



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD ZACATENCO**

---

**INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO  
HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA COLONIA AMPLIACION  
TLACOYAQUE, EN LA DELEGACIÓN ÁLVARO OBREGÓN, EN EL  
DISTRITO FEDERAL.**

Trabajo Terminal  
del Seminario de Titulación

PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N :

C. Ireta Medrano Facundo.  
C. González González Alejandro.  
C. Lobato Espino Adriana Eloisa.  
C. Muñoz Cervantes Mario.  
C. Plascencia Segura Augusto.

ASESORES:

Ing. Sara Carolina de América Mariscal López.  
Ing. Julián Mares Valverde.  
Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas.



México D. F., febrero de 2014.

---

SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
Secretaría Académica  
Dirección de Educación Superior



"2013, Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"  
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"  
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"  
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

México, D. F., a 7 de junio de 2013.  
Oficio: DES/4212/13.

**ING. JULIO EDUARDO MORALES DE LA GARZA  
DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA,  
UNIDAD TICOMÁN DEL  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
PRESENTE**

Con fundamento en los Artículos 33, Fracción VII del Reglamento Orgánico; Artículo 5, Fracción III del Reglamento General de Estudios; Artículo 12 del Reglamento de Titulación Profesional, todos del Instituto Politécnico Nacional, y en respuesta al Oficio No. DET/801/05/13 emitido por la Unidad Académica a su cargo, le comunico que se autoriza la impartición del Seminario de Titulación "Investigación y Modelación Geográfica de un Catastro Hidráulico para un Sistema de Agua":

Registro: DES/ESIA-TIC/2013/010-II/13.  
Duración: 170 horas.  
Periodo: Del 11 de junio al 12 de octubre de 2013.  
Horario: Martes y viernes de 18:00 a 21:00 y sábados de 14:00 a 20:00 horas.  
Sede: ESIA-TIC.  
Coordinador: Ing. Sara Carolina de América Mariscal López, Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas e Ing. Julián Mares Valverde.

Debiendo observar lo siguiente:

Enviar la lista inicial debidamente validada dentro de los primeros 10 días posteriores al inicio del seminario.

Dar a conocer a los participantes el número de vigencia correspondiente, para trámites de titulación ante la DAE.

Al término del seminario enviar la relación de asistencia y evaluación, acompañada por la relación de trabajos terminales.

Cabe señalar que tanto la información emitida para la autorización de vigencia, como los datos de los participantes utilizados en la emisión de constancias, está sustentada en los anexos adjuntos a los Oficios enviados por usted, por lo que solicito verificarla a detalle previamente a su trámite.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

**ATENTAMENTE  
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"**

**DR. EMMANUEL ALEJANDRO MERCHÁN CRUZ**  
DIRECTOR

SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
DIRECCIÓN  
DE EDUCACIÓN SUPERIOR

c.c.p. - M. en C. Dalmy Rosado Moreno - Secretario Académico del IPN  
Lic. Yadra Mariscal Dávila Ugalde - Directora de Administración Escolar del IPN  
Ing. Jorge Cuan Sánchez - Jefe de la División de Operación de Unidades Académicas del IPN  
Expediente  
T-10901

EAMC/E\*MEHG\*PCMG\*par

Av. Luis Enrique Erro s/n Col. Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Del. Gustavo A. Madero, México, D.F.  
C.P. 07738 Tel. 57296000 ext. 50520  
www.ipn.mx, www.des.ipn.mx





Instituto Politécnico Nacional  
 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 UNIDAD ZACATENCO  
 DIRECCIÓN  
 SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA



"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"  
 "80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
 "65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"  
 "50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"  
 "50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

México, D.F. a 25 de junio de 2013  
 D.SAC.1030.VI.2013  
 Asunto: Carta de no inconveniencia

**ING. JULIO EDUARDO MORALES DE LA GARZA**  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE**  
**INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TICOMÁN**  
**DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

PRESENTE

Por este medio, me permito informar a usted, que no existe inconveniente alguno para que el **C. Facundo Ireta Medrano**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No. **2008310242** pueda cursar el Seminario de Titulación denominado **"INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"**, con registro No. **DES/ESIA-TIC/2013/010-II/13**, con sede en ESIA TICOMÁN, durante el periodo del 11 de junio al 12 de octubre de 2013.

Así mismo, solicito a usted atentamente que una vez que el pasante Ireta Medrano, haya cursado y aprobado el Seminario de Titulación de referencia, se le informe que deberá entregar a esta escuela a mi cargo, la constancia de calificaciones con la documentación correspondiente, así como un ejemplar del trabajo terminal (**TESINA**) para continuar con los trámites necesarios para su titulación.

Sin otro particular reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"**



**M. en C. PINO DURÁN ESCAMILLA**  
**DIRECTOR**

ESCUELA SUPERIOR DE  
 INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

c.c.p. M. en C. Ma. del Carmen C. Jiménez Ferrero - Subdirectora Académica de ESIA Unidad Zacatenco.  
 Ing. Rodolfo Granados Aguilar - Jefe de la Unidad Departamental de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada  
 Expediente  
 PDE/MCC/JFIRGA/lob

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738  
 Tel. 57296000 Ext. 53102, esiazac@ipn.mx



**Instituto Politécnico Nacional**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD ZACATENCO**  
**DIRECCIÓN**  
**SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**

"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"  
 "80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
 "65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"  
 "50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"  
 "50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

México, D.F. a 05 de junio de 2013  
 D.SAC.838.VI.2013  
 Asunto: Carta de no inconveniencia

**ING. JULIO EDUARDO MORALES DE LA GARZA**  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE**  
**INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TICOMÁN**  
**DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

PRESENTE

Por este medio, me permito informar a usted, que no existe inconveniente alguno para que el **C. Alejandro González González**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No.2007310389 pueda cursar el Seminario de Titulación denominado **"INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"**, con registro No. **DES/ESIA-TIC/2013/010/13**, con sede en ESIA TICOMÁN, durante el periodo del 03 de mayo al 05 de octubre de 2013.

Así mismo, solicito a usted atentamente que una vez que el pasante González González, haya cursado y aprobado el Seminario de Titulación de referencia, se le informe que deberá entregar a esta escuela a mi cargo, la constancia de calificaciones con la documentación correspondiente, así como un ejemplar del trabajo terminal (**TESINA**) para continuar con los trámites necesarios para su titulación.

Sin otro particular reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"**



**MTRO. PINO DURÁN ESCAMILLA**  
**DIRECTOR**

ESCUELA SUPERIOR DE  
 INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ZACATENCO

c.c.p. M. En C. Ma. del Carmen C. Jiménez Ferrero-Subdirectora Académica de ESIA Unidad Zacatenco.  
 Ing. Rodolfo Granados Aguilar- Jefe de la Unidad Departamental de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada  
 Expediente

PDE/MCCJ/IRGA/lob\*

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738  
 Tel. 57296000 Ext. 53102, esiazac@ipn.mx





"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"  
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"  
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"  
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

México, D.F. a 25 de junio de 2013  
D.SAC.1026.VI.2013  
Asunto: Carta de no inconveniencia

ING. JULIO EDUARDO MORALES DE LA GARZA  
DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TICOMÁN  
DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

PRESENTE

Por este medio, me permito informar a usted, que no existe inconveniente alguno para que la **C. Adriana Eloísa Lobato Espino**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No.2006310297 pueda cursar el Seminario de Titulación denominado "INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA", con registro No. DES/ESIA-TIC/2013/010-II/13, con sede en ESIA TICOMÁN, durante el periodo del 11 de junio al 12 de octubre de 2013.

Así mismo, solicito a usted atentamente que una vez que la pasante Lobato Espino, haya cursado y aprobado el Seminario de Titulación de referencia, se le informe que deberá entregar a esta escuela a mi cargo, la constancia de calificaciones con la documentación correspondiente, así como un ejemplar del trabajo terminal (TESINA) para continuar con los trámites necesarios para su titulación.

Sin otro particular reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"



M. en C. PINO DURÁN ESCAMILLA  
DIRECTOR

ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ZACATENCO

c.c.p. M. en C. Ma. del Carmen C. Jiménez Ferrer - Subdirectora Académica de ESIA Unidad Zacatenco.  
Ing. Rodolfo Granados Aguilar - Jefe de la Unidad Departamental de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada

Expediente

PDE/MCC/JRGA/lob

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738  
Tel. 57296000 Ext. 53102, esiazac@ipn.mx



**Instituto Politécnico Nacional**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD ZACATENCO**  
**DIRECCIÓN**  
**SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**



"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"  
 "60 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
 "65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"  
 "50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"  
 "50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

México, D.F. a 25 de junio de 2013  
 D.SAC.1029.VI.2013  
 Asunto: Carta de no inconveniencia

**ING. JULIO EDUARDO MORALES DE LA GARZA**  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE**  
**INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TICOMÁN**  
**DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

PRESENTE

Por este medio, me permito informar a usted, que no existe inconveniente alguno para que el **C. Mario Muñoz Cervantes**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No. **2004310754** pueda cursar el Seminario de Titulación denominado **"INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"**, con registro No. **DES/ESIA-TIC/2013/010-II/13**, con sede en ESIA TICOMÁN, durante el periodo del 11 de junio al 12 de octubre de 2013.

Así mismo, solicito a usted atentamente que una vez que el pasante Muñoz Cervantes, haya cursado y aprobado el Seminario de Titulación de referencia, se le informe que deberá entregar a esta escuela a mi cargo, la constancia de calificaciones con la documentación correspondiente, así como un ejemplar del trabajo terminal (**TESINA**) para continuar con los trámites necesarios para su titulación.

Sin otro particular reciba un cordial saludo

**ATENTAMENTE**  
**"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"**



**M. en C. PINO DURÁN ESCAMILLA**  
**DIRECTOR**  
 ESCUELA SUPERIOR DE  
 INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ZACATENCO  
 DIRECCIÓN

c.c.p. M. en C. Ma. del Carmen C. Jiménez Ferrero-Subdirectora Académica de ESIA Unidad Zacatenco.  
 Ing. Rodolfo Granados Aguilar- Jefe de la Unidad Departamental de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada  
 Expediente

PDE/MCC/JF/RGA/06

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738  
 Tel. 57296000 Ext. 53102, esiazac@ipn.mx





**Instituto Politécnico Nacional**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD ZACATENCO**  
**DIRECCIÓN**  
**SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**



"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"  
 "80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
 "65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"  
 "50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"  
 "50 Aniversario del CECYT 7 Cuauhtémoc"

México, D.F. a 25 de junio de 2013  
 D.SAC.1048.VI.2013  
 Asunto: Carta de no inconveniencia

**ING. JULIO EDUARDO MORALES DE LA GARZA**  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE**  
**INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TICOMÁN**  
**DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

PRESENTE

Por este medio, me permito informar a usted, que no existe inconveniente alguno para que el **C. Augusto Plascencia Segura**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No. **2006311286** pueda cursar el Seminario de Titulación denominado **"INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"**, con registro No. **DES/ESIA-TIC/2013/010-II/13**, con sede en ESIA TICOMÁN, durante el periodo del 11 de junio al 12 de octubre de 2013.

Así mismo, solicito a usted atentamente que una vez que el pasante Plascencia Segura, haya cursado y aprobado el Seminario de Titulación de referencia, se le informe que deberá entregar a esta escuela a mi cargo, la constancia de calificaciones con la documentación correspondiente, así como un ejemplar del trabajo terminal (**TESINA**) para continuar con los trámites necesarios para su titulación.

Sin otro particular reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"**



**M. en C. PINO DURÁN ESCAMILLA**  
**DIRECTOR**  
 ESCUELA SUPERIOR DE  
 INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ZACATENCO

c.c.p. M. en C. Ma. del Carmen C. Jiménez Ferrero-Subdirectora Académica de ESIA Unidad Zacatenco.  
 Ing. Rodolfo Granados Aguilar- Jefe de la Unidad Departamental de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada  
 Expediente

PDEMCCJF/RGA/lob\*

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738  
 Tel. 57296000 Ext. 53102, esiazac@ipn.mx









PERIODO: 11 de junio al 12 de octubre de 2013

ESUELA: ESIA Ticomán

SEMINARIO: Investigación y modelación geográfica de un catastro hidráulico para un sistema de agua

EXPOSITOR(ES): Sara Carolina de América Mariscal López (SCAML), Julian Mares Valverde (JMV), Miguel Ángel Godínez Rojas (MAGR)

DURACIÓN: 170 hrs

DÍAS/HORARIO: Martes, viernes y sábado.

SIGLAS DEL EXPOSITOR	TEMAS A PRESENTAR	SESION:							Observaciones												
		MES (mm):																			
		DÍA (dd):																			
		31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12
		Septiembre							Octubre												
SCAML	Módulo I. Métodos de levantamiento																				
SCAML	Instrumental topográfico-geodésico																				
SCAML	Conceptos de superficies de referencia																				
SCAML	Sistema de coordenadas																				
SCAML	Metodología de levantamientos topográficos																				
SCAML	Metodología de levantamientos geodésicos																				
MAGR	Módulo II Sistema de agua																				
MAGR	Definir que es un sistema de agua y cual es su función																				
MAGR	Identificar los componentes que integran un sistema de agua																				
MAGR	Clasificación de las estructuras, según su ubicación ó material de construcción																				
MAGR	Visita a campo para identificación de estructuras de sistemas de agua																				
JMV	Módulo III Sistemas de información geográfica																				
JMV	El concepto SIG																				
JMV	Etapas de implementación de un SIG																				
JMV	Modelos Vectoriales y Raster																				
JMV	Aplicaciones de los SIG / Servidores de Mapas en la WEB																				
JMV	Módulo IV Modelación geográfica del sistema de agua																				
JMV	Taller introductorio a ArcGIS																				
SCAML, JMV	Elección del método de levantamiento y definición de los diccionarios de datos																				
JMV	Análisis, estandarización y procesamiento de los datos de campo																				
JMV, MAGR	Modelación de la Base de Datos Geográfica																				
SCAML, JMV, MAGR	Generación de Consultas y Diseño de Reportes																				
	Generación de Informe																				

FIRMA DEL COORDINADOR

FIRMA Y SELLO DE LA SUBDIRECCION ACADÉMICA

ESCUELA SUPERIOR

U  
SUBDII

SEP

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TICOMAN



2013, Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano  
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"  
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"  
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

ESCUELA: Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán

SEMINARIO: Investigación y Modelación Geográfica de un Catastro Hidráulico para un Sistema de Agua DURACIÓN: 170Hrs.

PERIODO: del 11 de junio al 12 de octubre de 2013 DÍAS Y HORARIO: Martes y viernes de 18:00 a 21:00, y sábados de 14:00 a 20:00 horas

VIGENCIA O REGISTRO: DES/ESIA-TIC/2013/010II/13 SEDE: ESIA Unidad Ticomán

EXPOSITOR(ES) y No. de HRS.: Ing. Sara Carolina de América Mariscal López(56 hrs.); Ing. Julián Mares Valverde (57 hrs.); Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas (57 hrs.)

NÚM.	APELLIDO PATERNO	APELLIDO MATERNO	NOMBRE(S)		NO. DE BOLETA	% ASIST.	CALIFICACIÓN	
							LETRA	NÚM.
1	Castillo	Rea	Juan	Antonio	2005310071	96	Nueve	9
2	Chacón	Guerrero	Diego		2007310190	98	Diez	10
3	Díaz	Reyes	Ana	Laura	2005310105	94	Nueve	9
4	Fernández	Guzmán	Antonio	Thonatiu	2004310026	94	Nueve	9
5	García	Marmolejo	Pablo		2004310226	93	Ocho	8
6	García	Merino	Luis	Ángel	2008310873	96	Nueve	9
7	García	Saldaña	Marco	Antonio	2004310913	100	Diez	10
8	García	Maturano	Pierre		2007310349	96	Nueve	9
9	González	González	Alejandro		2007310389	96	Nueve	9
10	González	Salinas	Manuel		2007310405	100	Nueve	9
11	Hernández	Rodríguez	Luis	Ricardo	2006310145	93	Ocho	8
12	Ireta	Medrano	Facundo		2008310242	93	Nueve	9
13	Labra	Cedro	Juan	Carlos	93200056	72	Seis	6
14	Lobato	Espino	Adriana	Eloísa	2006310297	96	Nueve	9
15	Melchor	Cercas	Florencio	Antonio	2006390206	91	Ocho	8
16	Montañez	Moxca	Ana	Miriam	2005310868	94	Nueve	9
18	Montes	Pérez	Alfredo		2007310703	100	Diez	10
19	Muñoz	Cervantes	Mario		2004310754	98	Nueve	9
20	Nava	Rodríguez	Carlos	Alberto	2007310740	94	Ocho	8
21	Olguín	García	Salomón	Samuel	2005310338	100	Diez	10
17	Pérez	Merino	Julio	Alberto	2008310977	94	Ocho	8
22	Pérez	Moreno	Curicabel	Julio	2006310363	100	Diez	10
23	Plascencia	Segura	Augusto		2006311286	94	Nueve	9
24	Ramirez	Taniguchi	Juan		2008311215	91	Nueve	9
25	Rivera	Sampedro	Álvaro		2005310393	94	Nueve	9
26	Sierra	Solís	Bolívar	Alberto	2007311026	91	Nueve	9
27	Trejo	Ruiz	Marisela	Yazmín	2007311511	100	Diez	10
28	Trinidad	Nazario	Iván		2005310634	64	N/P	N/P
29								
30								

Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas  
COORDINADOR

M. en C. Eduardo Pérez Flores  
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

SELLO  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA • O • MEXICO  
ESIA  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA • UNIDAD TICOMAN

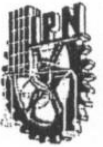


SEP

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TICOMÁN



2013, Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano  
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"  
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"  
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

ESCUELA: Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán  
SEMINARIO: Investigación y Modelación Geográfica de un Catastro Hidráulico para un Sistema de Agua DURACIÓN: 170Hrs.  
PERIODO: del 11 de junio al 12 de octubre de 2013 DÍAS Y HORARIO: Martes y viernes de 18:00 a 21:00, y sábados de 14:00 a 20:00 horas  
VIGENCIA O REGISTRO: DES/ESIA-TIC/2013/010II/13 SEDE: ESIA Unidad Ticomán  
EXPOSITOR(ES) y No. de HRS.: Ing. Sara Carolina de América Mariscal López(56 hrs.); Ing. Julián Mares Valverde (57 hrs.); Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas (57 hrs.)

