCONDIDA	31
29	SAN JOSE (POZO 4)	26
T O T A L		807

E N T R E G A S					
GUAYMAS		EMPALME		SAN CARLOS	
EST.	GASTO	EST.	GASTO	EST.	GASTO
10	227	16	16	31	49
26	155	17	50	27	14
6	103	4	81		
		9	36		
SUMA	485	SUMA	256	SUMA	63
T O T A L				804	

CUADRO 5.2.2. BALANCE HIDRAULICO GENERAL EN CONDUCCION
(CAUDALES MAXIMOS)

A G U A E N B L O Q U E

C A P T A C I O N E S		
ESTACION	CAPTACION	GASTO (lps)
2	BOCA ABIERTA	378
13	MAYTORENA	156
24	SAN JOSE (1,2,2-B)	65
30	LA ESCONDIDA	31
29	SAN JOSE (POZO 4)	25
T O T A L		655

E N T R E G A S					
GUAYMAS		EMPALME		SAN CARLOS	
EST.	GASTO	EST.	GASTO	EST.	GASTO
10	213	16	43	31	23
26	84	17	45	27	4
6	63	4	76		
		9	29		
SUMA	360	SUMA	193	SUMA	27
T O T A L				580	

CUADRO 5.2.3. BALANCE HIDRAULICO GENERAL EN CONDUCCION
(CAUDALES MINIMOS)

CAUDALES APORTADOS POR LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO EN EL SISTEMA DE GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS

PERIODO DE MEDICION	NUMERO DE POZOS	POZOS MEDIDOS	GASTO TOTAL INSTANTANEO (lps)	GASTO TOTAL REAL (lps)
16-02-90	15	15	763	737
16-02-90 A 23-02-90	15	14	778	736
23-02-90 A 02-03-90	15	14	773	708
02-03-90 A 09-03-90	15	14	795	709
09-03-90 A 16-03-90	15	15	814	767
16-03-90 A 23-03-90	15	15	833	667
23-03-90 A 30-03-90	15	15	788	789
30-03-90 A 06-04-90	15	15	779	785
06-04-90 A 13-04-90	15	15	774	778
13-04-90 A 20-04-90	15	15	797	755
20-04-90 A 27-04-90	15	15	793	768
27-04-90 A 04-05-90	15	15	775	738
04-05-90 A 11-05-90	15	15	779	738
11-05-90 A 18-05-90	15	14	764	745
18-05-90 A 25-05-90	15	14	743	762
25-05-90 A 01-06-90	15	14	724	715
01-06-90 A 08-06-90	15	14	729	735
08-06-90 A 15-06-90	15	14	758	732
15-06-90 A 22-06-90	15	14	763	691
S U M A			14722	14055
M E D I A			775	740

TABLA 5.2.1.1. GASTOS TOTALES REALES E INSTANTANEOS MEDIDOS CON LOS MACROMEDIDORES INSTALADOS EN LOS POZOS DEL SISTEMA

EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

AÑO	DOTACIONES (LPS)				DEMANDA TOTAL (LPS)	CAPACIDAD DE PRODUCCION (LPS)	DIFERENCIA (LPS)	NIVEL DE OPERACION (%)
	URBANA TOTAL	TURISTICA CON N. S.	INDUSTRIAL					
1990	738	605	43	48	696	807	+111	87
1991	771	640	44	50	734	807	+73	91
1992	805	676	45	52	773	807	+34	96
1993	840	714	47	53	814	807	-7	100
1994	876	704	48	54	856	807	-49	----

TABLA 5.3.1. DETERMINACION DE LA EFICIENCIA ACTUAL Y A FUTURO

CAPITULO VI

VI. RECOMENDACIONES.

Se recomienda tomar muestras del agua que aporta cada una de las fuentes, y determinar si el agua que se abastece cumple con la calidad requerida para el consumo humano, además se deberá complementar la instalación de cloradores en puntos estratégicos para mejorar la calidad del agua suministrada en las ciudades de Guaymas, Empalme y San Carlos.

Es recomendable efectuar un estudio hidrométrico más completo que incluya la cuantificación de los caudales que ingresan a cada ciudad, por medio de registros diarios y compararlos con los caudales que se extraen de las fuentes (medidos con los macromedidores), además si durante estos periodos se afora en todas las estaciones pitométricas se tendría información que permita conocer con más precisión el comportamiento de la red de conducción.

Es conveniente que en los macromedidores instalados en las fuentes se tenga un control adecuado de la toma de lecturas, asimismo llevar un control de la operación de los equipos de bombeo, con la finalidad de conocer la eficiencia con que se está abasteciendo.

El registro de los datos de los equipos de bombeo deberán asentarse en formatos adecuados que faciliten el control y análisis de la información, también es importante que la información obtenida se difunda dentro del Organismo y las instituciones competentes, para el análisis de la misma y determinar las acciones necesarias para mejorar la calidad del servicio.

Se recomienda no descuidar los equipos de macromedición y bombeo implantando adecuadamente programas de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, estos programas de mantenimiento permiten el funcionamiento adecuado de los equipos logrando finalmente mejorar el servicio ofrecido por el Organismo Operador.

Es importante que para dar un mantenimiento adecuado a las componentes del sistema se tenga disponible el personal capacitado para tal función, así también contar con las refacciones necesarias para corregir fallas menores, reduciendo así los problemas en el suministro de agua.

Los medidores deben ser preferentemente equipos que se adquieran fácilmente en el mercado nacional, además de ser económicos y confiables y deberá corroborarse la existencia de servicio de mantenimiento y reparación, así como de las refacciones para practicar los mismos.

Buscar métodos y sistemas de medición sencillos, sin perder por ello eficacia en las mediciones.

Medir continuamente pues es información que ayuda a tomar decisiones en cualquier momento.

Capacitar al personal para la operación correcta del sistema de abastecimiento.