No. DE EQUIPO	TÍTULO DEL TRABAJO	PARTICIPANTES			
II-01	Investigación y modelación geográfica de un catastro hidráulico para un sistema de agua potable en la localidad de Zacualpan, Tlaxcala	Fernández	Guzmán	Antonio	Thonatiu
II-02	Investigación y modelación geográfica de un catastro hidráulico para un sistema de agua, Residencial Sauces, Municipio de Ayala, Morelos.	Chacón Montes	Guerrero Pérez	Diego	Alfredo
II-03	Sistema de información geográfica con fines de mantenimiento y operación de la red de agua potable y alcantarillado del fraccionamiento "Ciudad Hábitat" ubicado en la ciudad de Iguala de la Independencia, Guerrero	Castillo García González Pérez Ramírez Sierra	Rea Maturano Salinas Merino Taniguchi Solís	Juan Pierre Manuel Julio Juan Bolívar	Antonio   Alberto  Alberto
II-04	Investigación y modelación geográfica de un catastro hidráulico para un sistema de agua; Sector 1 de la Delegación Gustavo A. Madero.	García Montañez	Merino Moxca	Luis Ana	Ángel Miriam
II-05	Investigación y modelación de un catastro hidráulico para un sistema de agua potable de la población de Pilcaya, Guerrero.	García Hernández Melchor Nava	Marmolejo Rodríguez Cercas Rodríguez	Pablo Luis Florencio Carlos	Ricardo Antonio Alberto
II-06	Investigación y modelación de un catastro hidráulico para un sistema de agua potable y alcantarillado sanitario de la Universidad Metropolitana, Unidad Iztapalapa	García Olguín Pérez Trejo	Saldaña García Moreno Ruiz	Marco Salomón Curicabel Marisela	Antonio Samuel Julio Yazmín
II-07	Modelación geográfica de un catastro hidráulico aplicado al sector 10 Educación de la Delegación Coyoacán	Rivera	Sampedro	Álvaro	
II-08	Investigación y modelación de un catastro hidráulico para un sistema de agua, en la colonia Ampliación Tlacoyaque, en la Delegación Álvaro Obregón, en el Distrito Federal	González Ireta Lobato Muñoz Plascencia	González Medrano Espino Cervantes Segura	Alejandro Facundo Adriana Mario Augusto	Eloísa
II-09	Investigación y modelación de un catastro hidráulico para una red de agua potable para la colonia El Agostadero ubicada en Valle de Chalco en el Estado de México.	Díaz	Reyes	Ana	Laura
II-10	Investigación y modelación de un catastro hidráulico para un sistema de agua aplicado en una línea de conducción.	Labra	Cedro	Juan	Carlos
II-11	(Trabajo no presentado)	Trinidad	Nazario	Iván	

AUTORIZACIONES

Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas  
COORDINADOR DEL SEMINARIO

C. Matilde Diosdado Valdés  
ENCARGADA DEL DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN  
DEPICFM/DDD/BEPG/SLG /11

Ing. Ma. Elda Ordaz Ayala  
JEFE DEL DEPTO. ACADÉMICO

M en C. Eduardo Pérez Flores  
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



UNIDAD TICOMÁN  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
Secretaría Académica  
Dirección de Educación Superior



Otorga la presente

## CONSTANCIA

a

### Ireta Medrano Facundo

Por su participación en el Seminario de Titulación

### "INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"

Duración 170 horas

REGISTRO  
DES/ESIA-TIC/2013/010-II/13

CALIFICACIÓN  
9 ( NUEVE)

PERÍODO  
11/06/13 AL 12/10/13

SEDE  
ESIA-TIC

Con fundamento en el Artículo 33, Fracción VII del Reglamento Orgánico; Artículo 5, Fracción III del Reglamento General de Estudios; Artículo 12 del Reglamento de Titulación Profesional, todos del Instituto Politécnico Nacional, se expide la presente, para efectos de titulación, en la Ciudad de México, Distrito Federal; a los **dos días** del mes de **diciembre** del año **dos mil trece**.

ATENTAMENTE  
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

  
DR. EMMANUEL ALEJANDRO MERCHÁN CRUZ  
DIRECTOR

SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
DIRECCIÓN  
DE EDUCACIÓN SUPERIOR

EAMC\*ALE\*MEHG\*pcmg

Documento válido al día 2/diciembre/2014



SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
Secretaría Académica  
Dirección de Educación Superior



Otorga la presente

## CONSTANCIA

a

**González González Alejandro**

Por su participación en el Seminario de Titulación

**“INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN  
CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA”**

Duración 170 horas

REGISTRO	CALIFICACIÓN	PERÍODO	SEDE
DES/ESIA-TIC/2013/010-II/13	9 (NUEVE)	11/06/13 AL 12/10/13	ESIA-TIC

Con fundamento en el Artículo 33, Fracción VII del Reglamento Orgánico; Artículo 5, Fracción III del Reglamento General de Estudios; Artículo 12 del Reglamento de Titulación Profesional, todos del Instituto Politécnico Nacional, se expide la presente, para efectos de titulación, en la Ciudad de México, Distrito Federal; a los dos días del mes de diciembre del año dos mil trece.

ATENTAMENTE

“LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA”



SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
DIRECCIÓN  
DE EDUCACIÓN SUPERIOR

**DR. EMMANUEL ALEJANDRO MERCHÁN CRUZ**  
DIRECTOR

EAMC\*\*MEHG\*pcmg

Documento válido al día 2/diciembre/2014

**SEP**

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
Secretaría Académica  
Dirección de Educación Superior



Otorga la presente

## CONSTANCIA

a

**Lobato Espino Adriana Eloísa**

Por su participación en el Seminario de Titulación

**"INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN  
CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"**

Duración 170 horas

REGISTRO  
DES/ESIA-TIC/2013/010-II/13

CALIFICACIÓN  
9 (NUEVE)

PERÍODO  
11/06/13 AL 12/10/13

SEDE  
ESIA-TIC

Con fundamento en el Artículo 33, Fracción VII del Reglamento Orgánico; Artículo 5, Fracción III del Reglamento General de Estudios; Artículo 12 del Reglamento de Titulación Profesional, todos del Instituto Politécnico Nacional, se expide la presente, para efectos de titulación, en la Ciudad de México, Distrito Federal; a los dos días del mes de diciembre del año dos mil trece.

ATENTAMENTE

"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
DIRECCIÓN  
DE EDUCACIÓN SUPERIOR

  
DR. EMMANUEL ALEJANDRO MERCHÁN CRUZ  
DIRECTOR

EAMC\*ALE\*MEHG\*pcmg

Documento válido al día 2/diciembre/2014



SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
Secretaría Académica  
Dirección de Educación Superior



Otorga la presente

## CONSTANCIA

a

### Muñoz Cervantes Mario

Por su participación en el Seminario de Titulación

### “INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA”

Duración 170 horas

REGISTRO	CALIFICACIÓN	PERÍODO	SEDE
DES/ESIA-TIC/2013/010-II/13	9 (NUEVE)	11/06/13 AL 12/10/13	ESIA-TIC


Con fundamento en el Artículo 33, Fracción VII del Reglamento Orgánico; Artículo 5, Fracción III del Reglamento General de Estudios; Artículo 12 del Reglamento de Titulación Profesional, todos del Instituto Politécnico Nacional, se expide la presente, para efectos de titulación, en la Ciudad de México, Distrito Federal; a los **dos** días del mes de **diciembre** del año **dos mil trece**.

ATENTAMENTE

“LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA”



SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
DIRECCIÓN  
DE EDUCACIÓN SUPERIOR

  
DR. EMMANUEL ALEJANDRO MERCHÁN CRUZ  
DIRECTOR

EAMC\*\*MEHG\*pcmg

Documento válido al día 2/diciembre/2014

Av. Luis Enrique Erro s/n Col. Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”, Del. Gustavo A. Madero, México, D.F.,

C.P. 07738 Tel. 57296000 ext. 50520

www.ipn.mx , www.des.ipn.mx



**SEP**

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
Secretaría Académica  
Dirección de Educación Superior



Otorga la presente

## CONSTANCIA

a

### Plascencia Segura Augusto

Por su participación en el Seminario de Titulación

#### "INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"

Duración 170 horas

REGISTRO  
DES/ESIA-TIC/2013/010-II/13

CALIFICACIÓN  
9 (NUEVE)

PERÍODO  
11/06/13 AL 12/10/13


SEDE  
ESIA-TIC

Con fundamento en el Artículo 33, Fracción VII del Reglamento Orgánico; Artículo 5, Fracción III del Reglamento General de Estudios; Artículo 12 del Reglamento de Titulación Profesional, todos del Instituto Politécnico Nacional, se expide la presente, para efectos de titulación, en la Ciudad de México, Distrito Federal; a los dos días del mes de diciembre del año dos mil trece.

ATENTAMENTE

"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
DIRECCIÓN  
DE EDUCACIÓN SUPERIOR

  
DR. EMMANUEL ALEJANDRO MERCHÁN CRUZ  
DIRECTOR

E  
EAMC\*ALE\*MEHG\*pcmg

Documento válido al día 2/diciembre/2014



SEP

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD ZACATENCO  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
DEPTO. DE FORMACIÓN PROFESIONAL EN INGENIERÍA APLICADA



"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"  
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"  
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"  
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

F3

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA U. ZAC.  
**RECIBIDO**  
05 FEB 2014  
SUBDIRECCION ACADEMICA

Asunto: Solicitud de titulación  
Para la Opción de Seminario

México D.F., a 4 de Febrero de 2014

**MA. DEL CARMEN C. JIMÉNEZ FERRERO**  
NOMBRE DE LA SUBDIRECTORA ACADÉMICA  
DE LA ESIA U. ZACATENCO  
P r e s e n t e

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Facundo Ireta Medrano con número de boleta 2008310242, se solicita la fecha del acto de titulación correspondiente, por lo que se anexa el Acta de la Comisión Revisora del trabajo terminal y se propone el siguiente jurado, conforme al capítulo VI del Reglamento de Titulación Profesional del IPN.

Presidente

Ing. Angel Díaz Díaz

Secretario

Ing. Rosalía Pérez Delgado

Primer Vocal

M. en C. María del Rosario Mendoza González

Segundo Vocal

Ing. Jorge Zavala Aguilera

Tercer Vocal

Ing. Raúl Manjarrez Angeles

Suplente

Ing. Isela Aguayo Gómez

ATENTAMENTE

Ing. Rosalía Pérez Delgado

Presidente de la Academia de Hidráulica

c.c.p. Jefe del Departamento de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada.  
Pasante.

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738  
Tel. 57296000 Ext. 53078

SEP

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD ZACATENCO  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
DEPTO. DE FORMACIÓN PROFESIONAL EN INGENIERÍA APLICADA



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA U. ZAC  
**RECIBIDO**

05 FEB 2014

SUBDIRECCION ACADÉMICA

"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"  
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"  
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"  
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"  
F3

Asunto: Solicitud de titulación  
Para la Opción de Seminario

México D.F., a 4 de Febrero de 2014

**MA. DEL CARMEN C. JIMÉNEZ FERRERO**  
NOMBRE DE LA SUBDIRECTORA ACADÉMICA  
DE LA ESIA U. ZACATENCO  
P r e s e n t e .

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Alejandro González González con número de boleta 2007310389, se solicita la fecha del acto de titulación correspondiente, por lo que se anexa el Acta de la Comisión Revisora del trabajo terminal y se propone el siguiente jurado, conforme al capítulo VI del Reglamento de Titulación Profesional del IPN.

Presidente

Ing. Angel Díaz Díaz

Secretario

Ing. Rosalia Pérez Delgado

Primer Vocal

M. en C. María del Rosario Mendoza González

Segundo Vocal

Ing. Jorge Zavala Aguilera

Tercer Vocal

Ing. Raúl Manjarrez Angeles

Suplente

Ing. Isela Aguayo Gómez

ATENTAMENTE

Ing. Rosalia Pérez Delgado

Presidente de la Academia de Hidráulica

c.c.p. Jefe del Departamento de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada.  
Pasante.

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738  
Tel. 57296000 Ext. 53078





"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"  
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"  
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"  
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

F3

Asunto: Solicitud de titulación  
Para la Opción de Seminario

México D.F., a 4 de Febrero de 2014

**MA. DEL CARMEN C. JIMÉNEZ FERRERO**  
NOMBRE DE LA SUBDIRECTORA ACADÉMICA  
DE LA ESIA U. ZACATENCO  
P r e s e n t e

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Adriana Eloisa Lobato Espino con número de boleta 2006310297, se solicita la fecha del acto de titulación correspondiente, por lo que se anexa el Acta de la Comisión Revisora del trabajo terminal y se propone el siguiente jurado, conforme al capítulo VI del Reglamento de Titulación Profesional del IPN.

Presidente

  
Ing. Ángel Díaz Díaz


Secretario

  
Ing. Rosalía Pérez Delgado

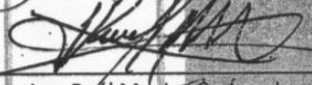
Primer Vocal

M. en C. María del Rosario Mendoza González


Segundo Vocal

  
Ing. Jorge Zavala Aguilera


Tercer Vocal

  
Ing. Raúl Manjarrés Ángeles

Suplente

  
Ing. Iseia Aguayo Gómez

ATENTAMENTE

  
Ing. Rosalía Pérez Delgado

Presidente de la Academia de Hidráulica

c.c.p. Jefe del Departamento de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada.  
Pasante.



"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"  
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"  
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"  
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"  
F3

REC 05 FEB 2014  
SUBDIR ACAD  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA U. ZAC

Asunto: Solicitud de titulación para la Opción de Seminario

México D.F., a 4 de Febrero de 2014

**MA. DEL CARMEN C. JIMÉNEZ FERRERO**  
NOMBRE DE LA SUBDIRECTORA ACADÉMICA  
DE LA ESIA U. ZACATENCO  
P r e s e n t e

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Mario Muñoz Cervantes con número de boleta 2004310754, se solicita la fecha del acto de titulación correspondiente, por lo que se anexa el Acta de la Comisión Revisora del trabajo terminal y se propone el siguiente Jurado, conforme al capítulo VI del Reglamento de Titulación Profesional del IPN.

Presidente	
Secretario	
Primer Vocal	
Segundo Vocal	
Tercer Vocal	
Suplente	

ATENTAMENTE

Ing. Rosalía Pérez Delgado

Presidente de la Academia de Hidráulica

c.c.p. Jefe del Departamento de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada.  
Pasante.



SEP

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD ZACATENCO  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
DEPTO. DE FORMACIÓN PROFESIONAL EN INGENIERÍA APLICADA



ESQUEMA DE  
INGENIERIA Y ARQUITECTURA U. ZAC.  
**RECIBIDO**  
05 FEB 2014  
SUBDIRECCION  
ACADEMICA

"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"  
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"  
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"  
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

F3

Asunto: Solicitud de titulación  
Para la Opción de Seminario

México D.F., a 4 de Febrero de 2014

**MA. DEL CARMEN C. JIMÉNEZ FERRERO**  
NOMBRE DE LA SUBDIRECTORA ACADÉMICA  
DE LA ESIA U. ZACATENCO  
P r e s e n t e

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Augusto Plascencia Segura con número de boleta 2006311286, se solicita la fecha del acto de titulación correspondiente, por lo que se anexa el Acta de la Comisión Revisora del trabajo terminal y se propone el siguiente Jurado, conforme al capítulo VI del Reglamento de Titulación Profesional del IPN.

Presidente

Ing. Ángel Díaz Díaz

Secretario

Ing. Rosalía Pérez Delgado

Primer Vocal

M. en C. María del Rosario Mendoza González

Segundo Vocal

Ing. Jorge Zavala Aguilera

Tercer Vocal

Ing. Raúl Manjarrez Angeles

Suplente

Ing. Iseja Aguayo Gómez

ATENTAMENTE

Ing. Rosalía Pérez Delgado

Presidente de la Academia de Hidráulica

c.c.p. Jefe del Departamento de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada.  
Pasante.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE CUADROS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
RESUMEN .....	2
INTRODUCCIÓN .....	4
JUSTIFICACIÓN .....	6
OBJETIVOS .....	8
MODULO I.....	9
1. MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO .....	10
1.1 Instrumental Topógrafo-Geodésico.....	10
1.1.1 Elementos de los instrumentos topográficos .....	10
1.1.1.1 Trípodes .....	10
1.1.1.2 Plomadas.....	10
1.1.2 Elementos fundamentales .....	11
1.1.2.1 Niveles.....	11
1.1.2.2 Anteojo .....	11
1.1.2.3 Objetivo .....	12
1.1.2.4 Hilos del retículo .....	12
1.1.2.5 Ocular .....	12
1.1.2.6 Tornillo de fijación y de movimiento lento .....	13
1.1.2.7 Limbos .....	13
1.1.2.8 Micrómetro.....	13
1.1.3 Equipo topográfico .....	13
1.1.3.1 Brújula .....	13
1.1.3.2 Goniómetro .....	14
1.1.3.3 Teodolito.....	15
1.1.3.4 Transito.....	16
1.1.3.5 Estación Total.....	16
1.1.3.6 GPS .....	17
1.2 Conceptos de Superficies de Referencia .....	17





1.2.1 El Elipsoide .....	17
1.2.2 La esfera local .....	18
1.2.3 El geoide .....	18
1.2.4 El Datum .....	19
1.3 Sistema de Coordenadas.....	19
1.3.1 Coordenadas geográficas.....	19
1.3.2 Sistema de coordenadas geodésicas .....	20
1.3.3 Sistema de coordenadas astronómicas .....	20
1.3.4 Proyecciones .....	21
1.3.4.1 Proyecciones cónicas .....	21
1.3.4.2 Proyección Universal Transversal Mercator (UTM) .....	21
1.4 Metodología de levantamientos topográficos.....	22
1.4.1 Clases de levantamientos.....	22
1.4.2 Métodos Topográficos Directos .....	22
1.4.2.1 Métodos Planimétricos .....	23
1.4.2.2 Métodos Altimétricos .....	23
1.4.3 Métodos basados en medidas angulares .....	23
1.4.3.1 Triangulación .....	23
1.4.4 Metodología de levantamiento .....	24
1.4.4.1 Método de direcciones.....	24
1.4.4.2 Método de repeticiones .....	25
1.4.4.3 Método de intersección.....	26
1.4.5 Métodos basados en la medida de ángulos y distancias .....	28
1.4.5.1 Trazo de poligonales por rumbos .....	28
1.4.5.2 Trazo de poligonales por ángulos interiores .....	29
1.4.5.3 Trazo de poligonales por ángulos exteriores .....	29
1.4.5.4 Conservación de Azimutes .....	30
1.4.5.5 Método de radiación .....	30
1.4.6 Métodos altimétricos .....	31
1.4.6.1 Nivelación directa o topográfica.....	31
1.4.6.2 Nivelación Barométrica .....	31



1.4.6.3 Nivelación trigonométrica .....	31
1.4.6.4 Nivelación diferencial .....	32
1.4.7 Métodos indirectos .....	33
1.4.7.1 Percepción remota.....	33
1.4.7.2 Fotogrametría .....	35
1.5 Metodología de levantamientos geodésicos .....	37
1.5.1 Triangulación .....	37
1.5.2 Trilateración .....	37
1.5.3 Triangulateración .....	37
1.5.4 Poligonación .....	37
1.5.5 Método Astronómico .....	37
1.5.6 Método Inercial .....	38
1.5.7 Técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global .....	38
1.5.8 Diferencia entre métodos de Topografía y Geodesia.....	38
MODULO II.....	39
2. SISTEMA DE AGUA .....	40
2.1 Definición de un sistema de agua y cuál es su función.....	40
2.2 Partes que consta un sistema de abastecimiento de agua .....	40
2.2.1 Obras de captación.....	40
2.2.2 Captación de Aguas Superficiales .....	41
2.3 Línea de Conducción .....	44
2.3.1 Clasificación de la Línea de Conducción .....	45
2.4 Línea de Conducción .....	46
2.4.1 Componentes de una Línea de Conducción .....	46
2.5 Obra de regularización.....	49
2.5.1 Clasificación de Tanques.....	50
2.6 Red de distribución .....	52
2.6.1 Componentes de una red de distribución .....	52
2.6.2 Características de Redes de distribución .....	55
2.6.3 División de una Red de Distribución .....	55
2.6.4 Formas de Distribución.....	57





2.7 Potabilización .....	58
2.7.1 Límites permisibles de calidad del Agua.....	58
2.7.2 Tratamientos para la Potabilización del Agua.....	62
2.7.2.1 Cloración .....	62
2.7.2.2 Ozonización .....	63
2.7.2.3 Filtración .....	63
2.7.2.4 Aeración .....	64
2.7.2.5 Coagulación química .....	64
2.7.2.6 Adsorción sobre carbón activado.....	65
2.7.2.7 Intercambio de iones .....	65
2.8 Alcantarillado sanitario .....	66
2.8.1 Componentes de un Sistema de Alcantarillado .....	66
2.8.2 Modelos de trazo de atarjeas.....	69
2.9 Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales .....	70
2.9.1 Tipos de Aguas Residuales .....	71
2.9.2 Tipos de Contaminantes .....	71
2.9.3 Clasificación de los contaminantes.....	72
2.9.4 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales .....	72
2.9.5 Normas que deben de cumplir las Plantas de Tratamiento .....	72
2.9.6 Estructuras que componen las PTAR's .....	75
2.9.6.1 Pretratamiento .....	75
2.9.6.2 Tratamiento primario.....	76
2.9.6.3 Tratamiento secundario .....	79
2.9.6.4 Tipos de reactores Biológicos.....	80
2.9.6.5 Tratamiento terciario o desinfección .....	84
2.9.6.6 Manejo de Lodos .....	86
2.10 Organismos operadores de agua.....	87
2.10.1 Misión .....	88
2.10.2 Principales leyes, normas y reglamentos .....	88
2.10.3 Principios de trabajo .....	89
2.10.4 Funciones operativas .....	89