Análisis de la información para tomar decisiones que mejoren la eficiencia del sistema de abastecimiento.

Difusión de la información entre los Organismos responsables de los sistemas de agua potable.

Finalmente es importante buscar alternativas para el mejor aprovechamiento del agua en esta zona, ya que como es sabido se tienen problemas para ampliar la infraestructura de captación.

Por lo tanto se buscarían alternativas para practicar el reuso del agua y controlar las pérdidas en los dispositivos hidráulicos principalmente en los muebles sanitarios, procurando con ésto darle un uso eficiente al agua.

CONCLUSIONES

Como ya se ha mencionado la excesiva demanda de agua potable que se genera en las grandes concentraciones urbanas implica que para satisfacer las necesidades de tales poblaciones se tengan que construir obras que permitan la captación y conducción de volúmenes cada vez mayores y de una distancia más retirada.

De acuerdo a lo anterior es importante dar un uso más adecuado al agua buscando todas las formas posibles. Uno de los pasos iniciales para promover el uso eficiente del agua se da al llevar a cabo estudios pitométricos en los sistemas de abastecimiento, con lo cual se estará en la posibilidad de tomar decisiones y llevar a cabo acciones que conduzcan a un mejor aprovechamiento del recurso.

Conforme al estudio realizado en el sistema de abastecimiento de Guaymas, Empalme y San Carlos se concluyó que las pérdidas están dentro de los parámetros permisibles (según balance hidráulico general) y de acuerdo con la información que se resume en la tabla 5.3.1. (capítulo V), el sistema será eficiente hasta el año de 1993 sin la necesidad de incrementar la infraestructura de captación; siempre y cuando los equipos de bombeo se operen adecuadamente y las entregas en los diversos puntos de la red de conducción sean continuas. Sin embargo esto no debe llevar a concluir finalmente que la población de las ciudades antes mencionadas tienen un servicio eficiente, pues en la actualidad se conoce que la población sufre deficiencia en el servicio, principalmente en lo que concierne a calidad del agua y continuidad del servicio.

Es importante señalar que del estudio pitométrico que se llevó a cabo se obtuvo información trascendente que servirá como guía a las acciones y actividades inmediatas con miras al mejoramiento del servicio, pero no hay que olvidar que el estudio sólo incluyó la infraestructura de captación y conducción.

Por tal motivo habrá que señalar que se tendrán que iniciar acciones que incluyan estudios en la red de distribución, tomas domiciliarias y los muebles hidráulicos.

Cabe señalar que para lograr el uso eficiente del agua; no basta con implantar la medición, pues si tal actividad no se desarrolla en conjunto con actividades como son: capacitación, mantenimiento, administración y todas aquellas actividades que afectan en mayor o menor grado el funcionamiento del sistema y el uso adecuado del agua, entonces cualquier medida será inútil.

Finalmente hay que estar concientes que el lograr el uso eficiente del agua, no solo compete a los Organismos destinados a la prestación del servicio, sino a cada persona que tiene la necesidad del recurso.

ANEXOS

A N E X O No. 1

CALCULO DEL CAUDAL INSTANTANEO UTILIZANDO EL TUBO PITOT

La fórmula empleada en el cálculo del caudal se presenta a continuación:

$$Q_p = V_c \times F_v \times C_d \times A_c \times C_t \times C_{\text{diámetro}}$$

Donde:

Q_p = caudal medido con el tubo Pitot, m³/s.

F_v = factor de velocidad.

V_c = velocidad media central, m/s.

C_d = coeficiente de corrección de la densidad.

A_c = área nominal corregida, m². (causada por la introducción del tubo Pitot). Tabla A.1.

C_t = coeficiente de corrección del área debido a la proyección de la válvula de incorporación. Tabla A.2.

$C_{\text{diámetro}}$ = coeficiente de corrección del diámetro debido a la variación entre diámetro real y nominal.

Para resolver el ejemplo inicialmente se tomará como dato lo siguiente:

La constante "c" del tubo Pitot = 0.87

El diámetro nominal ----- = 500 mm.

El diámetro real ----- = 505 mm.

El primer paso es calcular la velocidad media central (V_c). Se ubican los orificios pitométricos al centro del conducto y se toman lecturas de las deflexiones cada 30 segundos durante 10 minutos. Las lecturas se anotan en el formato de "cálculo del caudal", la velocidad promedio se obtiene de la media aritmética de las velocidades calculadas con la fórmula No. 1.

Obtenida la velocidad media central se calcula el factor de velocidad (Fv), tomando lecturas en diez puntos equidistantes del diámetro de la tubería. La figura A.2. del presente anexo indica la secuencia a seguir durante las mediciones. Se toman dos lecturas en cada punto y se toma la media aritmética los valores obtenidos se anotan en el formato de "cálculo del factor de velocidad".

(V) y (Vc) indicadas en el formato se calcula con la fórmula No. 1. Una vez obtenidos los cocientes de (V/Vc), los valores se localizan en el gráfico destinado al trazo de la curva de velocidad, ubicando los puntos en las líneas continuas para proceder a darle cuerpo a la curva uniendo los puntos de tal manera que los puntos se adapten siguiendo la tendencia de la curva de la mejor manera posible.

Trazada la curva se toman los valores de las intersecciones de la curva con las líneas punteadas, tales valores se anotan en el formato y el factor de velocidad es la media aritmética de los diez valores obtenidos en las intersecciones.

Inmediatamente después de concluir las mediciones para determinar el (Fv) se obtiene la densidad real siguiendo la secuencia que se describe a continuación:

Empleando la figura A.1. y tomando un mínimo de siete lecturas para la relación (d/b), los valores se anotan en el formato de "cálculo del caudal" y el valor de la densidad relativa se calcula con la fórmula No. 2.

Nota: para las relaciones (d/b) se debe retirar agua de la columna con mayor altura.

Determinada la densidad real se procede al cálculo del factor de corrección de la densidad (Cd). El factor se calcula con la fórmula No. 3.

El siguiente paso es determinar la corrección del área nominal (Ac) debido a la introducción del tubo Pitot.

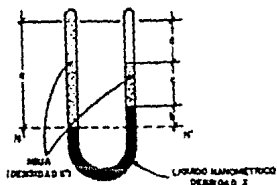
Este valor se obtiene de la tabla A.1. entrando con el diámetro nominal se obtiene el valor directamente y se anota en el formato.

Se prosigue con la corrección del diámetro (C diámetro) que se calcula con la fórmula No. 4. y el valor se anota en el formato.

Finalmente se hace la corrección por proyección de la válvula (Ct) de incorporación dentro de la tubería. El valor de (Ct) se obtiene de la tabla A. 2., que se integra en el presente anexo.

Para este caso en particular el valor de $(C_t) = 1$ por que el diámetro del conducto (500 mm) es mayor a 300 mm. y la corrección procede sólo para diámetros menores de 300 mm.

Obtenidos los valores de los parámetros descritos con anterioridad se está en condiciones de calcular el gasto instantáneo (Q_p) , sustituyendo valores en la fórmula correspondiente. Ver formato para cálculo del caudal.



Tomando como referencia a N-N'

$$ax' = bx + cx'; \quad x'(a-c) = bx$$

$$a-c = d+b; \quad x'(b+d) = bx$$

$$x = (b/b + d/b)x', \text{ ahora si } x' = 1$$

$$x = 1 + (d/b)$$

Donde:

- x = densidad del líquido manométrico
- d = diferencia entre las columnas de agua
- b = diferencia de columnas de líquido manométrico
- x' = densidad del agua

FIG. A.1. OBTENCIÓN DE LA DENSIDAD REAL

FORMULA 1

$$V = c \sqrt{2g(h)(\gamma - 1)}$$

Donde:

V = velocidad del flujo
c = constante del tubo Pitot
g = aceleración de la gravedad
h = altura manométrica
 γ = densidad del líquido manométrico

FORMULA 2

$$dr = 1 + \frac{7}{1} \frac{d}{b}$$

Donde:

dr = densidad relativa
"d" y "b" distancias tomadas en el tubo "U"
(ver fig. A.1)

FORMULA 3

$$Cd = \sqrt{\frac{dr - 1}{dc - 1}}$$

Donde:

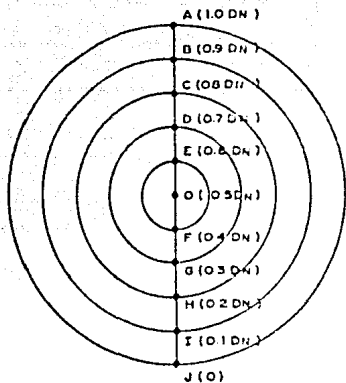
Cd = factor de corrección de la densidad
dc = densidad nominal
dr = densidad real

FORMULA 4

$$C. \text{ diámetro} = \frac{D_{cal.}^2}{D_{nom.}^2}$$

Donde:

C. diámetro = factor de corrección de diámetro
Dcal. = diámetro calibrado
Dnom. = diámetro nominal



ORDEN CRONOLÓGICO	UBICACION DE LOS ORIFICIOS PITOMETRICOS											ANOTACION EN EL FORMATO DE CALCULO
	A	B	C	D	E	O	F	G	H	I	J	COLUMNA
1ª						X						hc
2ª							X					h
3ª						X						hc
4ª					Y							h
5ª						X						hc
6ª								X				h
7ª						X						hc
8ª				X								h
9ª						Y						hc
10ª									X			h
11ª						X						hc
12ª			Y									h
13ª						X						hc
14ª										X		h
15ª						X						hc
16ª		X										h
17ª						X						hc
18ª											X	h
19ª						X						hc
20ª	X											h

FIGURA A. 2.

SECUENCIA PARA UBICACION DE LOS ORIFICIOS PITOMETRICOS LECTURA DE DEFLEXIONES Y ANOTACION DE LOS DATOS EN EL FORMATO

CALCULO DEL CAUDAL

EP N°	TEST N°	FECHA	
LOCAL			
Ø NOM	500 mm	Ø REAL 505 mm	
PITOT N°	12	DENS. 1600	
MANOMETRO	AI	mm	
EJEC	CALC	VER	
OBS:			
TIEMPO	DEFL (mm)	VELOC (m/s)	PRES ()
9:10	326	1.714	
	330	1.715	
	328	1.710	
	331	1.717	
	330	1.715	
	330	1.715	
	332	1.720	
	329	1.710	
	335	1.728	
	330	1.715	
	330	1.715	
	329	1.712	
	334	1.725	
	335	1.728	
	328	1.710	
	330	1.715	
	330	1.715	
	332	1.720	
	332	1.720	
	330	1.715	
9:20	331	1.717	
TOTAL	6951	36.059	
MEDIA	331	1.717	

CORRECCION DE DENSIDAD

- 1) $\frac{657.06}{1000} = 0.613$
 - 2) $\frac{67.107}{1000} = 0.618$
 - 3) $\frac{96.115}{1000} = 0.609$
 - 4) $\frac{75.123}{1000} = 0.610$
 - 5) $\frac{73.127}{1000} = 0.606$
 - 6) $\frac{79.128}{1000} = 0.617$
 - 7) $\frac{87.145}{1000} = 0.614$
- TOTAL _____ = 4.284
- MEDIA _____ = 0.612

DENSIDAD REAL = $1 + 612 = 1612$

DENSIDAD NOMINAL = 1600

FV = Factor de velocidad = 0.88

A = Area nominal corregida debido al pilot 0.19635 m

C diam = Corrección del diámetro = $\left(\frac{\phi \text{ REAL}}{\phi \text{ NOM.}}\right)^2 = \left(\frac{505}{500}\right)^2 = 1.02$