2.10.5	Responsabilidades .....	89
MODULO III.....		91
3.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	92
3.1	Generalidades.....	92
3.1.1	El concepto SIG .....	92
3.1.2	Componentes de un SIG .....	93
3.1.2.1	Equipos (Hardware).....	93
3.1.2.2	Programas (Software).....	93
3.1.2.3	Datos .....	94
3.1.2.4	Personal .....	94
3.1.2.5	Métodos.....	94
3.1.3	Funciones de los componentes de un SIG .....	95
3.1.4	Representación de la información de un SIG .....	96
3.1.4.1	Punto .....	96
3.1.4.2	Línea.....	96
3.1.4.3	Polígono .....	97
3.2	Etapas de implementación de un SIG.....	97
3.2.1	Entrada de datos.....	97
3.2.2	Manipulación y análisis .....	98
3.2.3	Salida y presentación de resultados .....	98
3.3	Modelos vectoriales y raster .....	99
3.3.1	Formatos ráster y vectorial .....	99
3.3.2	Ventajas y Desventajas Modelo Raster y Vector .....	101
3.3.4	Topología.....	102
3.4	Aplicaciones de los SIG/ servidores de mapas en la WEB. ....	102
3.4.1	Los SIG en Internet.....	102
3.4.2	Servicios de los SIG.....	103
3.4.3	Modelo entidad relación del servidor de mapas WEB.....	104
MODULO IV .....		105
4.1	MODELACIÓN GEOGRÁFICA DEL SISTEMA DE AGUA. ....	106
4.1	Alcances. ....	106





4.2 Metodología .....	106
4.2.1 Elección del método de levantamiento. ....	111
4.2.1.1 Recopilación, análisis y verificación de la información.....	111
4.3 Definición de diccionario de datos. ....	116
4.3.1 Argis y ArcView Gis. ....	118
4.3.2 Creación de Shapes. ....	123
4.4 Generación de consultas y diseño de reportes.....	129
4.4.1 Tipos de selección y casos prácticos. ....	130
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	152
BIBLIOGRAFÍA .....	155

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Plomada de gravedad .....	15
Figura 1. 2 Brújula de mano .....	15
Figura 1. 3 Partes de un Teodolito .....	15
Figura 1. 4 Estación total.....	16
Figura 1. 5 Representación gráfica del geoide .....	18
Figura 1. 6 Orientación del datum .....	19
Figura 1. 7 Coordenadas geodésicas.....	20
Figura 1. 8 Triangulación topográfica .....	24
Figura 1. 9 Método de direcciones .....	25
Figura 1. 10 Método de repeticiones .....	26
Figura 1. 11 Intersección directa .....	26
Figura 1. 12 Solución a la intersección inversa simple .....	27
Figura 1. 13 Poligonal cerrada con ángulos interiores .....	29
Figura 1. 14 Poligonal abierta con ángulos exteriores.....	29
Figura 1. 15 Radiaciones .....	30
Figura 1. 16 Banco de nivel.....	31
Figura 1. 17 Nivelación trigonométrica .....	32



Figura 1. 18 Metodología para el procesamiento de imágenes satelitales.....	32
Figura 1. 19 Realce .....	35
Figura 1. 20 Restituidor analógico.....	36
Figura 1. 21 Método intersección directa .....	36
Figura 2. 1 Captación directa con bomba centrífuga horizontal.....	41
Figura 2. 2 Detalle de una galería de infiltración .....	43
Figura 2. 3 Esquema de pozos artesianos .....	44
Figura 2. 4 Línea de conducción con entrega del agua a un tanque de regulación .....	45
Figura 2. 5 Línea de conducción con entrega del agua a la red de distribución.....	45
Figura 2. 6 Tipos de válvulas.....	47
Figura 2. 7 Piezas especiales de Fierro fundido.....	49
Figura 2. 8 Tipos de tanques elevados .....	51
Figura 2. 9 Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable .....	52
Figura 2. 10 Red secundaria convencional .....	56
Figura 2. 11 Red secundaria en dos planos.....	56
Figura 2. 12 Red secundaria convencional en bloques.....	57
Figura 2. 12 Distribución por gravedad .....	57
Figura 2. 14 Diagrama de flujo de una planta de tratamiento convencional para agua potable .....	62
Figura 2. 15 Descarga domiciliaria con tubería de PVC.....	67
Figura 2. 16 Conexión hermética de pozo de visita con tubería.....	67
Figura 2. 17 Trazo de la red de atarjeas en bayoneta.....	69
Figura 2. 18 Trazo de la red de atarjeas en peine.....	70
Figura 2. 19 Trazo de la red de atarjeas combinado .....	70
Figura 2. 20 Foto de rejilla.....	76
Figura 2. 21 Dimensiones de los sólidos suspendidos, coloidales y disueltos .....	76
Figura 2. 22 Planta típica de Tratamiento de aguas residuales Tipo Primario .....	77
Figura 2. 23 Planta de tratamiento del tipo primario avanzado o fisicoquímico.....	77
Figura 2. 24 Tren Industrial de Tratamiento Primario .....	78
Figura 2. 25 Productos finales de la digestión anaerobia y aerobia .....	80
Figura 2. 26 Clasificación de los reactores.....	81





Figura 2. 27 Proceso de Osmosis Inversa .....	84
Figura 2. 28 Proceso de Cloración.....	85
Figura 2. 29 Proceso de Radiación Ultravioleta .....	85
Figura 4.1 Croquis de localización de la colonia de Ampliación Tlacoyaque, las líneas azules indican las calles que involucra el proyecto .....	107
Figura 4.2 de la calle Magueyes esquina con calle 19 de febrero. El pavimento es de concreto hidráulico. ....	108
Figura 4.3 Calle Cerro del Agua, la pendiente de la calle es algo pronunciada, el material de pavimento es concreto hidráulico .....	108
Figura 4.4 Calle Tejocote esquina calle Cerro del Agua, las pendientes en esta colonia son pronunciadas, y todas están pavimentadas con concreto hidráulico.....	109
Figura 4.5 Calle cerro del Agua, pavimento de concreto hidráulico, estas calles son nuevas por lo que en los planos no aparece la tubería que conforma su red de agua potable ura 2. 5 Línea de conducción con entrega del agua a la red de distribución .....	109
Figura 4.6 Calle Magueyes casi esquina con calle Cerro del Agua.....	110
Figura 4.7 Calle Magueyes casi esquina con calle Cerro del Agua.....	110
Figura 4.8 Localización del proyecto en la colonia Ampliación Tlacoyaque, las líneas rojas marcan las calles que son objetivo de este proyecto .....	111
Figura 4.9 Croquis de localización del Banco de Nivel Oficial B(S09W09)02 (Copias proporcionadas por el SACMEX) .....	112
Figura 4.10 Fotografías con la localización del Banco de Nivel Oficial B (S09W09)02 (Copias proporcionadas por el SACMEX) .....	113
Figura 4.11 ArcMap para crear mapas de alta calidad.....	118
Figura 4.1.2 ArcCatalog para crear o modificar metadatos .....	120
Figura 4.13 Ventana ArcToolbox.....	121
Figura 4.14 Creación de Shapes.....	122
Figura 4.15 Creación de Shapes.....	124
Figura 4.16 Creación de Shapiles .....	124
Figura 4.14 Proyección de Coordenadas .....	125
Figura 4.18 Vista de Proyecciones y Transformaciones .....	125
Figura 4.19 Vista Definir Proyección .....	126
Figura 4.20 Localización de Proyección de Coordenadas .....	126
Figura 4.21 Vista de Selección de Coordenadas .....	127
Figura 4.22 Vista de Selección de Coordenadas .....	127



Figura 4.23 Vista de Selección de Coordenadas .....	128
Figura 4.24 Ventana de layers .....	128
Figura 4.25 Ventana de layers .....	129
Figura 4.26 Búsqueda por atributos .....	130
Figura 4.27 Selección por atributos.....	131
Figura 4.28 Selección de capa “Predios” .....	131
Figura 4.29 Propiedades de capa .....	132
Figura 4.30 Selección de consumo por predio. ....	132
Figura 4.31 Selección de predios con adeudo .....	133
Figura 4.32 Predios con adeudo .....	134
Figura 4.33 Búsqueda por atributos. ....	135
Figura 4.34 Selección por atributos.....	135
Figura 4.35 Selección de capa “Predios” .....	136
Figura 4.36 Propiedades de capa. ....	136
Figura 4.37 Selección de predio con reporte.....	137
Figura 4.38 Selección de predios con adeudo .....	137
Figura 4.39 Predios con adeudo. ....	138
Figura 4.40 Búsqueda por atributos .....	139
Figura 4.41 Selección por atributos.....	139
Figura 4.42 Selección de capa “Predios”. ....	140
Figura 4.43 Propiedades de capa .....	140
Figura 4.44 Selección de predios con descuento.....	141
Figura 4.45 Selección de predios con adeudo .....	142
Figura 4.46 Predios con adeudo. ....	142
Figura 4.47 Búsqueda por atributos .....	143
Figura 4.48 Selección por atributos.....	143
Figura 4.49 Selección de capa “Cruceros” .....	144
Figura 4.50 Propiedades de capa. ....	144
Figura 4.51 Selección de tipo de crucero .....	145
Figura 4.52 Tipo de crucero. ....	146
Figura 4.53 Select by location .....	147





Figura 4.54 Menú (Selección de layers a consultar). ..... 147

Figura 4.55 Aplicación de la distancia requerida por el usuario ..... 148

Figura 4.56 Distancia requerida por el usuario..... 148

Figura 4.57 Select by location ..... 149

Figura 4.58 Menú (Selección de layers a consultar) ..... 150

Figura 4.59 Aplicación de la distancia requerida por el usuario ..... 150

Figura 4.60 Distancia requerida por el usuario..... 151

**ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1 Elementos de un SIG..... 93

Cuadro 2 Funciones ..... 95

Cuadro 3 Sistema espacial Vector y Raster ..... 100

Cuadro 4 Ventajas y Desventajas de los modelos espaciales ..... 101

Cuadro 5 Servidor de mapas en la web ..... 104

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Límites permisibles de características Microbiológicas ..... 58

Tabla 2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas..... 59

Tabla 3 Límites permisibles de características químicas ..... 59

Tabla 4 Límites permisibles de características radiactivas..... 61

Tabla 5 Límites Máximos Permisibles para contaminantes básicos de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996 ..... 73

Tabla 6 Límites Máximos Permisibles de acuerdo a la NOM-002-SEMARNAT-1996..... 74

Tabla 7 Límites Máximos Permisibles de Contaminantes de acuerdo a la NOM-003-SEMARNAT-1997 ..... 74

Tabla 8 Datos Históricos del Banco de Nivel Oficial B(S09W09)02 (Copias proporcionadas por el SACMEX) ..... 114

Tabla 9 Gráfica de Evolución del Banco de Nivel Oficial B(S09W09)02 (Copias proporcionadas por el SACMEX) ..... 115

Tabla 10 Definición del diccionario de datos (Elementos, shapes y descripción de cada capa ..... 116

Tabla 11 Descripción de atributos de la capa “Manzanas” ..... 117

Tabla 12 Descripción de atributos de la capa “Lotes” ..... 117

Tabla 13 Descripción de atributos de la capa “Red agua” ..... 118



Tabla 14 Principales extensiones utilizadas en ArcGis ..... 122



## RESUMEN





## RESUMEN

Este trabajo se realizó con el fin de crear un modelo o sistema que permita a la entidad o dependencia responsable o cualquier persona pueda entender el funcionamiento de la red de agua potable, con este sistema de información se puede dar solución y un reporte de daños, para mejorar la eficiencia y dar un mejor mantenimiento a la infraestructura hidráulica que compone esta red de agua potable.

Para realizar este trabajo se utilizó un SIG el cual es de gran apoyo ya que con este programa podemos responder las preguntas ¿Cuándo?, ¿Dónde? y ¿Con que frecuencia? De manera más sencilla y exacta.

Nuestro sistema de información geográfica que se formuló para la “Colonia Ampliación Tlacoyaque” que se encuentra en la Delegación Álvaro Obregón en el Distrito Federal, este trabajo está diseñado para el mantenimiento y administración de un catastro hidráulico, el cual ayudara para reducir costos y tiempos en el funcionamiento de este sistema hidráulico.

## ABSTRACT

This work performed in order to create a model or system that allows the entity or agency responsible or anyone can understand the operation of the drinking water network with this information system can provide a solution and damage report, to improve efficiency and provide better service to water infrastructure that makes up this water network.

To make this work we used a GIS which is of great support because with this program we can answer the questions When?, Where? and How often? More easily and accurately.

Our geographic information system was developed for the "Colony Expansion Tlacoyaque" found in Alvaro Obregon in Mexico; this work is designed for the maintenance and administration of a hydraulic cadastre, which help to reduce costs and time in the operation of the hydraulic system.



# INTRODUCCIÓN



## INTRODUCCIÓN.

Desde hace ya algunos años, el crecimiento acelerado de la población ha originado una gran cantidad de asentamientos irregulares en la Ciudad de México y sus zonas aledañas, provocando un aumento desmedido y desordenado de la mancha urbana, creando por consiguiente una problemática cada vez más compleja en cuanto a los servicios urbanos, principalmente en los servicios de suministro de agua y saneamiento, ya que la infraestructura existente resulta insuficiente para cubrir los requerimientos de la población, asimismo, las condiciones hidrológicas y topográficas que presenta el Valle de México hacen más complejo este problema y lo que es peor, que debido a la sobre explotación de los mantos acuíferos, el subsuelo de la Ciudad se sigue consolidando, ocasionando hundimientos diferenciales que provocan contra-pendientes o columpios, fracturas, y/o dislocamientos que dañan seriamente las tuberías, tanto de drenaje como de agua potable, provocando que estas no funcionen adecuadamente, aunado a esto tenemos la gran cantidad de basura que es depositada en las calles, en los cauces y barrancas, empeorando más el funcionamiento de la infraestructura hidráulica, principalmente en los conductos que trabajan por gravedad como lo es la red de alcantarillado y saneamiento, cuya función es la captación, control y desalojo de las aguas residuales y pluviales generadas en la ciudad, dado como consecuencia encharcamientos o inundaciones.

En el caso de Agua Potable se tiene el abastecimiento y distribución se ve seriamente afectada en su capacidad de suministro, ya que la infraestructura existente resulta insuficiente para abastecer a estos nuevos desarrollos, y aunado a esto la antigüedad y materiales de la red existente ocasionan pérdidas del vital líquido, agravando aún más el problema de escasez de agua y la sobreexplotación de las fuentes de abastecimiento, todo lo anterior se agrava aún más durante la temporada de estiaje, ya que el suministro de agua disminuye considerablemente.

Bajo este contexto se encuentran zonas en las diferentes Delegaciones del Distrito Federal y su zona conurbana, por tal motivo el Gobierno del Distrito Federal (GDF), a través de la Secretaría del Medio Ambiente (SMA) y del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), y como resultado de los periódicos estudios, se realizará los proyectos necesarios para la rehabilitación de los sistemas hidráulicos de agua potable de la ciudad.

Para complementar esta iniciativa es necesaria la elaboración de un Sistema de Información Geográfica, el cual nos va a permitir integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG van a permitir crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones. La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial.





## JUSTIFICACIÓN



## JUSTIFICACIÓN

La gestión integral de los recursos hídricos es necesaria para optimizar su aprovechamiento y garantizar su conservación. Para ello es necesario contar con información de infraestructura hidráulica en cantidad y calidad suficiente (registros, cruceros, válvulas, tipo de tubería, entre otros) que permita contar con una base para realizar análisis, estudios y simulaciones, cuyos resultados brinden plataformas y herramientas para coadyuvar en dicha gestión.

Existen zonas en las que no se cuenta con la información en la cantidad requerida, tomando en cuenta que el periodo mínimo de información para realizar análisis hidráulicos es de 20 años, lo que obliga a estimar registros faltantes con el auxilio de modelos matemáticos o datos de zonas aledañas; en contraste existen lugares en las cuales la información es abundante; sin embargo esta cantidad de información no refleja la calidad de la misma, ya que algunas ocasiones es necesario realizar una depuración o complemento de información.

Por lo anterior, para el desarrollo de este trabajo fue necesario el apoyo de un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS), con el cual la información proporcionada por la Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) fue manejada y analizada, logrando así un mejor y más eficiente procesamiento de la información mediante mapas y bases de datos a fin de obtener la infraestructura hidráulica del sistema de agua potable de la Colonia Ampliación Tlacoyaque, delegación Álvaro Obregón.



## OBJETIVOS





## OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es la evaluación y diagnóstico de la infraestructura hidráulica de la red de agua potable del “Proyecto Ejecutivo de Requerimientos de Infraestructura Hidráulico de la Colonia Ampliación Tlacoyaque”, ubicado en la Delegación Álvaro Obregón, Distrito Federal, México.

Elaborar una herramienta con el fin de mejorar la operación de su sistema actual, y fomentarles la cultura de implementación de programas de mantenimiento preventivos y predictivos sin tener que llegar al punto de una inesperada falla que se pudo evitar en el red, ocasionado por falta de una cultura operacional y de mantenimiento adecuado.

Resaltar la importancia del catastro proponiendo el análisis lógico de los elementos que intervienen en la definición de catastro.



# MODULO I

## 1. MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO

### 1.1 Instrumental Topógrafo-Geodésico

El instrumental topográfico y geodésico ha ido evolucionando de conformidad a los tiempos y desarrollo tecnológico propios de las disciplinas topográficas, cartográficas y geodésicas.

Esta evolución parte desde el empleo de los taquímetros óptico-mecánicos, pasando por los taquímetros electrónicos, distanciómetros y estaciones totales, hasta los actuales sistemas satelitales como GPS.

#### 1.1.1 Elementos de los instrumentos topográficos

Órganos que componen y complementan a los instrumentos topográficos tales como accesorios de unión, sustentación y maniobra.

##### 1.1.1.1 Trípodes

Es el Soporte del aparato, con 3 pies de madera o metálicos, con patas extensibles o telescópicas que terminan en regatones de hierro con estribos para pisar y clavar en el terreno. Deben ser estables y permitir que el aparato quede a la altura de la vista del operador 1.40 - 1.50 m. Son útiles también para aproximar la nivelación del aparato.

##### 1.1.1.2 Plomadas

Para estacionar en un punto se hace uso de otro instrumento muy conocido, y el más antiguo de todos, que es la *plomada de gravedad*, la cual pende del centro de los aparatos topográficos entre las patas del trípode, y deberá situarse de modo que la vertical del hilo de la plomada pase por el punto señalado en el suelo, lo que supone que el teodolito esté en la misma vertical que el punto del suelo. El manejo de la plomada de gravedad puede resultar incómodo sobre todo los días de viento.

Muchos de los instrumentos modernos sustituyen la plomada clásica por una *plomada óptica*, constituida por un antejo, que por medio de un prisma de reflexión total dirige la visual coincidiendo con el eje vertical del aparato y cuando éste quede estacionado deberá verse el centro de la señal en coincidencia con el centro del antejo.