C = Corrección debido a la proyección de la válvula de incorporación = 1.0

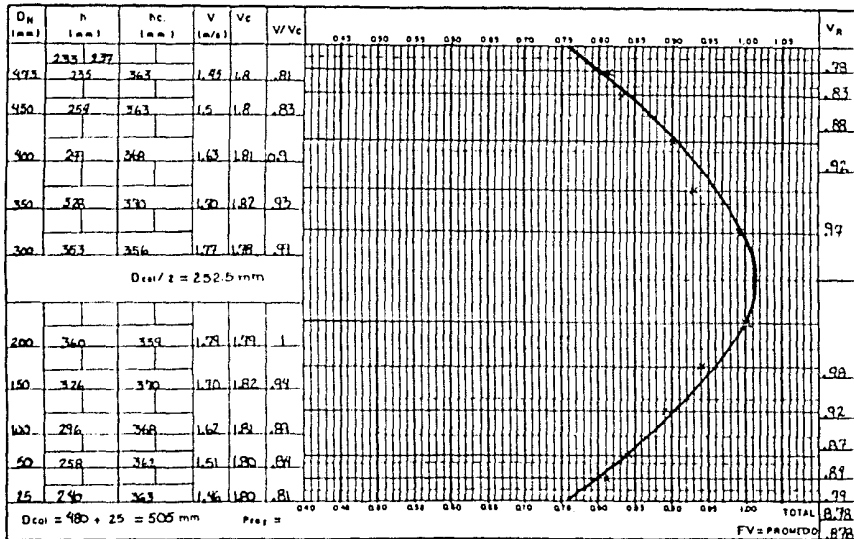
Cd = Corrección de la densidad = $\sqrt{\frac{\text{DENSIDAD REAL} - 1000}{\text{DENSIDAD NOM.} - 1000}} = \sqrt{\frac{1612}{1600}} = \sqrt{1.02} = 1.01$

Vc = Velocidad central = 1.717

Q = $\frac{FV \times A \times C_{\text{diam}} \times C \times C_d \times Vc}{K}$ = 0.305 m³/s

FORMATO PARA CALCULAR EL FACTOR DE VELOCIDAD

LOCALIZACION : _____ ESTACION N° : _____
 FECHA : _____ DIAM NOMINAL : 500 mm DIAM REAL : 505 mm
 DENSIDAD : 1.60 OPERADORES : _____



FACTORES DE CORRECCION DE AREAS DE PROYECCION DE LA
VALVULA DE INCORPORACION (Ct)

PROYECCION (Ct) (mm)	DIAMETRO (mm)					
	100	125	150	200	250	300
	Valores de Ct					
1	0.9965	0.9975	0.9990	0.9995	0.9998	0.9999
2	0.9925	0.9945	0.9970	0.9980	0.9995	0.9998
3	0.9880	0.9910	0.9955	0.9975	0.9988	0.9993
4	0.9845	0.9883	0.9930	0.9965	0.9980	0.9988
5	0.9800	0.9850	0.9920	0.9955	0.9975	0.9985
6	0.9760	0.9820	0.9900	0.9945	0.9970	0.9980
7	0.9715	0.9785	0.9883	0.9935	0.9965	0.9975
8	0.9685	0.9765	0.9865	0.9928	0.9958	0.9970
9	0.9645	0.9725	0.9850	0.9915	0.9953	0.9968
10	0.9600	0.9700	0.9830	0.9905	0.9945	0.9963
11	0.9565	0.9670	0.9815	0.9900	0.9940	0.9960
12	0.9525	0.9665	0.9800	0.9885	0.9935	0.9958
13	0.9483	0.9613	0.9780	0.9875	0.9933	0.9953
14	0.9443	0.9580	0.9765	0.9865	0.9923	0.9948
15	0.9403	0.9550	0.9745	0.9855	0.9915	0.9945

TABLA A.1

AREA CORREGIDA DEBIDO A LA REDUCCION DEL AREA DE LA SECCION, PROVOCADA
 POR EL PITOT UBICADO EN EL CENTRO DE LA TUBERIA

DIAMETRO mm	AREA NOMINAL m ²	AREA CORREGIDA m ²
100	0.00785	0.007527
150	0.01767	0.017188
200	0.03142	0.030673
250	0.04909	0.048105
300	0.07059	0.069467
350	0.09621	0.094749
400	0.12566	0.123961
450	0.15904	0.157103
500	0.19635	0.194175
600	0.28274	0.280088
700	0.38485	0.381722
750	0.44179	0.438424
800	0.50265	0.499051
900	0.63617	0.632090
1000	0.78540	0.780843
1200	1.13097	1.125461
1250	1.22719	1.221443

TABLA 4.2.

EQUIPO UTILIZADO EN EL ESTUDIO HIDROMETRICO

En el presente anexo se describen las características más importantes del equipo empleado durante las pruebas hidrométricas.

TUBO PITOT SIMPLEX

El tubo Pitot Simplex basa su principio de funcionamiento en lo que es el tubo de Pitot, definido de esta manera en honor a su diseñador Henri Pitot.

Henri Pitot encontro que la carga "h" es proporcional al cuadrado de la velocidad en un punto "x", esta altura "h" se alcanza al introducir un tubo Pitot en una corriente y tomando, la superficie de la misma como plano de comparación. Ver figura B.1.

Henri dedujo que se puede tener relación entre la velocidad del flujo y la altura "h", considerando la siguiente teoría: una partícula que viaja del punto "m" al punto "n" va perdiendo velocidad hasta llegar al punto "n" donde se considera que su velocidad es cero, establecido lo anterior, apoyándose en en la figura B.2. y aplicando la ecuación de la energía de Bernoulli se concluye que:

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} = 0 + \frac{P_n}{\gamma}; \text{ ordenando términos}$$

$$\frac{P_n}{\gamma} - \frac{P}{\gamma} = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots A$$

y considerando que $\frac{P_n}{\gamma} = \frac{P}{\gamma} + h$

Ahora bien si en la ecuación A se sustituye $\frac{P}{\gamma} + h$

por $\frac{P_n}{\gamma}$ resulta:

$$\frac{P}{\gamma} + h - \frac{P}{\gamma} = \frac{v^2}{2g}; \text{ reduciendo términos } h = \frac{v^2}{2g}$$

Donde finalmente $v = \sqrt{2gh}$ B

Cuando es el caso particular en el que el tubo Pitot se emplea en conductos a presión, la altura de la columna del líquido se incrementa por la presión estática, cuando esto sucede la presión estática se determina por separado.

Ayudándose en la figura B.2. se puede apreciar la obtención de la altura "h".

Utilizando un tubo de Pitot y un piezómetro simple, la diferencia de alturas del líquido entre el piezómetro y el tubo de Pitot determinan "h".

Pruebas en laboratorio han demostrado que al introducir el tubo la altura se ve afectada por lo cual la fórmula "B" se afecta por un coeficiente "c" que permite obtener datos más reales.

$$v = c \sqrt{2gh} \text{ D}$$

"c" es un coeficiente adimensional que se ve afectado por la velocidad media del flujo y toma un valor un poco menor a la unidad. El valor del coeficiente es proporcionado por los fabricantes del equipo.

Actualmente los Organismos que tienen la necesidad de conocer los caudales instantáneos, utilizan preferentemente los equipos Pitot, ya que son ligeros, resistentes, fáciles de transportar y trabajando adecuadamente tienen una precisión en las mediciones del $\pm 2\%$.

En el mercado se encuentran disponibles 2 tipos de este equipo el Pitot Cole y el Pitot Simplex, ambos equipos son los más usuales y recomendables para las mediciones en conductos a presión.

Para este estudio en particular el equipo utilizado es el Simplex, por ser más comercial en México.

Las características importantes del Pitot Simplex se citan a continuación. Ver figura B.3.

Teniendo el tubo Pitot Simplex conectado a un tubo "U" (figura B.4.), el cual tiene un líquido manométrico y basándose en la teoría de Henri Pitot y empleando la ecuación de Bernoulli tenemos:

Si el equilibrio de presiones se encuentra en el plano $x' - x$

$$\frac{P_e}{\rho} + \frac{v^2}{2g} - H = \frac{P_e}{\rho} - (H+h) + h.d \quad \dots\dots\dots A1$$

$$\frac{v^2}{2g} - H = -H - h + h.d$$

$$\frac{v^2}{2gh} = d - 1; \quad v^2 = 2gh (d-1) \quad \text{finalmente tenemos:}$$

$$v = \sqrt{2hg(d-1)}$$

Donde:

- g = aceleración de la gravedad
- h = diferencia de la columna de líquido manométrico
- d = densidad del líquido manométrico
- v = velocidad del fluido

Finalmente la ecuación que define la velocidad obtenida con tubo Pitot Simplex queda:

$$v = c \sqrt{2gh(d-1)}$$

"c" es el coeficiente que está en función de la posición y forma de los orificios calibrados, tal constante debe comprobarse cada que se considere que el instrumento a tenido un uso inadecuado.

REGISTRADOR SIMPLEX

La función del registrador es indicar continuamente las velocidades que se presentan en un período de tiempo, éstas se obtienen por medio de la transformación de los diferenciales de presión tomados con un tubo de Pitot Simplex.

El registrador Simplex está diseñado para recibir las presiones de impacto y las de referencia transmitidas por el tubo Pitot a través de las mangueras de acoplamiento, dicha diferencia

de presión activa un mecanismo el cual transforma los diferenciales de presión en velocidades y estas quedan registradas en un gráfico especial para un período de 24 hrs. Figura B.5.

Para utilizar el registrador Simplex es necesario considerar los siguientes aspectos.

- Fijar el registrador a una base que lo sujete firmemente.
- Dar cuerda adecuadamente al mecanismo de relojería.
- Verificar que la pluma tenga tinta suficiente y que se tenga un papel gráfico en buenas condiciones.
- Verificar que la cámara de mercurio contenga la cantidad recomendada por el fabricante.
- Verificar que las mangueras del tubo Pitot (instalado previamente) se acoplen a los orificios correspondientes (manguera de impacto con orificio de impacto y manguera de referencia con orificio de referencia).
- Nivelar el registrador.
- Expulsar el aire contenido en las mangueras y debajo del flotador.
- Verificar que no existan fugas en las conexiones y válvulas.
- Cuando el registrador esté funcionando visitarlo continuamente para verificar su operación correcta.
- Durante las mediciones el flujo no debe tener interrupciones, pues se pueden presentar presiones negativas que provoquen la introducción de aire y aún la expulsión del mercurio.
- Al terminar los períodos de registro se desmonta el registrador se le drena el mercurio y se guarda en su caja para su protección al transportarlo.

MAQUINA PERFORADORA Y MACHUELADORA (MUELLER)

La máquina perforadora-machueladora (Mueller) es un equipo manual utilizado en la colocación de la válvula de incorporación.

La máquina Mueller tiene las siguientes características:

- Permite la perforación y roscado en una sola operación.
- Permite colocar la válvula herméticamente.
- Da la opción a colocar las válvulas en conductos a presión o sin ella.
- Por la curvatura en las piezas que hacen contacto con la conducción facilita el montaje de la misma.
- Permite la instalación de las válvulas sin tener que interrumpir el servicio.
- Al perforar y colocar la válvula no se presentan desperdicios de agua importantes.

En la figura B.6. se aprecian las partes más importantes de una máquina perforadora machueladora Mueller.