Figura 1. 1 Plomada de gravedad





## 1.1.2 Elementos fundamentales

Estos elementos son los que caracterizan a cualquier instrumento.

### 1.1.2.1 Niveles

Su misión es conseguir que el aparato esté en un plano horizontal. Hay 2 tipos fundamentales: *nivel esférico* y *nivel tubular* (o tórico, o nivel de aire).

Deben estar contruidos con notable precisión y ajuste para que el aparato sea Aceptable.

#### Nivel de aire

El nivel de aire está constituido por un tubo de vidrio de forma *tórica*, de muy escasa curvatura, cerrado a la lámpara por sus extremos. El tubo está casi lleno de un líquido de escasa viscosidad (alcohol o éter), dejando una burbuja de aire mezclada con los vapores del líquido, que ocupará siempre la parte más alta del tubo.

#### Nivel esférico

Se utiliza cuando no se requiere una perfecta nivelación. Es una caja cilíndrica tapada por un casquete esférico, y con un líquido poco viscoso en el interior, dejando una burbuja. Cuanto menor sea el radio de curvatura menos sensible será; sirven para obtener de forma rápida el plano horizontal. Estos niveles tienen en el centro un círculo, dentro del cual hay que colocar la burbuja para hallar un plano horizontal bastante aproximado. Son rápidos y prácticos, pero tienen menor precisión que los niveles tóricos, su precisión está en 1' como máximo aunque lo normal es 10' o 12'.

### 1.1.2.2 Anteojo

El anteojo, elemento fijado a un eje transversal horizontal denominado eje de alturas.

Se dice que el anteojo está en posición directa cuando el nivel queda debajo de él y en posición inversa cuando está arriba. El giro que se le da al anteojo para pasar de una posición a la otra es lo que se llama vuelta de campana.

En el interior del tubo del anteojo está el sistema óptico que le da el poder amplificador. El poder amplificador es la relación entre de la longitud aparente de la imagen a la del objeto.

#### Tipos de anteojos

Existen dos tipos de anteojos; el del enfoque externo, y el de enfoque interno.

En el primero el enfoque se hace moviendo el objetivo.

En el segundo el objetivo permanece fijo y el enfoque se logrará mediante una lente interior móvil llamada *lente de enfoque*.

El desplazamiento de esta lente es muy pequeño, no suele ser mayor de 2 mm.

Además de evitar holguras y evitar el mecanismo de cremallera tiene la ventaja de que al ser más compacto evita la entrada de humedad y polvo que dañan los anteojos. También hay que tener en cuenta que este anteojo a igualdad de aumentos tiene menor longitud.



## Ejes de un anteojo

En el anteojo astronómico se consideran tres ejes:

- *Eje óptico*: es la recta que une el centro óptico del objetivo y el centro óptico del ocular. El eje óptico es la dirección según la cual un rayo de luz no experimenta desviación al atravesar una lente. El eje óptico debe coincidir con la línea de vista, para lo cual se pueden subir o bajar los hilos del retículo.
- *Eje mecánico* es la recta que pasa por el centro óptico del objetivo y un punto teórico en el centro del tubo ocular.
- *Eje de colimación* es la recta que une el centro óptico del objetivo con el centro del retículo.

### 1.1.2.3 Objetivo

Es una lente compuesta de un exterior viscoso y otro interior cóncavo convexo, de cristal. Tiene que ser una lente compuesta, si fuera uno biconvexo tendría el inconveniente de la aberración esférica y la aberración cromática. El objetivo produce sobre el plano del retículo una imagen del objeto.

### 1.1.2.4 Hilos del retículo

Son un par de hilos, uno horizontal y otro vertical, sostenidos por un anillo metálico llamado retículo. Generalmente son hilos de tela de araña o de plástico. Ahora se usan rayados finamente sobre un vidrio. El retículo puede llevar también otros hilos adicionales para Taquimetría, llamados hilo superior e hilo inferior, equidistantes del hilo medio.

### 1.1.2.5 Ocular

Juega el papel de un microscopio ampliando la imagen formada sobre el plano del retículo. Hay dos tipos de ocular:

- a) El que invierte la imagen que ha formado el objetivo presentándola al ojo en su posición normal; lo usan los anteojos llamados de imagen normal
- b) El que no invierte la imagen formada por el objetivo sino que solo la aumenta. Lo llevan los aparatos llamados de imagen invertida. Este tipo es más ventajoso por hacer más corto el anteojo y además porque debido a que tiene menos lentes, da una imagen más brillante y clara.

## Poder de aumento del ocular

Es la relación existente entre el ángulo bajo en el cual se ve la imagen sin anteojo y el ángulo bajo en el cual se ve la imagen aumentada. El poder de aumento del telescopio varía en los teodolitos de 20 a 40 diámetros, según sea teodolito

## Enfoque

- a) *Del ocular*: se mueve el porta ocular hacia dentro y hacia fuera hasta que se vean nítidos los hilos del retículo.
- b) *Del objetivo*: con el tornillo de enfoque y gracias a un sistema de engranaje que



Permite deslizar el porta objetivo, se hace que la imagen coincida sobre el plano del retículo.

#### **1.1.2.6 Tornillo de fijación y de movimiento lento**

Por cada movimiento de giro del aparato hay un juego de tornillos de presión y de Coincidencia. El primero permite el libre giro o bloquea el movimiento, el segundo una vez que el primero ha bloqueado permite pequeños desplazamientos para atinar la puntería con el retículo del anteojo.

El aparato posee unos mecanismos para poder fijarlo en cualquier posición e imprimirle pequeños movimientos respecto al eje fijo. Cuando está suelto el cono exterior puede girar libremente alrededor. Cuando se ajusta la abrazadera presiona y le impide girar. Sin embargo se le puede imprimir un pequeño giro a todo el conjunto ajustando o aflojando, el cual actúa directamente sobre el tope que permanece fijo.

#### **1.1.2.7 Limbos**

Los limbos son los instrumentos de medida de los ángulos y están constituidos por Círculos graduados dispuestos uno horizontalmente, para la medida de ángulos acimutales, llamado por ello *limbo acimutal*, y otro vertical o *eclímetro*, o *limbo cenital*, para la medida de estos ángulos. Están divididos de 0g a 400g (graduación centesimal) o de 0° a 360° (graduación sexagesimal).

Los limbos frecuentemente son metálicos, con una cinta de plata embutida en la parte perimetral en la que va marcada la graduación y pueden ir al descubierto o protegidos en el interior de cajas cilíndricas.

Normalmente en los aparatos el limbo será fijo y los índices se desplazarán solidarios con la alidada.

#### **1.1.2.8 Micrómetro**

Es un elemento para hacer la lectura de ángulos, que consta de un microscopio para observar ampliada la zona del limbo a leer, además este microscopio lleva una escala graduada que se superpone a la imagen del limbo. La graduación del microscopio coincide con la graduación del limbo.

### **1.1.3 Equipo topográfico**

#### **1.1.3.1 Brújula**

“Es un instrumento topográfico que sirve para determinar direcciones con relación con relación a la meridiana magnética”. (García Márquez, 2003)

Partes principales de la brújula

- La *caja* que lleva un círculo graduado de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  en el sentido de las manecillas del reloj o de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  en ambas direcciones del N y del S y generalmente los puntos E y W invertidos debido al movimiento relativo de la aguja respecto a la caja.
- Un *nivel circular* que se usa para mantener el círculo graduado en un plano horizontal, cuando se van a tomar direcciones con brújula.
- *Pínulas oculares y objetivas*, que son los elementos que sirven para dirigir la visual y están colocados en línea con los puntos cardinales N y S de la caja de la brújula.
- Una *aguja imantada* que puede girar libremente sobre un pivote colocado en el centro del círculo graduado. La punta S lleva un contrapeso para contrarrestar la atracción magnética en el sentido vertical.



Figura 1. 2 Brújula de mano

### 1.1.3.2 Goniómetro

Instrumentos topográficos utilizados para la medición de ángulos.

Estos instrumentos constan esencialmente de un limbo o círculo graduado y de una alidada. Se llama limbo o círculo graduado a la corona circular cuyo contorno está dividido con trazos finos.

La alidada está formada por un anteojo estadimétrico ligado a un disco giratorio cuyo eje debe coincidir con el eje del limbo y lleva consigo un índice en el extremo de dicho disco y un vernier para conocer el valor del Angulo en una forma más precisa

Los ángulos a medir pueden ser horizontales (*acimutales*) o verticales (*cenitales*). Los goniómetros que miden ángulos acimutales se llaman *acimutales*, y los que miden ángulos cenitales *eclímetros*. Los aparatos de topografía son de los dos tipos a la vez.



En todo caso todos los goniómetros están constituidos por las siguientes partes:

- Anteojo colimador.
- Limbo vertical.
- Limbo horizontal.
- Índices vertical y horizontal.
- Eje secundario.
- Eje principal.
- Base nivelante.

### 1.1.3.3 Teodolito

Un teodolito es un goniómetro completo perfeccionado, con el que es posible realizar desde las operaciones más simples hasta levantamientos y replanteos muy precisos, pues permite medir ángulos con gran precisión, mediante la utilización de una alidada de anteojo y de limbos complementados con micrómetros para poder alcanzar precisiones de hasta 0,5".

Un aspecto muy importante que se debe cuidar es que el aparato esté bien centrado, pues cualquier desplazamiento se reflejará en errores angulares.

Recibe también el nombre de instrumento universal por la gran variedad de aplicaciones que pueden obtenerse con su empleo; puede considerarse como un goniómetro completo capaz de medir ángulos verticales y horizontales, desniveles y distancias, así como para prolongar alineaciones con gran precisión.

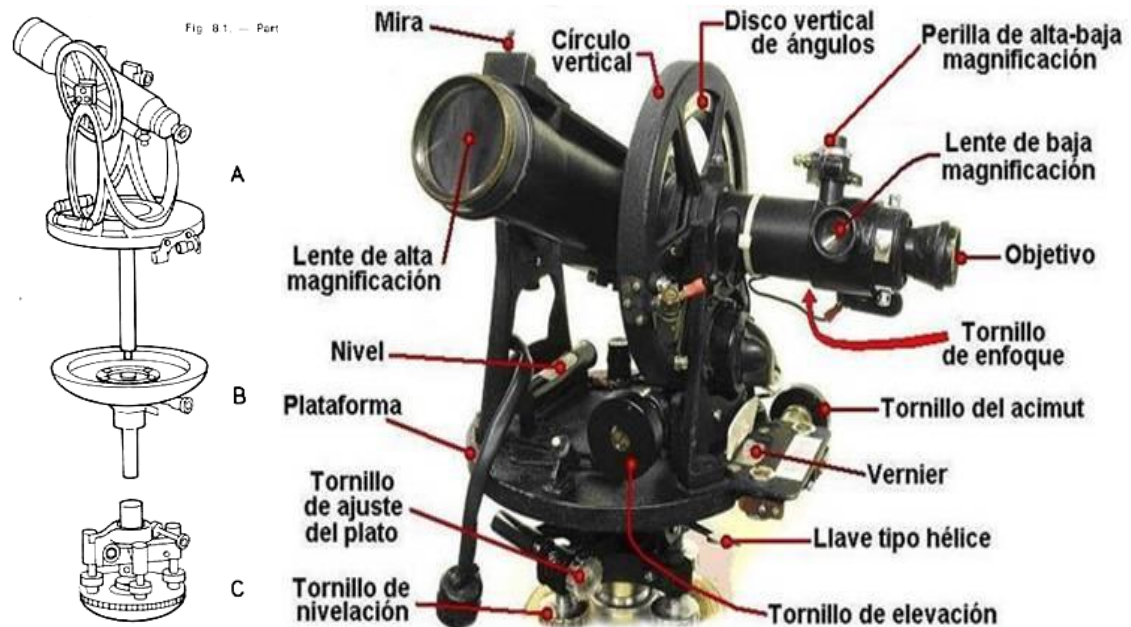


Figura 1. 3 Partes de un Teodolito

#### 1.1.3.4 Transito

“El tránsito, tomado del inglés “transit” es un goniómetro cuyo anteojo puede dar una vuelta completa alrededor del eje de alturas”. (Montes de Oca, 2002)

Descripción del transito

García Márquez (2003) encontró lo siguiente:

El anteojo, elemento fijado a un eje transversal horizontal denominado eje de alturas que descansan en los cojinetes de los soportes. El anteojo se puede hacer girar alrededor de su eje horizontal y se puede fijar en cualquier posición en un plano vertical, por medio del tornillo de presión del movimiento vertical; una vez fijo este tornillo se pueden comunicar pequeños movimientos al anteojo alrededor del eje horizontal, haciendo girar el tornillo tangencial del movimiento vertical.

El círculo vertical se encuentra unido al eje horizontal y fijado a uno de los soportes del anteojo está el vernier del círculo vertical.

El anteojo lleva en su parte inferior un nivel de burbuja que sirve para usar el tránsito como nivel. (p.88)

#### 1.1.3.5 Estación Total

La estación total es un aparato electrónico que reúne las características de un teodolito electrónico y de un distanciómetro comunicado con un microprocesador que realiza automáticamente mediciones y cálculos.



Figura 1. 4 Estación total



### 1.1.3.6 GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (“Global Positioning System” - GPS) es un sistema de navegación compuesto de una flotilla de satélites puestos en órbita por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, y sus estaciones en tierra firme. Usando GPS, uno puede determinar automáticamente su posición (latitud y longitud) en la tierra. Funciona continuamente en todas partes del mundo y es disponible a todos libre de cargos. Con orígenes en aplicaciones militares secretas, GPS se ha convertido en parte de nuestra vida cotidiana.

## 1.2 Conceptos de Superficies de Referencia

Superficie de referencia es una definición conceptual de teorías, hipótesis y constantes que permiten situar una tripleta de ejes coordenados en el espacio, definiendo su origen y su orientación.

Las superficies de referencia deben tener dos características fundamentales:

- Estar definidas matemáticamente
- Aproximarse a la superficie verdadera en la ubicación deseada

Las superficies de referencia utilizadas con bastante frecuencia son:

- El elipsoide de rotación (o de dos ejes)
- El esferoide local
- El plano horizontal (o plano tangente)
- El geoide

Las tres primeras tienen una definición puramente matemática y se utilizan para el posicionamiento horizontal; la cuarta superficie tiene una definición física y tiene relación con las otras por su valor de altura/separación. Una posición tridimensional es definida con dos coordenadas horizontales y una componente vertical que es la altura sobre la superficie de referencia.

### 1.2.1 El Elipsoide

El elipsoide es una superficie de cuarto orden en la que todas las curvas de intersección con un plano son elipses, las cuales eventualmente degeneran en círculos. Para cada punto seleccionado en la superficie del elipsoide y para la normal al plano tangente en este punto, las elipses producidas por la intersección con dicha superficie y la normal forman planos continuos infinitos, los cuales se conocen como secciones normales y tienen, en ese punto, una cantidad de variaciones en los radios de curvatura. Esta variación es una función continua de la latitud elipsoidal del punto seleccionado, de los parámetros de forma elipsoidal y del acimut de la sección normal producida. Las dos secciones normales, que corresponden a las curvas de radios mínima y máxima, se definen como las secciones principales normales.

La superficie del elipsoide es regular y derivada matemáticamente; es por estas razones que, como superficie de referencia, se utiliza para sistemas de coordenadas horizontal. Sin

embargo es de uso limitado como referencia para la altura, ya que es una aproximación grosera de la forma de la tierra para ese fin.

### 1.2.2 La esfera local

Una esfera local es la superficie de referencia que, en una latitud seleccionada, tiene un radio igual a la media geométrica entre los radios de las dos secciones normales principales del elipsoide siendo remplazadas en el punto de interés en la superficie.

Se acepta la sustitución en un radio de aproximadamente 100 Km. (en el campo Geodésico) desde el punto de la tangente entre la esfera y el elipsoide, esto incluye cambios en distancia y de ángulos menores que sensibilidad de las mejores herramientas usadas en levantamiento. (Distancias: 1cm +/- 1ppm; ángulos: 0.1”).

En un radio de 8 Km. (en el campo topográfico) desde el mismo punto, se acepta el reemplazo de la esfera con un plano tangente, causando un cambio en comparación con la superficie elipsoidal menor que las indicadas en las exactitudes anteriormente mencionadas.

### 1.2.3 El geoide

El geoide, definido como la superficie equipotencial del campo de fuerza de gravedad, es utilizado como una superficie de referencia para las alturas; el Nivel Medio del Mar (NMM) es la mejor aproximación para esta superficie. El significado físico de las superficies de gravedad equipotenciales se puede revisar fácilmente ya que cada punto debe ser ortogonal a la dirección indicada por una línea vertical.

Al contrario que el elipsoide, el geoide no se puede crear matemáticamente o utilizarse en cálculos porque su forma depende de la distribución irregular de la masa dentro de la tierra.

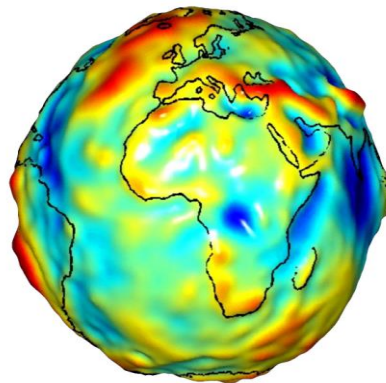


Figura 1. 5 Representación gráfica del geoide



### 1.2.4 El Datum

Un Datum es un Sistema de Referencia Geodésico definido por la superficie de referencia precisamente posicionada y mantenida en el espacio; y es generada por una red compensada de puntos.

La determinación de una única superficie de referencia para toda la Tierra, esencial para el uso de los sistemas de satélites y las asociadas técnicas de levantamientos y posicionamiento, ha sido en el pasado de poco interés y difícil de alcanzar, debido a que las técnicas de geodesia y topografía de levantamiento son de carácter esencialmente local. Por esta razón, existen muchos sistemas de geodesia local en el mundo entero, todos definidos con el único propósito de obtener una buena aproximación sólo para el área de interés.

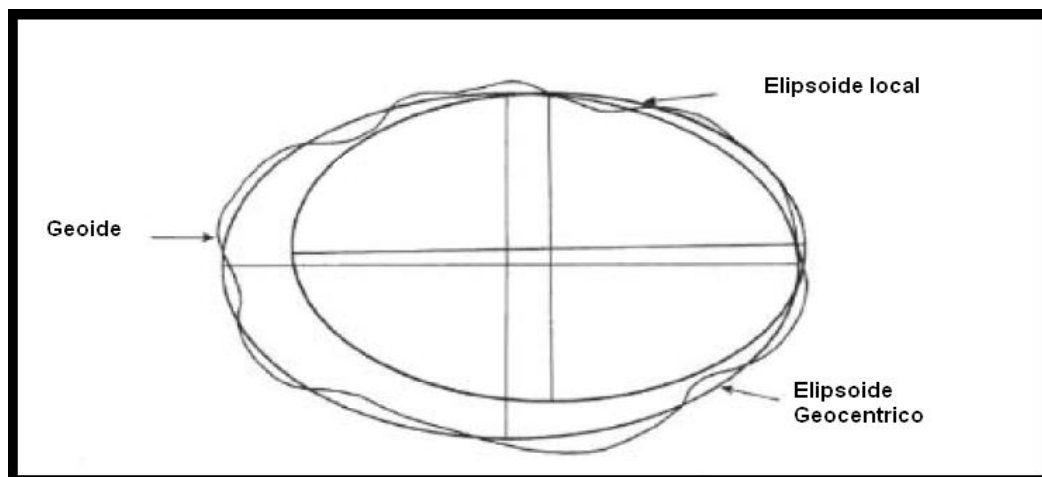


Figura 1. 6 Orientación del datum

### 1.3 Sistema de Coordenadas

*Sistema de coordenadas* es la parametrización de las coordenadas de los puntos que forman el marco de referencia.