VARILLA DE CALIBRACION DE DIAMETROS

La varilla de calibración de diámetros es parte complementaria del equipo Pitot, y es utilizada en la determinación de los diámetros internos reales de los conductos. Las características principales se listan a continuación:

- La geometría de la varilla es muy similar a la del tubo Pitot, es alojada también en la válvula de incorporación a través de la cual se puede desplazar hacia arriba o hacia abajo.
- Al final cuenta con un gancho de 1" que puede ser girado.
- Cuenta con un mecanismo que permite mantener fija la varilla en cualquier punto del diámetro del conducto.

Las principales partes de la varilla se observan en la figura B.7.

MANOMETRO DE DOBLE COLUMNA (TUBO "U")

Es un dispositivo de material transparente (generalmente vidrio) en forma de tubo en "U", debe tener un diámetro interno tal, que evite el fenómeno de capilaridad. Dentro del tubo se deposita el líquido manométrico, el cual indica el diferencial de presión que generan los orificios pitométricos del tubo Pitot.

El manómetro "U" generalmente está en una caja que le sirve de protección y evita que los rayos de la luz solar le den directamente durante las mediciones, cuenta con piezas complementarias para su acoplamiento con el tubo Pitot. Ver figura B.8.

LIQUIDOS MANOMETRICOS

Es el líquido que se agrega en los manómetros "U" y debe tener una densidad que provoque un diferencial de presión de magnitud tal que facilite las lecturas, es decir se deben evitar alturas de columna grandes y sin llegar a ser muy pequeñas.

Es recomendable que las alturas de columna fluctuen entre 15 y 30 cm.

Para los manómetros de doble columna (tubo "U") los líquidos manométricos más usuales son:

- Mercurio
- Tetrabromocetano
- Tetracloruro de carbono
- Benceno (utilizado generalmente para adecuar los líquidos)

MANOMETRO BOURDON

El manómetro Bourdon es un dispositivo diseñado para medir presiones en conductos presurizados. El funcionamiento de este manómetro se basa en el funcionamiento de un tubo Bourdon en forma de "C", el cual tiene la particularidad de deformarse por la presión que le transmite el líquido por uno de sus extremos, el otro extremo tiene adaptado un puntero que se desplaza en una escala graduada al deformarse el tubo Bourdon. Ver figura B.9.

El manómetro es acoplado en la válvula de inserción a través de una manguera de caucho. Figura B.10.

TRIPIE PARA REGISTRADOR

Es un dispositivo diseñado para utilizarse como apoyo para mantener fijos los registradores durante los períodos de medición.

VALVULA DE INSERCIÓN

La válvula de inserción utilizada en la pitometría es un registro "macho" de 1" diámetro fabricada en bronce, tiene rosca cónica que permite insertarla en la tubería. La válvula es indispensable como pieza que permite el acoplamiento del equipo Pitot.

Cuando el equipo de medición es desmontado se cierra la válvula de incorporación, y se puede proteger con un tapón de campana. La figura B.11. muestra las partes y dimensiones principales de una válvula de inserción.

CALIBRADOR DE PRESION (BALANZA DE PESO MUERTO)

La balanza de peso muerto cumple la función de comparar las presiones que indican los manómetros, contra las presiones que debería indicar. La balanza tiene una base metálica a la cual se adaptan dos cilindros, que sirven para acoplar, por un lado el manómetro y el otro para introducir el pistón para la calibración, el dispositivo permite la comunicación del fluido entre los dos cilindros.

Durante la calibración se acopla en uno de los cilindros el manómetro y en el otro el pistón con su plato, en el cual se ponen los pesos calibrados. El peso del pistón, el plato y los pesos calibrados entre el área transversal del cilindro deberá ser la presión registrada en el manómetro, siempre y cuando éste último este calibrado. Figura B.12.

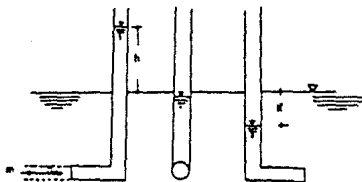


FIG. 8.1. OBSERVACIONES DE HENRI PITOT

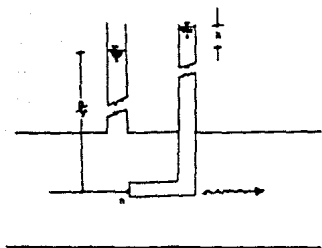


FIG. 8.2. PRINCIPIO DEL TUBO DE PITOT PARA CONDUCTOS A PRESION

ESQUEMA DEL PROCESO SIMPLEX

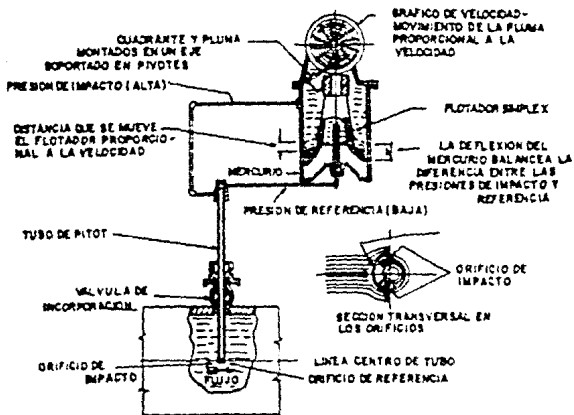


FIG. 8.5. TUBO DE PITOT ACOPLADO AL REGISTRADOR

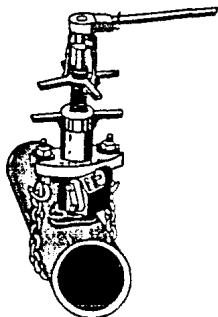


FIG. 8. 6. MAQUINA PERFORADORA Y MACHUELADORA (MUELLER)

1. Gancho de la varilla de calibración
2. Tuerca de acople
3. Tornillo de fijación de la varilla
4. Punto de referencia
5. Guía de medición
6. Varilla
7. Seguro del mecanismo de giro
8. Mecanismo de giro del gancho

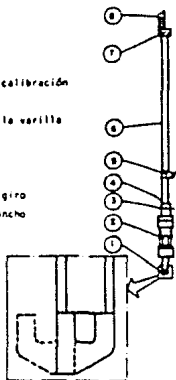


FIG. 8. 7. VARILLA CALIBRADORA DE DIAMETROS INTERNOS

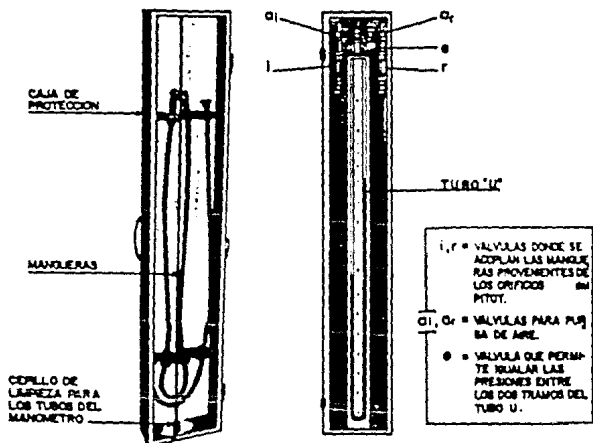


FIG. 8.9. MANOMETRO DE DOBLE COLUMNA (TUBO "U")

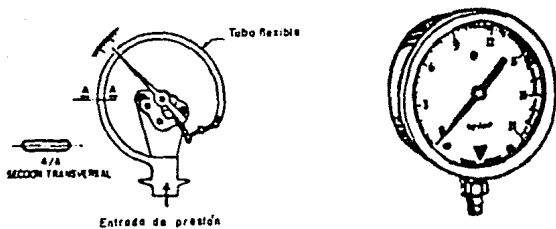


FIG. 8.9. TUBO BOURDON EN "C" Y MANOMETRO

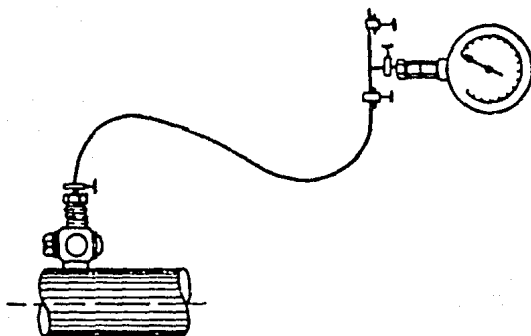


FIG. 8.10. MANOMETRO METALICO ACOPLADO A LA ESTACION PITOMETRICA

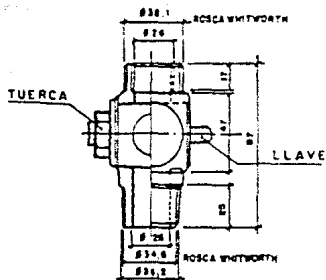


FIG. 8.11. VALVULA DE INSERCIÓN DE 1"

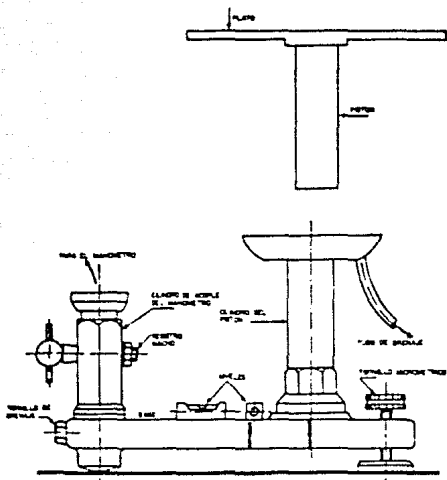
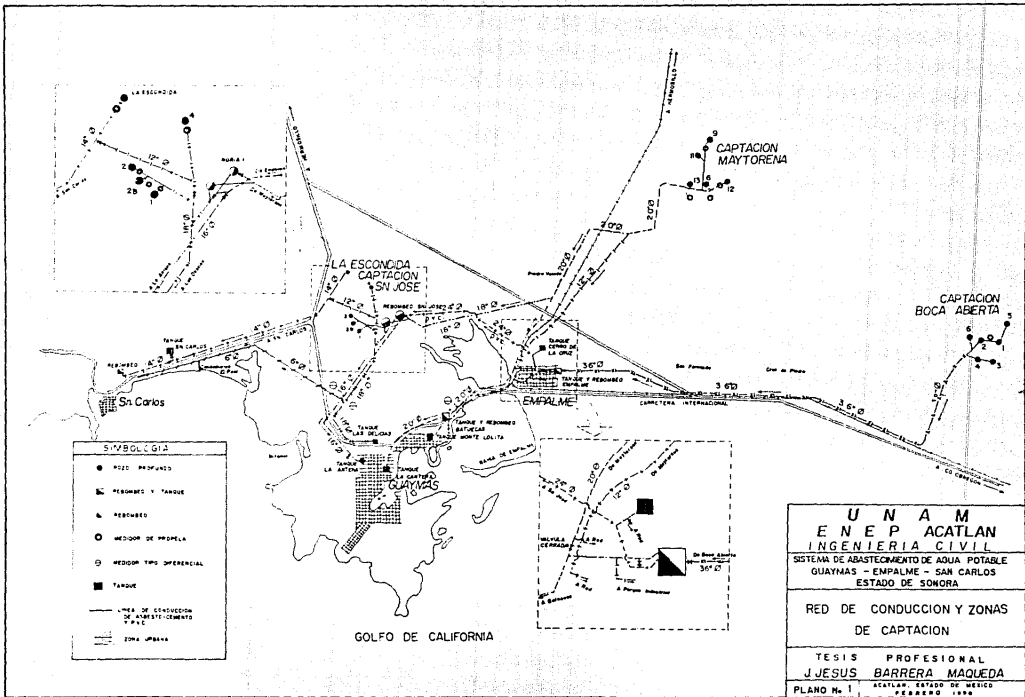