#### 1.3.1 Coordenadas geográficas

El sistema de coordenadas geográficas es un sistema de coordenadas esféricas mediante el cual un punto se localiza con dos valores angulares:

La *latitud* es el ángulo entre la línea que une el centro de la esfera con un punto de su superficie y el plano ecuatorial. Las líneas formadas por puntos de la misma latitud se denominan paralelos y forman círculos concéntricos paralelos al ecuador.

Por definición la latitud es de  $0^\circ$  en el ecuador, que divide el globo en los hemisferios norte y sur. La latitud puede expresarse especificando si el punto se sitúa al norte o al sur, por ejemplo  $24^\circ 21' 11''$  N, o bien utilizando un signo, en cuyo caso los puntos al Sur del ecuador tienen signo negativo.

La longitud es el ángulo formado entre dos de los planos que contienen a la línea de los Polos. El primero es un plano arbitrario que se toma como referencia y el segundo es el que, además de contener a la línea de los polos, contiene al punto en cuestión. Las líneas formadas por puntos de igual longitud se denominan meridianos y convergen en los polos.

Como meridiano de referencia internacional se toma aquel que pasa por el observatorio de Greenwich, en el Reino Unido.

### 1.3.2 Sistema de coordenadas geodésicas

La segunda aproximación a la forma de la Tierra es un elipsoide de revolución definido por su semieje mayor ( $a$ ) y su semieje menor ( $b$ ) o aplanamiento ( $f$ ). El centro del elipsoide coincide con el centro del sistema de referencia, es decir, con el geocentro y el semieje menor se hace coincidir con el eje de rotación terrestre quedando así constituido el sistema de coordenadas geodésico.

La vertical geodésica en un punto de la superficie del elipsoide de revolución coincide con la dirección del vector normal al elipsoide en dicho punto, y, por tanto, no pasa por el centro del elipsoide.

Así las coordenadas geodésicas serán:

- Latitud geodésica: es el ángulo que forma la vertical geodésica del punto con el plano ecuador geodésico.
- Longitud geodésica: es el ángulo formado por el meridiano geodésico del punto de cálculo y el meridiano geodésico origen.

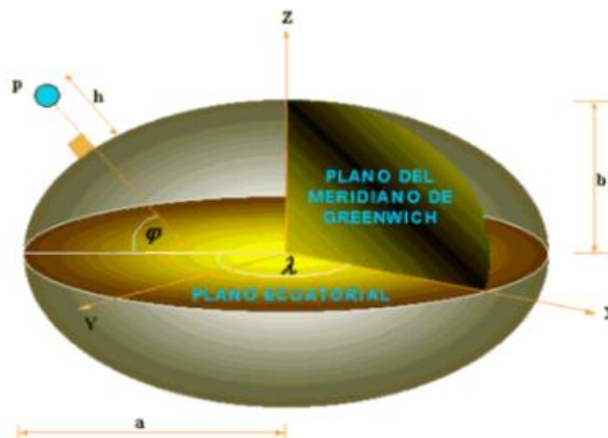


Figura 1. 7 Coordenadas geodésicas

### 1.3.3 Sistema de coordenadas astronómicas

Las observaciones astronómicas, geodésicas y topográficas se efectúan sobre la superficie real de la Tierra y en un momento de tiempo determinado, así se debe retocar el concepto de figura y forma de la Tierra y pasar a la definición de geoide como figura y situar las observaciones en un momento determinado.



El geoide se define como superficie equipotencial respecto a la gravedad y normal a su dirección, siendo esta dirección normal la de la fuerza de gravedad que será la que sigue un rayo óptico de un instrumento topográfico cuando se estaciona, o línea de la plomada. Debido a la distribución no homogénea de masas en el interior de la Tierra y a la forma achatada por los polos, esta línea no coincidirá ni con la vertical geográfica ni con la geodésica ni con la geocéntrica.

### 1.3.4 Proyecciones

Para reproducir una sección determinada de un elipsoide en una carta, es necesario estudiar el centro del área y encontrar el plano tangente del elipsoide en ese punto. Es entonces posible proyectar las figuras geométricas elipsoidales en ese plano desde un centro de proyección adecuado.

Dependiendo de la posición seleccionada para el punto de proyección, se producen varias transformaciones, cada una con características particulares.

#### 1.3.4.1 Proyecciones cónicas

La proyección cónica consiste en tomar una superficie cónica posicionada de acuerdo a la porción del elipsoide para el que se está creando la carta y proyectando el elipsoide en la superficie cónica desde centro del elipsoide. Posteriormente, la superficie cónica se convertirá en un plano y la carta producida no se deformará (equidistante) a lo largo de la línea de la tangente; en todos los demás lugares es afilática o no orto mórfica.

#### 1.3.4.2 Proyección Universal Transversal Mercator (UTM)

Las coordenadas “Universal Transversal Mercator” (UTM por siglas en inglés) son usadas en levantamientos y en trazados de mapas cuando el tamaño del proyecto se extiende a través de varias regiones en las zonas del plano o proyecciones y también son utilizadas por los Ejércitos para aplicaciones de trazado de mapas, cartografía y geodesia.

Las diferencias entre la proyección UTM y la proyección TM (Transversa de Mercator o de Gauss) están en la escala en el meridiano central, origen y en la representación de la unidad de medida:

- La coordenada norte (NUTM) tiene como origen cero metro en el ecuador para el Hemisferio Norte hasta la latitud ochenta y cuatro grados norte ( $84^{\circ}\text{N}$ );
- La coordenada sur (SUTM) tiene como origen diez millones de metros (10.000.000 m) en el ecuador para el Hemisferio Sur hasta la latitud ochenta grados sur ( $80^{\circ}\text{S}$ );
- La coordenada este (EUTM) tiene el origen a quinientos mil metros (500.000 m) en el meridiano central.
- El sistema UTM está dividido en sesenta (60) zonas longitudinales. Cada zona es seis grados ( $6^{\circ}$ ) de ancho extendiéndose tres grados ( $3^{\circ}$ ) a cada lado del meridiano central.



## 1.4 Metodología de levantamientos topográficos

### Levantamientos Topográficos

Levantamiento: es un conjunto de operaciones que determinan las posiciones de puntos, la mayoría calculan superficies y volúmenes y la representación de medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos entonces son topográficos.

#### 1.4.1 Clases de levantamientos

Topográficos: Son aquellos que por abarcar superficies reducidas pueden hacerse despreciando la curvatura de la Tierra, sin erro apreciable.

Geodésicos: Son levantamientos en grandes extensiones que hacen necesario considerar la curvatura de la Tierra.

Los levantamientos topográficos son los más comunes. Los Geodésicos son motivo de estudio especial al cual se dedica la Geodesia.

Los levantamientos topográficos tienen por objeto tomar superficies, datos de campo para confeccionar planos y mapas en el que figura el relieve y la localización de puntos o detalles naturales y artificiales y tiene como finalidad:

1. La determinación y fijación tenderos de terreno.
2. Servir de base para ciertos proyectos en la ejecución de obras públicas o privadas
3. Servir para la determinación de las figuras de terrenos y masas de agua.
4. Servir en toda obra vertical u horizontal.

Los levantamientos topográficos en cuanto a su calidad se dividen como sigue:

*Precisos*, que se ejecutan por medio de triangulaciones o poligonales de precisión. Se emplean para fijar los límites entre naciones o estados, en el trazo de ciudades, etc.

*Regulares*, los cuales se realizan por medio de poligonales, levantadas con tránsito y cinta. Se usan para levantar linderos de propiedades, para el trazo de caminos, vías férreas, canales, ciudades pequeñas, etc., y en obras de saneamiento en las ciudades.

*Taquimétricos*, en los cuales las distancias se miden por procedimientos indirectos. Generalmente se ejecutan con tránsito y estadía y se emplean en trabajos previos al trazo de vías de comunicación, en trabajos de comunicación y de relleno, y también para la formación de planos a pequeña escala.

*Expeditivos*, efectuados con aparatos portátiles, poco precisos, como; brújula, sextante, podómetro, telémetro, estadía de mano, etc., y en cuanto no se dispone de aparatos se ejecutan a ojos o por informes proporcionados por los habitantes de la región. Estos levantamientos se emplean en reconocimientos del terreno o en las exploraciones militares.

#### 1.4.2 Métodos Topográficos Directos

- Métodos Planimétricos
- Métodos Altimétricos





### 1.4.2.1 Métodos Planimétricos

Tienen por objeto estudiar las normas o procedimientos para efectuar la planimetría de un terreno; se basan en la medida de los ángulos (acimutales) y distancias en horizontal.

En planimetría los métodos son:

- a) Radiación: Permite relacionar todos los puntos del terreno con puntos de coordenadas conocidas.
- b) Poligonal o itinerario: Permite relacionar puntos de estación o itinerario.
- c) Triangulación: permite relacionar puntos a mayores distancias.

### 1.4.2.2 Métodos Altimétricos

La altimetría tiene por objeto estudiar cotas, altitudes y desniveles. En altimetría los métodos son:

- a) Nivelación barométrica: Son los menos precisos pero los métodos más rápidos.
- b) Nivelación trigonométrica: Permite ver la diferencia de altitud en función de medidas angulares.
- c) Nivelación geométrica: Permite ver la diferencia de altitud en función de visuales horizontales.

## 1.4.3 Métodos basados en medidas angulares

### 1.4.3.1 Triangulación

Generalidades

La triangulación es un medio de control para los levantamientos de superficies extensas. Este procedimiento consiste en cubrir la zona que se trata de levantar con redes o cadenas de triángulos, en las cuales se hace la medición directa de uno de sus lados que se denomina “base”, así como la de los ángulos de los triángulos, la cual permite resolver estos y fijar la posición de los vértices, pues en el triángulo que contiene la base se conoce un lado y los ángulos adyacentes y con estos datos se puede calcular los otros dos lados; y como los triángulos están unidos entre sí por un lado, resulta que una vez calculado éste, servirá de base a su vez para proseguir el cálculo en el triángulo inmediato y así sucesivamente.

En extensiones muy grandes, los errores inherentes a los levantamientos por medio de poligonales se irían propagando con la distancia, por la cual las posiciones de los puntos alejados de punto de partida quedarían con una incertidumbre bastante grande, pero si se apoyan cada cierta distancia en puntos establecidos de un modo mucho más preciso, se podrán ir localizando los errores.

Clases de triangulaciones.

Las triangulaciones pueden ser de dos clases: geodésica y topográfica.

*Triangulación geodésica* es aquella en la que se considera la forma real de la Tierra. La longitud de los lados en esta triangulación varía entre 15 y 200 km., y la longitud de la base no es menor de 5,000 metros.

*Triangulación topográfica* es aquella en la cual la Tierra se supone plana. Los lados de los triángulos no son mayores de 10 km y la longitud de la base no excede de 2,000 metros.

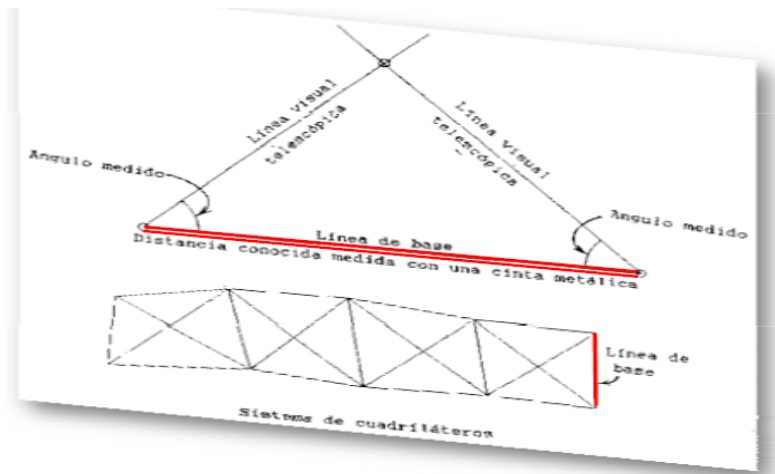


Figura 1. 8 Triangulación topográfica

#### 1.4.4 Metodología de levantamiento

##### 1.4.4.1 Método de direcciones

Las direcciones son lecturas del círculo horizontal que se toman a puntos sucesivos visados alrededor del horizonte. La diferencia entre las direcciones tomadas a dos puntos cualesquiera da el ángulo horizontal.

Este método de observación se emplea cuando el instrumento usado da una aproximación de 10", 1" o 0.1".

Los teodolitos direccionales están proyectados de manera que en el círculo horizontal graduado permanece fijo durante una serie de observaciones, la dirección a cada punto se lee en el círculo horizontal una sola vez, por medio de microscopios micrométricos, siendo el origen de las medidas el cero del círculo. La precisión en las medidas angulares es mayor con los teodolitos direccionales que con los repetidores.

Si desde una estación A se tienen que observar los vértices 1, 2, 3 y 4, se dirige primero la visual a una de las señales que supondremos sea la 1, con uno de los verniers marcando cero grados. Se fija el movimiento general y con el particular se continúa la observación de los puntos 2, 3 y 4, haciendo en cada caso las lecturas de los verniers, y después de haber completado la vuelta de horizonte se observa el punto inicial para ver si no sufrió algún movimiento el instrumento durante la operación.

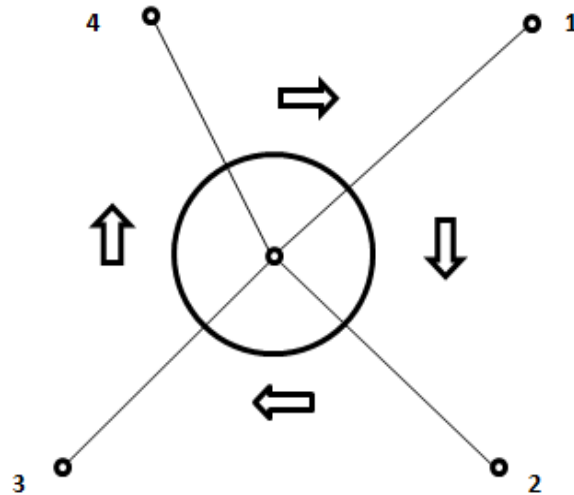


Figura 1. 9 Método de direcciones

#### 1.4.4.2 Método de repeticiones

Si se trata de medir un ángulo entre las estaciones A y B, se pueden hacer las observaciones en la forma siguiente:

Primera serie, con el anteojo en posición directa.

- Se pone el índice del vernier en coincidencia con el cero del limbo y, por medio del movimiento general, se dirige el anteojo a visar el punto A y se fija dicho movimiento.
- Con el movimiento particular, de izquierda a derecha, se mueve el anteojo y se visa el punto B; se fija el movimiento particular y se lee el vernier para conocer el valor del ángulo AOB de una manera aproximada.
- Luego, con el movimiento general, y en el sentido retrógrado, se vuelve a visar el punto A; se fija dicho movimiento y por medio del movimiento particular se dirige el anteojo al punto B, y así se prosigue hasta completar una serie de cuatro o seis observaciones.

Segunda serie, con el anteojo en posición inversa. Se opera del modo antes descrito; pero en lugar de medir el ángulo de B hacia A, de izquierda a derecha. El ángulo se repite el mismo número de veces que en la primera serie.

Al terminar cada serie se hace la lectura del vernier y para tener el ángulo se divide el número total de grados y minutos por el de repeticiones.

El ángulo obtenido en la segunda serie debe restarse de  $360^\circ$  para obtener el ángulo que se busca y el promedio de los valores obtenidos en ambas series se adopta como definitivo.

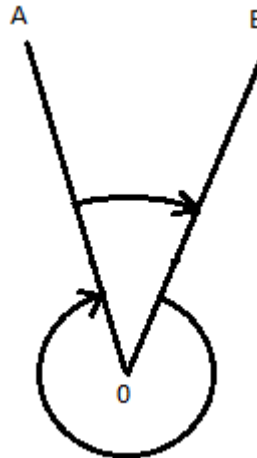


Figura 1. 10 Método de repeticiones

### 1.4.4.3 Método de intersección

Las intersecciones son métodos en los que para determinar la posición de un punto solo se requiere la medida de ángulos. Si las observaciones se hacen desde puntos de coordenadas conocidas se llaman intersecciones directas, y si se hacen desde el punto cuyas coordenadas se quieren determinar, se llaman inversas.

Si además de medir ángulos horizontales se miden los verticales, se pueden calcular la coordenada Z.

Intersección directa

El método consiste en partir de un lado  $AB$  de longitud y acimut conocidos. Se estaciona en A y B midiendo  $\alpha$  y  $\beta$  con la mayor precisión posible.

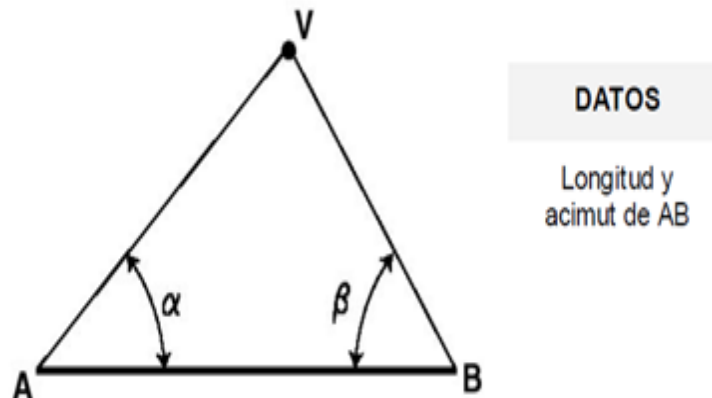


Figura 1. 11 Intersección directa



### Descripción del método

Sea  $V$  un punto cuya posición se requiere determinar y  $A$  y  $B$  puntos de coordenadas conocidas.

El método de intersección directa simplemente consiste en:

Estacionar el equipo topográfico en el punto conocido  $A$  y realizar las siguientes observaciones:

- Lectura de orientación (al menos a un punto conocido).
- Lectura al unto desconocido  $V$ .

Estacionar el equipo topográfico en el punto conocido  $B$  y realizar las siguientes observaciones:

- Lectura de orientación (al menos a un punto conocido).
- Lectura al punto desconocido  $V$ .

Intersección inversa.

En la intersección inversa las observaciones angulares se hacen desde el punto  $P$  cuyas coordenadas se requieren determinar. En la intersección simple se toman las lecturas horizontales a tres puntos de coordenadas conocidas, que son los mínimos que se necesitan para resolver la geometría. En la intersección múltiple se hacen las medidas a más de tres puntos, y es el método más aconsejable para hacer comparaciones.

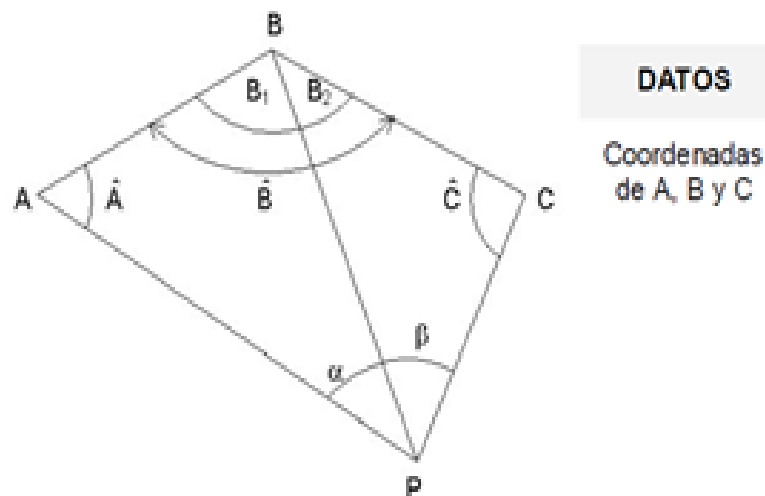


Figura 1. 12 Solución a la intersección inversa simple



### 1.4.5 Métodos basados en la medida de ángulos y distancias

Poligonal: En topografía se le da el nombre de poligonal aun polígono o a una línea quebrada de  $n$  lados. También se puede definir la poligonal como una sucesión de líneas rectas que conectan una serie de puntos fijos.

#### Clases de poligonales

De la definición de poligonal se deduce que las poligonales pueden ser cerradas o abiertas.

*Poligonal cerrada* es aquella cuyos extremos inicial y final coinciden; es decir, es un polígono.

*Poligonal abierta* es una línea quebrada de  $n$  lados o aquella poligonal cuyos extremos no coinciden.

Existen dos clases de poligonales abiertas: las de enlace y los caminamientos.

*Poligonal de enlace* es una poligonal abierta cuyos extremos son conocidos de antemano y, por tanto, puede comprobarse.

*Camina miento* se denomina a una poligonal abierta, en la cual solo se conoce el punto de partida y por esto no es susceptible de comprobación.

#### Metodología de levantamiento

Métodos de medida de ángulos y direcciones en las poligonales. Los métodos que se usan para medir ángulos o direcciones de las líneas de las poligonales son:

- a) El de rumbos
- b) El de ángulos interiores
- c) El de deflexiones
- d) El de ángulos a la derecha
- e) El de azimutes

#### 1.4.5.1 Trazo de poligonales por rumbos

La brújula de topógrafo se ideó para usarse esencialmente como instrumento para trazo de poligonales. Los rumbos se leen directamente en la brújula a medida que se dirigen las visuales según las líneas (o lados) de la poligonal. Normalmente se emplean rumbos calculados, más que rumbos observados, en los levantamientos para poligonales que se trazan por rumbos mediante un tránsito. El instrumento se orienta en cada estación visando hacia la estación anterior con el rumbo inverso marcado en el limbo. Luego se lee el ángulo a la estación que sigue y se aplica al rumbo inverso para obtener el rumbo siguiente.

### 1.4.5.2 Trazo de poligonales por ángulos interiores

Ángulos interiores, como ABC, BCD, CDE, DEA y EAB se usan casi en forma exclusiva en las poligonales para levantamientos catastrales o de propiedades. Pueden leerse tanto en el sentido de rotación como en el sentido contrario, y con la brigada de topografía siguiendo la poligonal ya sea hacia la derecha o hacia la izquierda. Es buena práctica, sin embargo, medir todos los ángulos en el sentido de rotación del reloj. Si se sigue invariablemente un método se evitan los errores de lectura, de anotación y de trazo. Los ángulos exteriores deben medirse para cerrar al horizonte.

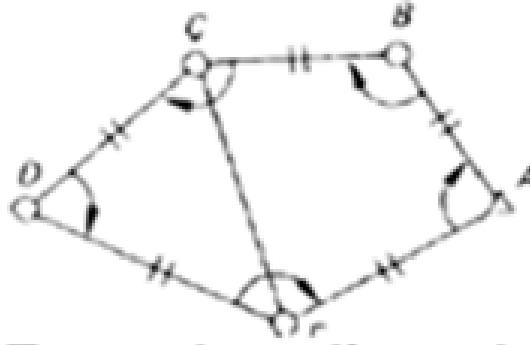


Figura 1. 13 Poligonal cerrada con ángulos interiores

### 1.4.5.3 Trazo de poligonales por ángulos exteriores

Los levantamientos para vías terrestres se hacen comúnmente por deflexiones medidas hacia la derecha o hacia la izquierda desde las prolongaciones de las líneas. Un ángulo de deflexión no está especificado por completo sin la designación D o I, y por supuesto, su valor no puede ser mayor de  $180^\circ$ .

Cada ángulo debe duplicarse o cuadruplicarse (es decir, medirse 2 o 4 veces) para reducir los errores de instrumento, y se deben determinar un valor medio.

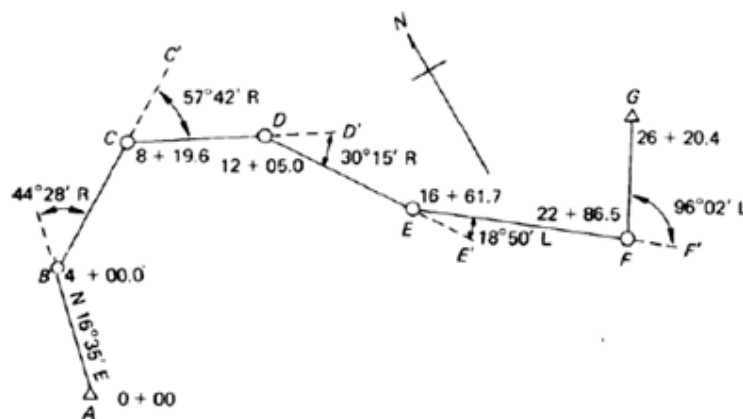


Figura 1. 14 Poligonal abierta con ángulos exteriores

#### 1.4.5.4 Conservación de Azimutes

Este método se emplea para cualquier clase de polígonos.

Con el anteojo en posición directa, se orienta el aparato en el primer vértice (magnéticamente o astronómicamente), para medir con un vernier el azimut del primer lado. Después, conservando en el vernier esta lectura, se traslada el aparato al punto siguiente, y al ver al de atrás en posición inversa, queda el anteojo sobre la línea cuyo azimut se tiene marcado. Se vuelve al anteojo en posición directa, y así se logra que en aparato quede en una posición paralela a la que tuvo en el punto de atrás, o sea que el cero queda otra vez orientado al Norte y dejando ahí fija la graduación (movimiento general apretado), se afloja el tornillo del movimiento particular y puede medirse el azimut de la siguiente línea, con el vernier. Así se continúa el procedimiento recorriendo ordenadamente los vértices.

#### 1.4.5.5 Método de radiación

El método de radiación es uno de los métodos de poligonales cerradas, y es el más simple en el que se emplea el teodolito y la cinta.

Consiste en situar el aparato topográfico en el punto O de coordenadas conocidas, interior al conjunto ABC... que se han de levantar, y tras orientar el instrumento se determinan los acimutes y las longitudes OA, OB...

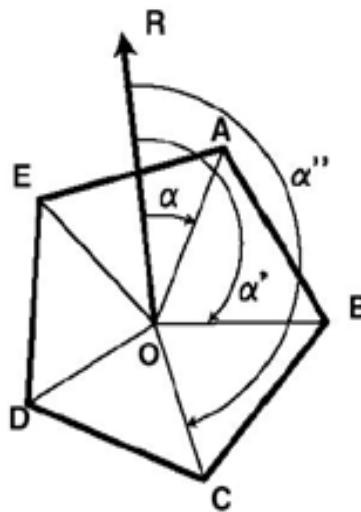


Figura 1. 15 Radiaciones



### 1.4.6 Métodos altimétricos

#### Generalidades.

Recibe el nombre de nivelación o altimetría el conjunto de trabajos que suministran los elementos para conocer las alturas y forma del terreno con sentido vertical.

Todas las alturas de un trabajo de topografía, están referidas a un plano común de referencia. Este plano llamado de comparaciones es una superficie plana imaginaria, cuyos puntos se asumen con una elevación o altura de cero.

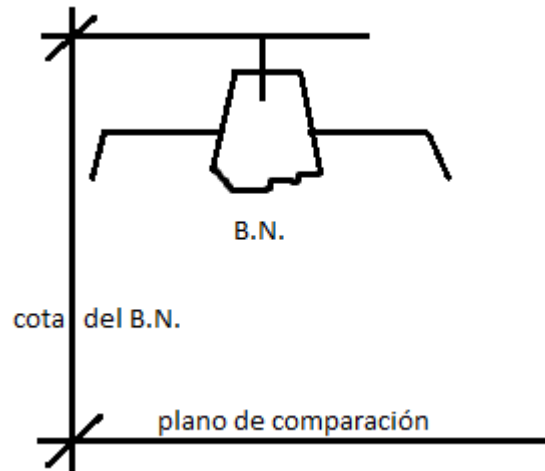


Figura 1. 16 Banco de nivel

Se denomina *cota*, *elevación* o *altura* de un punto determinado de la superficie terrestre a la distancia vertical que existe desde el plano de comparación el del nivel medio del mar, que se establece por medio de un gran número de observaciones en un aparato llamado mareógrafo a través de un largo periodo de años

#### 1.4.6.1 Nivelación directa o topográfica

La nivelación directa o topográfica es la que se realiza por medio de los aparatos llamados niveles y se llama directa porque al mismo tiempo que se va ejecutando, va conociendo los desniveles del terreno.

#### 1.4.6.2 Nivelación Barométrica

Es el método más impreciso. Se emplean barómetros o altímetros de modo que el desnivel de entre puntos se deduce por la variación de la columna de mercurio.

#### 1.4.6.3 Nivelación trigonométrica

La nivelación indirecta o trigonométrica tiene por objeto determinar la diferencia de alturas entre dos puntos, midiendo la distancia horizontal o inclinada que los separa y el ángulo vertical que forma la línea que les une con el plano horizontal que pasa por el punto donde se hace la observación.

En la topografía ordinaria la nivelación trigonométrica proporciona un medio rápido para determinar los desniveles y las cotas de los puntos en terreno quebrado.

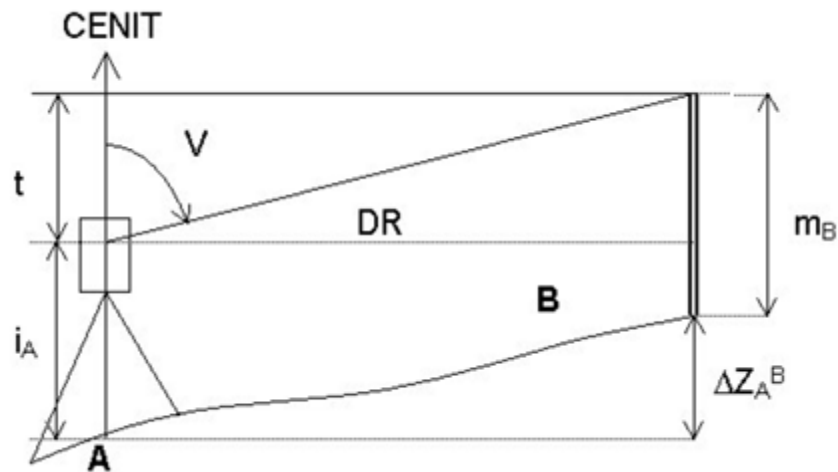


Figura 1. 17 Nivelación trigonométrica

#### 1.4.6.4 Nivelación diferencial

Se llama así a la nivelación que tiene por único objeto determinar la diferencia de elevación entre dos o más puntos del terreno sin tomar en cuenta las distancias.

La nivelación diferencial puede ser simple o compuesta.

##### Nivelación simple

La nivelación diferencial es simple cuando el desnivel entre dos puntos puede obtenerse haciendo solamente una estación con el instrumento. Este caso se presenta cuando los puntos cuyo desnivel se desea conocer no están separados por una distancia mayor de 200 metros y el desnivel entre los mismos no es mayor que la longitud del estadal.

##### Nivelación compuesta

Cuando no pueden cumplirse las condiciones señaladas para la nivelación simple porque los puntos extremos de la línea cuyo desnivel se desea conocer estén muy lejanos uno del otro, o hay obstáculos intermedios, entonces el desnivel se obtiene por medio de la nivelación compuesta, que consiste en repetir la operación indicada para la nivelación simple, tantas veces como sea necesario, estableciendo puntos intermedios denominados puntos de liga (P.L.) donde se hacen dos lecturas en el estadal, una adelante y otra atrás.

Los P.L. deben ser puntos definidos y se establecerán empleando objetivos naturales o artificiales como rocas, troncos árboles, estacas con clavos o grapas y marcas pintadas o labradas con cincel.

La nivelación diferencial compuesta requiere una serie de cambios de instrumento a lo largo de la ruta general y, para cada cambio, una lectura atrás en el estadal; colocado



sobre el punto de elevación conocida y otra lectura adelante al punto de elevación desconocida.

### **1.4.7 Métodos indirectos**

#### **1.4.7.1 Percepción remota**

La percepción remota se define como el grupo de técnicas para la obtención de información confiable sobre las propiedades físicas de ciertas superficies u objetos y su entorno, desde distancias relativamente grandes, sin contacto físico con ellos. Implica, entre otras cosas, analizar imágenes que son ampliamente procesadas e interpretadas para producir datos que pueden aplicarse en agricultura, geología, geografía, oceanografía y ecología, aunque también tiene fines militares. El método de percepción remota está restringido a métodos que emplean la energía electromagnética como medio de detección y medida de las características de los objetos. Este tipo de energía incluye: la luz, el calor, las ondas de radio y excluye los estudios eléctricos, magnéticos y gravimétricos, que miden los campos de fuerza.

La percepción remota puede verse como un proceso que requiere:

- Una fuente emisora de energía electromagnética
- Un objeto por estudiar
- Un sistema capaz de captar información
- Una distancia entre el objeto de estudio y el sistema que puede captar la información

#### **Fuente de energía**

Se denomina así al emisor de la energía lumínica o radiación electromagnética que utiliza el sistema de percepción remota. La fuente puede ser externa al sensor remoto, caso que aplica para los sistemas pasivos, o puede ser propia del sensor remoto a través de un haz de energía, caso que aplica para los sistemas activos.

Los sistemas pasivos suelen utilizar la radiación del Sol y los sistemas activos envían microondas para que choquen con el objeto y se devuelvan enseguida al sensor, brindando la posibilidad de obtener mejor información de la cobertura.

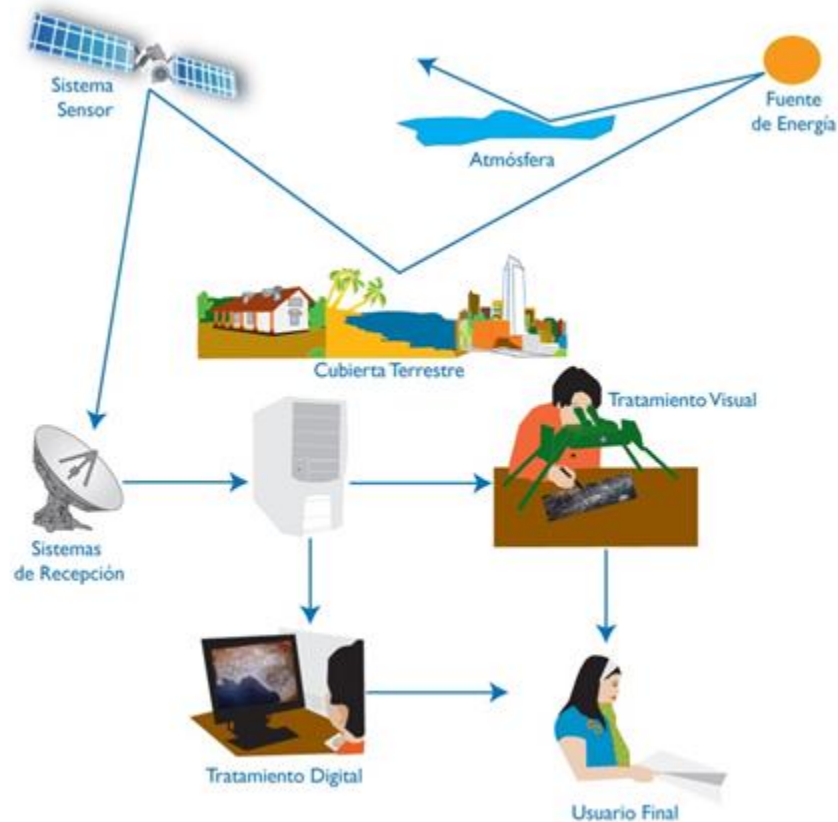


Figura 1. 18 Metodología para el procesamiento de imágenes satelitales

El procesamiento de las imágenes digitales consiste en la manipulación numérica de dichas imágenes e incluye:

- Preprocesamiento
- Realce
- Clasificación

**Preprocesamiento.** Consiste en el procesamiento inicial de los datos crudos para corregir las distorsiones radiométricas y geométricas de la imagen y eliminar el ruido. Las distorsiones radiométricas obedecen a mecanismos que alteran los valores de brillo de los píxeles y se deben fundamentalmente a interferencias atmosféricas y a efectos asociados a instrumentación.

**Realces.** Son procedimientos que tienden a mejorar la interpretabilidad visual de una imagen, aunque no aumentan la cantidad de información contenida en ella. El rango de opciones de que dispone el analista para realces de imagen es virtualmente ilimitado, aunque la mayoría de estas técnicas pueden ubicarse en dos grupos: operaciones de punto, que modifican independientemente el brillo de cada píxel y operaciones locales, que



modifican el valor de cada pixel basadas en el valor de los pixeles vecinos. Dentro de las primeras citaremos algunas como estiramiento de contraste y manipulaciones espectrales, y entre las segundas el filtrado espacial.

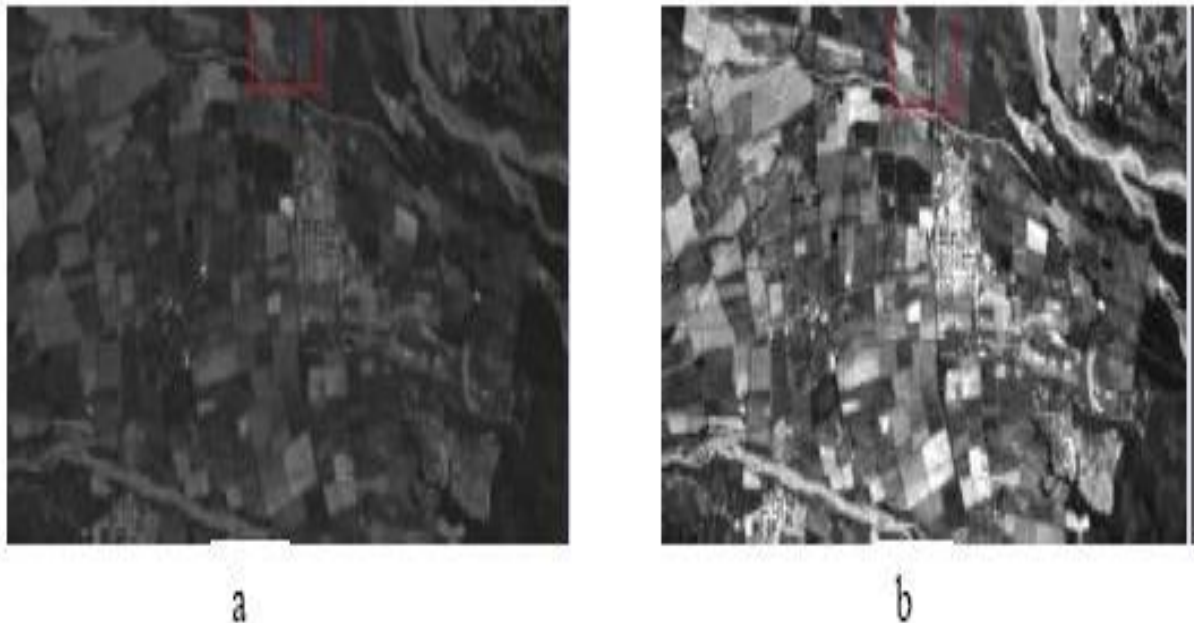


Figura 1. 19 Realce

## Clasificación

**Clasificación supervisada.** Podemos definir esta clasificación como un proceso en que pixeles de identidad conocida, ubicados dentro de las áreas de entrenamiento, se utilizan para clasificar pixeles de identidad desconocida.

**Clasificador por mínima distancia.** Con este clasificador los datos de entrenamiento se utilizan sólo para determinar la media de las clases seleccionadas como regiones de interés.

**Clasificador por paralelepípedos.** Este clasificador se implementa definiendo un subespacio en forma de paralelepípedo (es decir, un hiper-rectángulo) para cada clase.