FIG. 8.12. CALIBRADOR DE PRESION TIPO BALANZA DE PESO MUERTO

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Hueb, Augusto J. Pitometría, CEPIS. Perú 1984.
- 2.- Documento técnico de las directrices generales para la formulación del Programa del Control de Pérdidas y Uso Eficiente del Agua en Ciudades (PRONEFA). SARH-IMTA. México 1986.
- 3.- Memorias del taller de Pitometría y Macromedición. IMTA-CNA. Los Berros Edo. Méx. 1989.
- 4.- Molina Skertchly, Leslie. Manual de estructuras de aforo. IMTA. México 1988.
- 5.- Documentos técnicos afines al estudio realizado en Guaymas, Empalme y San Carlos, Son. CNA. México 1990.
- 6.- Análisis de alternativas para abastecimiento de agua potable a Guaymas-Empalme-San Carlos. Gerencia Regional Noroeste, CNA-SGIHUI. Sonora, México 1989.
- 7.- Suministro e instalación de medidores en fuentes de abastecimiento de agua para usos urbanos en la ciudad de Guaymas, Empalme, San Carlos, Son. CNA-SGIHUI. Sonora, México 1989.
- 8.- Estudio hidrométrico de las fuentes de abastecimiento de agua potable en las ciudades de Guaymas, Empalme y San Carlos, Son. IFSA Ingeniería, S. A de C.V.-CNA. México 1990.

- 9.- Metodología para el desarrollo del proyecto de macromedición.
IMTA-SARH-OPS. Mor., México 1988.
- 10.- Sotelo, Gilberto. Hidráulica general. vol. I. México 1979.
- 11.- SABESP. Pitometría aplicada a diagnósticos de sistemas de
abastecimiento de agua potable. Brasil 1970.
- 12.- Lecpold Sybron Corporation. Leopold Simplex pilot equipment.
USA 1972.



SIMBOLOGIA

- POZO PROFUNDO
- RESERVOIRIO Y TANQUE
- RESERVOIRIO
- MEDIDOR DE PRESION
- MEDIDOR TIPO DIFERENCIAL
- TANQUE

— LINEA DE CONDUCCION DE ABASTECIMIENTO P.V.C.

— ZONA URBANA

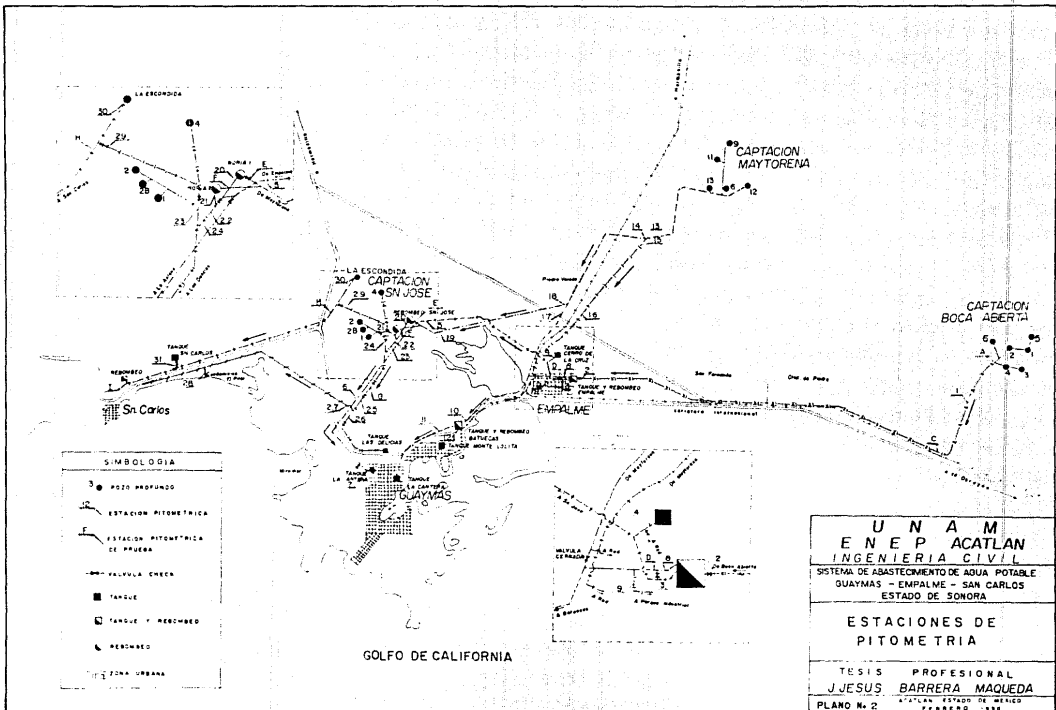
UNAM
ENEP ACATLAN
INGENIERIA CIVIL

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS
 ESTADO DE SONORA

RED DE CONDUCCION Y ZONAS
 DE CAPTACION

TESIS PROFESIONAL
 J JESUS BARRERA MAQUEDA

PLANO No. 1 ACATLAN, ESTADO DE SONORA
 FEBRERO, 1958



SIMBOLOGIA

- 3 ● POZO PROFUNDO
- ESTACION PITOMETRICA
- F ESTACION PITOMETRICA DE PRUEBA
- VALVULA CHECK
- TANGUE
- ▣ TANGUE Y REBOBEO
- ⌒ REBOBEO
- ▭ ZONA URBANA

**UNAM
ENEP ACATLAN
INGENIERIA CIVIL**

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
GUAYMAS - EMPALME - SAN CARLOS
ESTADO DE SONORA

**ESTACIONES DE
PITOMETRIA**

TESIS PROFESIONAL
J. JESUS BARRERA MAQUEDA

ACATLAN, ESTADO DE MEXICO
FEBRERO 1966

PLANO No. 2