**Clasificación no supervisada.** Se trata de un método iterativo que requiere relativamente poca intervención humana, siendo usual que el analista deba especificar.

### 1.4.7.2 Fotogrametría

**Fotogrametría:** ciencia desarrollada para obtener medidas reales a partir de fotografías, tanto terrestres como aéreas, para realizar mapas topográficos, mediciones y otras aplicaciones geográficas.

### Método estereoscópico

La restitución estereoscópica se basa en la introducción de dos fotos del mismo objeto en un aparato restituidor que permite visualizar estereoscópicamente dicho objeto en relieve, y que dispone de unos mecanismos para situar un índice sobre cualquier punto del objeto virtual, colocándose automáticamente su posición en el espacio.



Figura 1. 20 Restituidor analógico

En otros casos (restituidores analógico o digitales) se marcan puntos singulares o definitorios del objeto, para posteriormente dibujar líneas entre ellos y obtener un modelo tridimensional del mismo.

### Método por intersección directa

En este método, se utilizan las fotografías tomadas del objeto como si fuesen taquímetros. Es decir, cada punto marcado en una fotografía, supone una recta virtual que pasa por el centro del objetivo de la cámara y el punto señalado en la fotografía, deduciendo que obligadamente pasa también por el punto real del objeto. Al marcar el mismo punto en dos o más fotografías, todas las rectas deberán cortarse teóricamente en el espacio de un solo punto, que es precisamente el punto real del objeto. Las leyes de la perspectiva, permiten calcular las coordenadas reales de dicho punto (X, Y, Z) a través de las coordenadas fotográficas del punto en las fotografías.

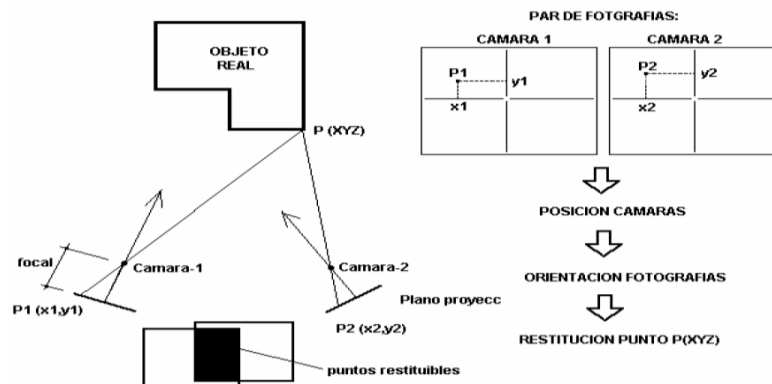


Figura 1. 21 Método intersección directa



## **1.5 Metodología de levantamientos geodésicos**

Levantamientos Geodésicos.

Son el conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete destinado a determinar las Coordenadas geodésicas de puntos sobre el Terreno convenientemente elegidos. Se realizan en grandes áreas de la Superficie terrestre y se toma en cuenta la curvatura de la Tierra.

Para que un levantamiento sea considerado como geodésico deberá tomar en cuenta los efectos de curvatura terrestre y ejecutarse con instrumental y procedimientos que permitan una precisión interna compatible con las especificaciones de exactitud.

Se consideran los siguientes tipos de levantamientos geodésicos:

### **1.5.1 Triangulación**

Constituye el Método clásico y universalmente conocido para el desarrollo de los levantamientos geodésicos horizontales, mediante un procedimiento que determina las longitudes de los lados de un sistema de triángulos interconectados, con base en la medida de algunos lados y de todos los ángulos.

### **1.5.2 Trilateración**

En este método la situación se invierte, para medir directamente los lados y de ahí derivar los valores angulares, excepto que para efectos de control de dirección se requiere la medida de algunos ángulos.

### **1.5.3 Triangulateración**

Este método combina los dos anteriores mediante la medida directa de ángulos y distancias; permite una mayor elasticidad en el diseño y proporciona mayor rigidez y confiabilidad a los levantamientos.

### **1.5.4 Poligonación**

Consiste en la medida directa de ángulos y distancias entre puntos consecutivos que forman una línea poligonal continua.

### **1.5.5 Método Astronómico**

Consiste en la observación de la posición angular de objetos relativamente fijos sobre la Esfera celeste cuyas coordenadas se conocen en el tiempo. El método se aplica para la determinación de coordenadas astronómicas puntuales y mayormente para el control en dirección de otros métodos de levantamiento, como se especifica en las partes conducentes de este documento.



### **1.5.6 Método Inercial**

El método se fundamenta en la medida de variaciones de aceleración referidas a tres ejes que se estabilizan mediante giroscopios, conjunto montado sobre una plataforma móvil. Las variaciones se traducen en desplazamientos que referidos a una cierta posición de origen, producen las coordenadas geodésicas requeridas. El método ofrece las ventajas de poder determinar además otros parámetros geodésicos, utilización en todo tiempo y ser de alto rendimiento, pero habrá que considerar su costo inicial y capacidad real para producir resultados exactos. Debido a esto último y a que el método está todavía en la etapa introductoria, no se darán por ahora normas y especificaciones en este documento, debiendo observarse las indicadas por los fabricantes de los instrumentos.

### **1.5.7 Técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global**

Este método consiste en recibir la señal electromagnética emitida por los satélites de la constelación NAVSTAR que conforman el Sistema de Posicionamiento Global para determinar la posición relativa de puntos sobre la superficie terrestre. Dada la complejidad, el tamaño y dinámica de cambio de las normas para este tipo de levantamientos se tratarán a detalle en un documento por separado, dándose en éste los lineamientos mínimos.

### **1.5.8 Diferencia entre métodos de Topografía y Geodesia**

La Topografía opera sobre porciones pequeñas de terreno, no teniendo en cuenta la verdadera forma de la Tierra, sino considerando la superficie terrestre como un plano. Cuando se trata de medir grandes extensiones de tierra, como por ejemplo, para confeccionar la carta de un país, de un estado o de una ciudad grande, no se puede aceptar la aproximación que da la topografía, teniéndose entonces que considerar la verdadera forma de la Tierra y por consiguiente la superficie ya no se considera un plano sino se toma como parte de la superficie de un elipsoide y tendremos que acudir a la Geodesia.





## MODULO II



## **2. SISTEMA DE AGUA**

### **2.1 Definición de un sistema de agua y cuál es su función**

Un Sistema de agua es el conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados a conducir las aguas requeridas bajo una población determinada para satisfacer sus necesidades, así como suministrar y distribuir los servicios de agua potable y drenaje a los habitantes con la cantidad, calidad y eficiencia necesarios; a través de la infraestructura existe, fomentar una cultura moderna de utilización que garantice el abasto razonable del recurso y de sanear las aguas servidas a través de sistemas de tratamiento para disminuir la contaminación de los cuerpos receptores.

Dentro de las funciones que tiene un sistema de agua son:

- Proporcionar agua a los municipios, comunidades, núcleos de población, organismos, fraccionamiento y particulares que la requieran.
- Planear y programar coordinadamente con las dependencias gubernamentales, federales, estatales y municipales, las obras de agua potable, drenaje, tratamiento, reusó de aguas residuales tratadas y control y disposición final de lodos productos del tratamiento de aguas.
- Ejecutar las acciones necesarias para construir, conservar, mantener, operar y administrar sistemas de agua para consumo humano y de servicios de drenaje, tratamiento y reuso de aguas residuales tratadas y control y disposición final de los lodos producto del tratamiento de aguas.

### **2.2 Partes que consta un sistema de abastecimiento de agua**

#### **2.2.1 Obras de captación**

El abastecimiento del agua a un poblado se logra mediante el transporte de este líquido, desde la fuente de abastecimiento hasta un sitio ubicado en el poblado para su distribución.

La fuente de abastecimiento debe de proporcionar el caudal requerido para satisfacer las necesidades del ser humano (consumo, aseo personal, riego, limpieza, entre otras). Las fuentes de abastecimiento comprenden aguas superficiales y subterráneas, siendo necesario para ambos casos, la elaboración de un diagnóstico de la calidad del agua a utilizarse. Dichas aguas deben satisfacer las normas de calidad vigentes.

Es necesario definir 3 aspectos importantes dentro de este tema:

**Captaciones.** Son las obras civiles y electromecánicas que permiten disponer del agua superficial o subterránea de la fuente de abastecimiento.

**Aguas superficiales.** Se consideran aguas superficiales aquellas que se captan de canales, ríos y embalses.

**Aguas subterráneas.** Se consideran aguas subterráneas aquellas que se captan de pozos, manantiales y galerías filtrantes.

## 2.2.2 Captación de Aguas Superficiales

Para la captación en corrientes superficiales es necesario utilizar materiales resistentes al intemperismo y principalmente a la acción del agua.

Los elementos principales que deben integrar una obra de captación del tipo indicado son los siguientes:

- Dispositivos de toma (orificios, tubos)
- Dispositivos de control de excedencias (vertedores)
- Dispositivos de limpia (rejillas, cámaras de decantación)
- Dispositivos de control (compuertas, válvulas de seccionamiento)
- Dispositivos de aforo (tubo pitot, diferencial de presión con trasmisión, parshal, vertedores)

### Captación directa

La obra de captación en corrientes superficiales varía en su diseño de simples tubos sumergidos para pequeños abastecimientos correspondientes a las comunidades rurales, a grandes torres de toma usadas para las localidades urbanas medianas y grandes.

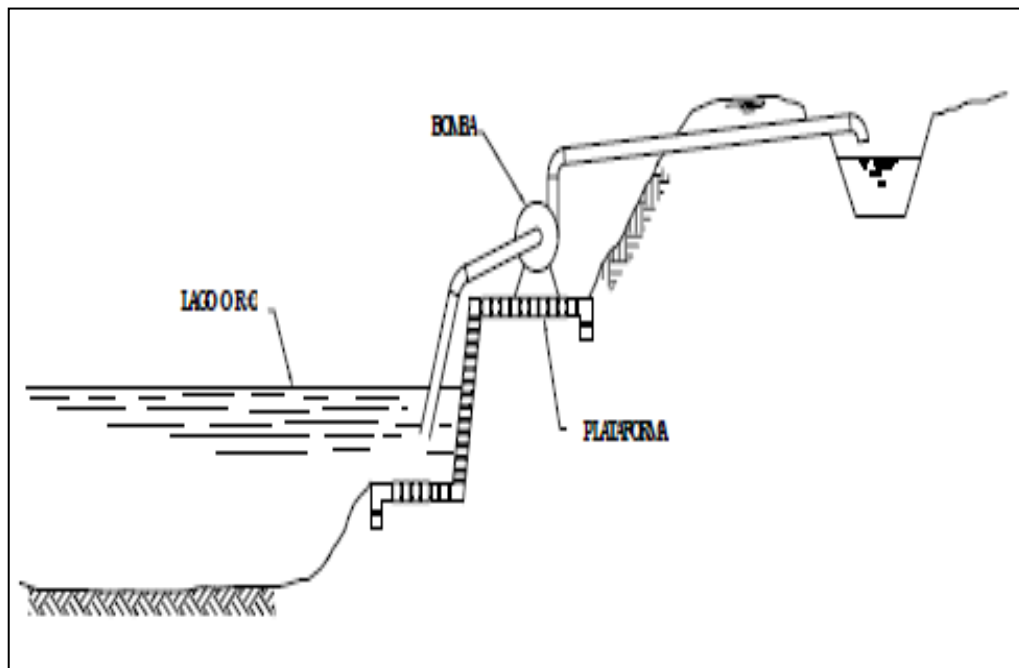


Figura 2. 1 Captación directa con bomba centrífuga horizontal



## Presas de almacenamiento

Una presa de almacenamiento es aquella que se construye en el cauce de un río con el objeto de almacenar agua que aporta la corriente, para emplearla de acuerdo a las demandas que se tengan. Sus partes esenciales son: la cortina, la toma y el vertedor de demasías.

Para la localización y el diseño de la obra de toma de una presa de almacenamiento con fines de abastecimiento de agua potable, se toman en cuenta los siguientes factores:

- Gasto por aprovechar. Corresponde al gasto máximo diario.
- Carga hidráulica. Depende de la altura de la cortina y del perfil de la conducción.
- Estudio de geotecnia.
- Tipo de cortina.
- Localización de la Planta potabilizadora.

## Captación de aguas subterráneas

Las aguas subterráneas se clasifican generalmente en agua freática y agua confinada.

Un manto de agua freática es aquel que no tiene presión hidrostática, circulando el agua en materiales granulares no confinados como arena, grava, aluviones, etc. El manto superior del acuífero se llama capa freática y su perfil en materiales granulares es semejante al perfil del terreno.

El agua subterránea confinada es aquella que está situada entre dos capas de materiales relativamente impermeables bajo una presión mayor que la atmosférica.

## Manantiales

El manantial es el sitio donde el acuífero emerge a la superficie y es posible captarlo de manera directa en el mismo sitio de afloramiento, o de manera, indirecta, en la cual se permite un tramo de escurrimiento y posteriormente se aprovechan las aguas.

Generalmente los diseños de obras de captación de manantiales se realizan para los dos tipos más comunes que se presentan en nuestro medio que son:

- Manantiales tipo ladera, con a flotamiento de agua freática.
- Manantiales con afloramiento, tipo artesano.

El aspecto principal para la captación de manantiales es su protección para que no se contamine y evitar que los afloramientos se obturen, ambos objetivos se logrando con la construcción de una caja que aísla el área de salida del agua; además para evita que los afloramientos trabajen contra carga en el época de lluvias, es decir, cuando el gasto que aporta el manantial sea superior al de conducción.

## Galerías filtrantes

Una galería filtrante se utiliza principalmente para captar agua del subálveo de corrientes superficiales, construyéndose de preferencia en el estiaje y en una de las márgenes,

paralela a la corriente. Se debe tomar en cuenta las características de socavación de la corriente en las avenidas importantes.

El agua captada por medio de una galería filtrante generalmente se conduce a un cárcamo de bombeo donde se inicia la conducción.

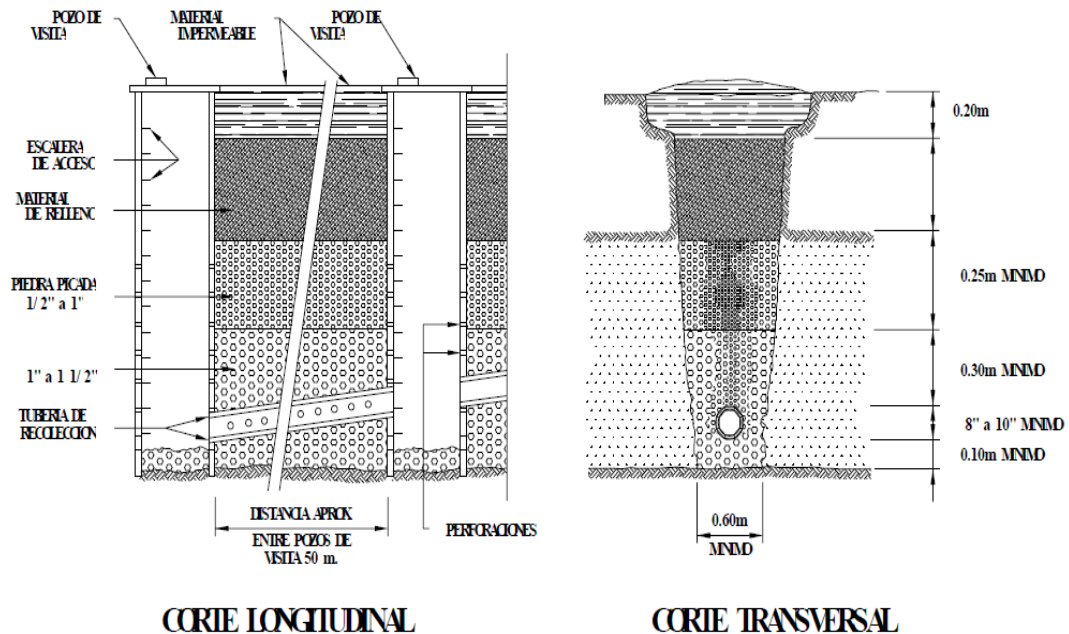


Figura 2. 2 Detalle de una galería de infiltración

### Puyones

Estos pozos someros de pequeño diámetro que también reciben el nombre de pozos hincados, se construyen de diversas formas, dependiendo del diámetro del pozo y del material que atraviesan. Su construcción más común en terreno blando y para obtener un gasto importante es necesario hincar varios; en este caso, al conjunto de varios pozos se le denomina “sistema de puyones”.

Los pozos perforados por el método de hincado, se construyen introduciendo en el terreno una punta coladora de pozo, denominada generalmente con el nombre de “puyón” ajustada al extremo de secciones de tubo de acero galvanizado debidamente acopladas. La punta se hunde hasta la formación acuífera, utilizando un equipo que incluye un martillo de impulsión, una tapa para hincado para proteger el extremo de la tubería ascendente durante la operación, un trípode, una polea y cuerda con o sin malacates.

El sistema de puyones se ha utilizado pocas veces para el abastecimiento de agua potable, principalmente en localidades rurales.

El gasto aproximado que se puede obtener con un puyón varía de 0.2 a 1.0 l/s. Los puyones se unen a una tubería principal que funciona como múltiple de succión, la que generalmente se une al equipo de bombeo.



### Pozos someros

Los pozos someros se construyen cuando es conveniente explotar el agua freática y/o del subálveo. El diámetro mínimo del pozo circular es 1.5 m y debe permitir que su construcción sea fácil, cuando la sección sea rectangular, la dimensión mínima debe ser 1.5 m. Para pozos con ademe de concreto, y cuando se utiliza el procedimiento de construcción llamado “indio”, los anillos que queden dentro del estrato permeable deben llevar perforaciones dimensionadas de acuerdo con un estudio granulométrico previo en caso de carecer de datos, se recomienda que el diámetro de las perforaciones este comprendido entre 25 y 250 mm, colocadas en tresbolillo, a una distancia de 15 o 25 cm, centro a centro.

### Pozos profundos

Las poblaciones que consumen agua subterránea disponen ordinariamente de pozos profundos que se perforan en capas acuíferas que evitan fluctuaciones, tienen un rendimiento uniforme y considerable. El agua profunda es de buena calidad, a menos que esté contaminada por infiltraciones en la capa acuífera, por cavernas o por fisuras en las rocas que la recubran.

En el pozo ordinario o de capa libre el agua se eleva a la altura del material saturado que le rodea, y no se halla sometida a otra presión más que la atmosférica. Un pozo artesiano es aquel en el que el agua se eleva por encima del nivel en que se encuentra el acuífero, debido a la presión del agua aprisionada en el acuífero.

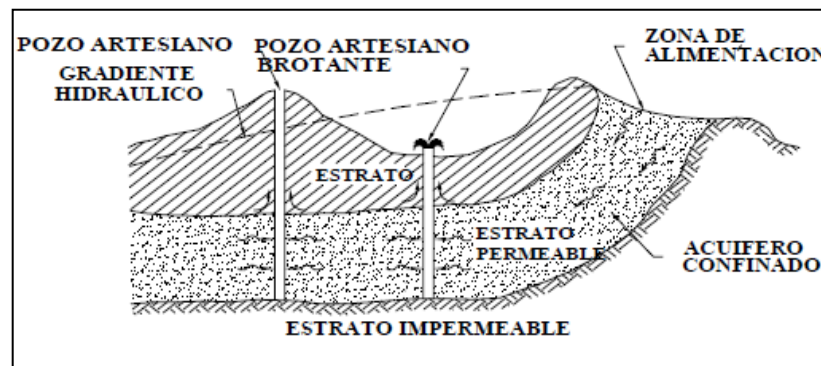


Figura 2. 3 Esquema de pozos artesianos

## 2.3 Línea de Conducción

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua potable se llama línea de conducción al conjunto integrado por tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control que permiten el transporte del agua desde una sola fuente de abastecimiento, hasta un solo sitio donde será distribuida en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión.

### 2.3.1 Clasificación de la Línea de Conducción

#### Tipo de entrega

Las conducciones deberán entregar el agua a un tanque de regularización, como se indica en la figura 2.4 y así facilitar el procedimiento de diseño hidráulico de los sistemas de agua potable.

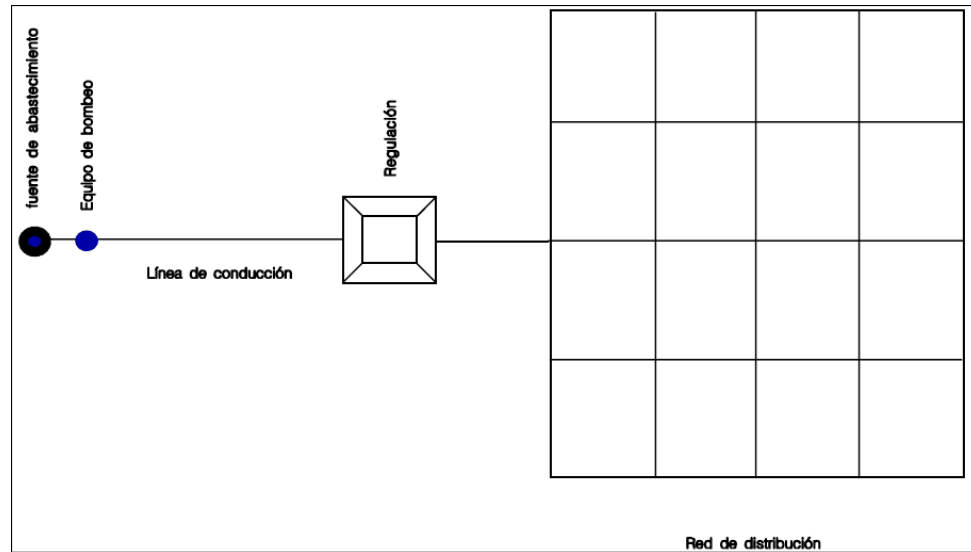


Figura 2. 4 Línea de conducción con entrega del agua a un tanque de regularización

En zonas rurales, se aceptan conducciones con entrega del agua a la red de distribución, únicamente cuando se logre considerable en la distancia de conducción y un aumento en las presiones de la red de distribución. Esto se consigue cuando el tanque de regularización se conecta a la red de distribución en un punto opuesto a la conexión de la conducción, como se indica en la Figura 2.5.

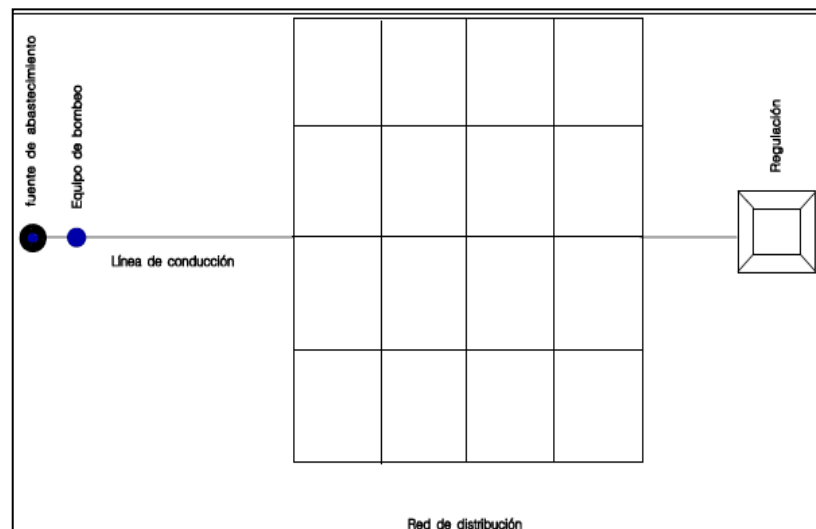


Figura 2. 5 Línea de conducción con entrega del agua a la red de distribución



En zonas urbanas, se aceptan conducciones con entrega del agua a la red de distribución, para el único caso en que el sistema sea existente y cuando demuestre que el diseño se fundamenta estrictamente en una modelación hidráulica correspondiente al tipo de entrega. No obstante, en la medida de lo posible, en estos sistemas se deberán hacer los cambios necesarios para entregar el agua a un tanque de regularización.

#### Conducciones por bombeo

La conducción por bombeo es necesaria cuando se requiere adicionar energía para obtener la carga dinámica asociada con el gasto de diseño. Este tipo de conducción se usa generalmente cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es menor a la altura piezométrica requerida en el punto de entrega. El equipo de bombeo proporciona la energía necesaria para lograr el transporte del agua.

#### Conducciones por gravedad

Una conducción por gravedad se presenta cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es mayor a la altura piezométrica requerida o existente en el punto de entrega del agua, el transporte del fluido se logra por la diferencia de energías disponible.

#### Conducción por bombeo-gravedad

Si la topografía del terreno obliga al trazo de la conducción a cruzar por partes más altas que la elevación de la superficie del agua en el tanque de regulación, conviene analizar la colocación de un tanque intermedio en este lugar. La instalación de este tanque ocasiona que se forme una conducción por bombeo-gravedad, donde la primera parte es por bombeo y la segunda por gravedad.

## 2.4 Línea de Conducción

En las ciudades donde es necesario buscar fuentes alternas para el abastecimiento del agua, en este caso resultan a menudo conducciones más económicas al interconectar estas, formando una red de conducción.

Las derivaciones de una conducción hacia dos o más tanques de regulación, ocasiona también la formación de redes de distribución.

#### Líneas paralelas

Las líneas de conducción paralelas se forman cuando es necesario colocar dos o más tuberías sobre un mismo trazo. Esta instalación se recomienda previo análisis económico para evitar la colocación de diámetros menores de 1.22m para efectuar la construcción por etapas según sean las necesidades de la demanda de agua, la disponibilidad de los recursos y facilitar la operación a diferentes gastos.

### 2.4.1 Componentes de una Línea de Conducción

Tuberías. Los materiales de mayor uso son; acero fibrocemento, concreto, presforzado, policloruro de vinilo (PVC), hierro dúctil, y polietileno de alta densidad.

Piezas especiales.

**Juntas.** Se utilizan para unir dos tuberías; las de metal pueden ser de varios tipos ejemplo Gibault, Dresser, etc.

**Carretes.** Son tubos de pequeña longitud provistos de bridas en los extremos para su unión

**Extremidades.** Son tubos de pequeña longitud que se colocan sobre alguna descarga por medio de una brida en uno de sus extremos; pueden ser campana o espiga.

**Tes.** Se utilizan para unir tres conductos donde las tres uniones pueden ser del mismo diámetro, o dos de igual diámetro y uno menor. En el segundo caso se llama reducción.

**Cruces.** Las cruces se utilizan para unir cuatro conductos, donde las cuatro uniones pueden ser el mismo diámetro, o dos menores de igual diámetro y dos menores de igual diámetro.

**Codos.** Los codos tienen la función de unir dos conductos del mismo diámetro en un cambio de dirección ya sea horizontal o vertical. Los codos pueden tener deflexiones de 22.5, 45 y 90 grados.

**Reducciones.** Se emplean para unir dos tubos de diferente diámetro.

**Coples.** Son pequeños tramos de tubo de PVC o de fibrocemento que se utilizan para unir las espigas de dos conductos del mismo diámetro.

**Tapones y tapas.** Se colocan en los extremos de un conducto con la función de evitar la salida de flujo.

### Válvulas

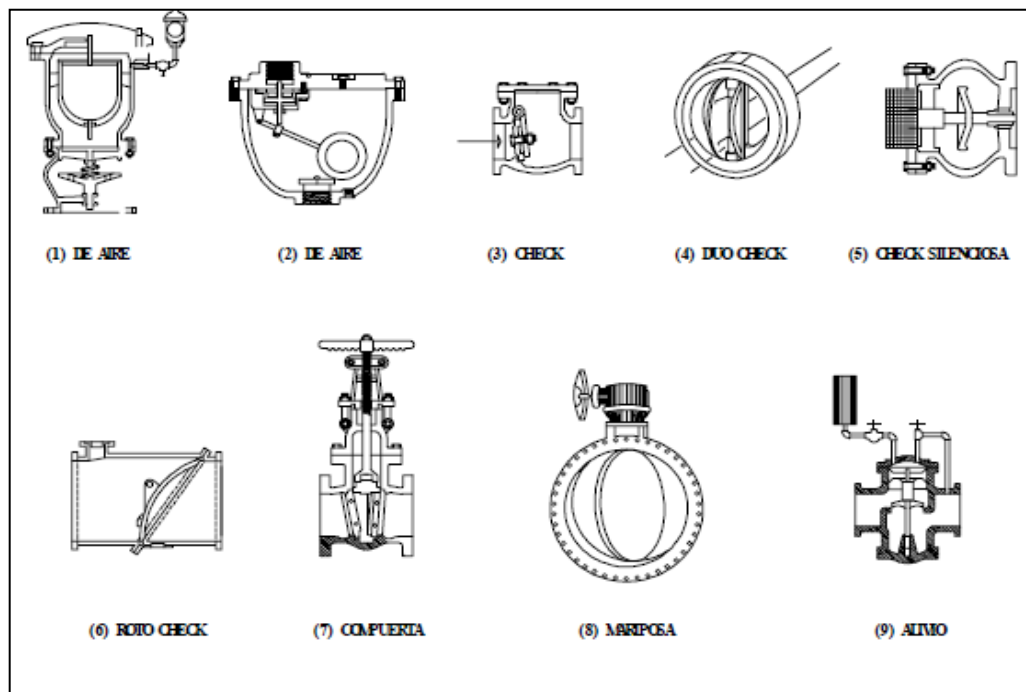


Figura 2. 6 Tipos de válvulas



Válvula eliminadora de aire. Cumple la función de expulsar el aire de la tubería que continuamente se acumula en las partes altas del perfil de la conducción, cuando esta se encuentre en operación.

Válvula de admisión y expulsión de aire. Se utiliza para expulsar el aire que contiene la tubería al momento de indicar el llenado del conducto. Una vez que el agua ejerce presión sobre el flotador de la válvula, esta se cierra y no abre mientras exista presión en el conducto. Otra función es que permite la entrada de aire dentro del tubo al momento de iniciar el vaciado de la tubería, y con ello se presentan presiones negativas.

Válvula de no retorno. Tiene la función de evitar la circulación del flujo en el sentido contrario al definido en el diseño.

Válvula de seccionamiento. Se utiliza para controlar el flujo dentro del tubo, ya sea para impedir el paso del agua o reducir el gasto a un valor requerido. Pueden ser, por ejemplo, tipo compuerta, de mariposa o de esfera.

Dispositivos para control de transitorios.

Válvula aliviadora de presión. Se coloca en la tubería para disminuir las sobrepresiones causadas por un fenómeno transitorio.

Válvula anticipadora del golpe de ariete. Protege al equipo de bombeo de la onda de sobrepresión causada por el paro de la bomba o falla de la energía. Esta válvula opera con la presión de la línea de conducción, y el nombre de anticipadora se debe a que entra en funcionamiento antes de la llegada de la onda de sobrepresión.

Torre de oscilación. La torre de oscilación es una estructura a menudo de forma circular en contacto con la atmosfera por la parte superior, cuyo diámetro es por lo general mayor que el de la conducción. Es una de las estructuras más confiables para el control de los transitorios, sin riesgos de funcionamiento al no tener elementos de operación.

Tanque unidireccional. Es una estructura que se coloca generalmente a una elevación superior a la del terreno natural y este por lo general se encuentra en contacto con la atmosfera por la parte superior. La elevación de la corona es menor a la carga piezométrica del punto de conexión del tanque con la conducción.

Cámara de aire. Es un depósito conectado con la conducción por lo general metálico cerrado en cuyo interior la parte inferior contiene un volumen de agua y la superficie un volumen de aire. Se coloca normalmente al nivel de terreno natural en las cercanías de una planta de bombeo.



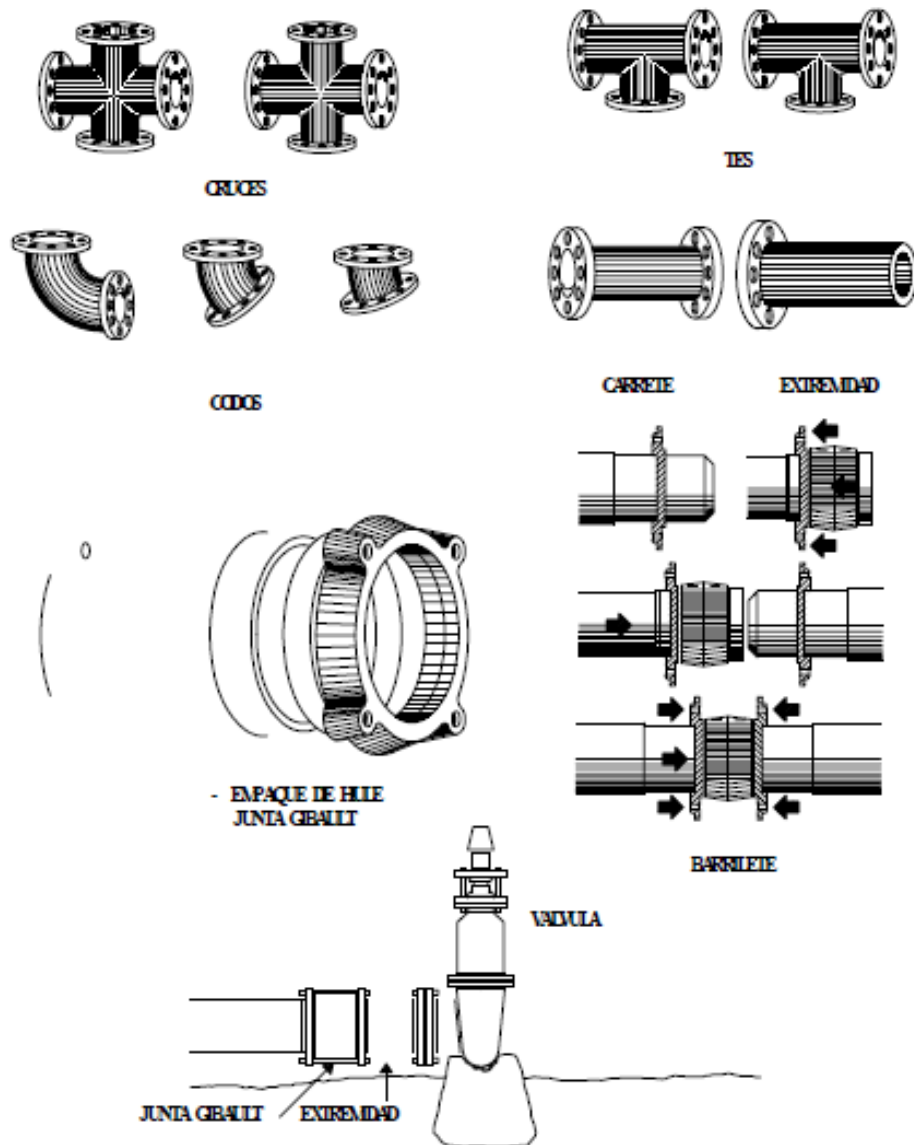


Figura 2. 7 Piezas especiales de Fierro fundido

## 2.5 Obra de regularización

El tanque de regulación es la parte del sistema de abastecimiento de agua potable que recibe un gasto desde la fuente de abastecimiento para satisfacer las demandas variables de la población a lo largo del día; permite el almacenamiento de un volumen de agua cuando la demanda en la población es menor que el gasto de llegada y el agua almacenada se utiliza cuando la demanda es mayor. Generalmente esta regulación se hace por periodos de 24 horas.

La regularización tiene por objeto lograr la transformación de un régimen de aportaciones (de la conducción) que normalmente es constante, en régimen de consumos o demandas (de la red de distribución) que siempre es variable.



La elección del sitio y del tipo de tanque (enterrados, semienterrados, superficiales y/o elevados), se basa en las características físicas de la localidad, considerando las líneas de conducción y redes de distribución, tanto existentes como de proyecto.

### **2.5.1 Clasificación de Tanques**

La clasificación de los tanques es de acuerdo al material disponible en la región, de las condiciones topográficas y de la disponibilidad de terreno.

#### **Tanques enterrados.**

Estos tanques se construyen bajo el nivel del suelo. Se emplean preferentemente cuando existe terreno con una cota adecuada para el funcionamiento de la red de distribución y de fácil excavación.

Los tanques enterrados tienen como principal ventaja el proteger el agua de las variaciones de temperatura y una perfecta adaptación al entorno. Tiene el inconveniente de requerir importantes excavaciones tanto para el propio tanque como para todas sus instalaciones de conexión con la red de distribución y la línea de conducción además la dificultad de control de posibles filtraciones que se presenten.

#### **Tanques semienterrados.**

Los tanques semienterrados tienen parte de su estructura bajo el nivel del terreno y parte sobre el nivel del terreno.

Se emplean generalmente cuando la altura topográfica respecto al punto de alimentación es suficiente y el terreno presenta dificultad de excavación.

Permite un fácil acceso a las instalaciones del propio tanque.

#### **Tanques superficiales**

Los tanques superficiales están contruidos sobre la superficial del terreno. La construcción de este tipo de tanques es común cuando el terreno es “duro” o conviene no perder altura y se tiene la topografía adecuada.

Los tanques superficiales se sitúan en una elevación natural en la proximidad de la zona por servir de manera que la diferencia de nivel del piso del tanque con respecto al punto más alto por abastecer sea de 15 m y la diferencia de altura entre el nivel del tanque en el nivel máximo de operación y el punto más bajo por abastecer sea de 50 m.

#### **Tanques elevados**

Los tanques elevados son aquellos cuya base está por encima del nivel del suelo, y se sustenta a partir de una estructura.

Generalmente son contruidos en localidades con topografía plana donde no se dispone en su proximidad de elevaciones naturales con altimetría apropiada. El tanque elevado se refiere a la estructura integral que consiste en el tanque, la torre y la tubería de alimentación y descarga.

Para tener un máximo beneficio, los tanques elevados, generalmente con torres de 10, 15 y 20 m de altura, se localizan cerca del centro de uso. En grandes áreas se localizan varios tanques en diversos puntos. La localización central decrece las pérdidas por fricción y es importante también para poder equilibrar presiones lo más posible.

Cuando el tanque elevado se localiza en la periferia de la población, da como resultado una pérdida de carga muy alta al alcanzar el extremo opuesto más alejado o presiones excesivas en el extremo más cercano al tanque.

Cuando el tanque se ubica en un sitio céntrico de la población o área por servir las presiones son mas uniformes tanto en los periodos de mínima como de máxima demanda.

Un aspecto importante de los tanques elevados es el aspecto estético, por su propia concepción son vistos desde puntos muy lejanos. No pueden darse reglas sobre este tema salvo la de buscar su integración en el entorno o paisaje.

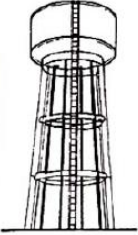
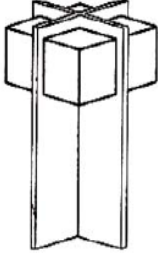
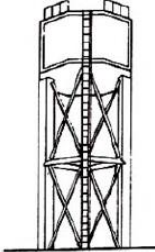
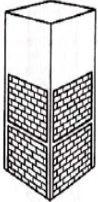
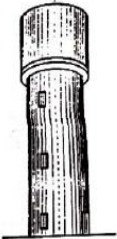



<p>Tanque elevado de concreto contraventeado</p> 	<p>Tanque elevado de concreto con muros de concreto</p> 	<p>Tanque elevado de concreto con traveses rigidizantes</p> 	<p>Tanque elevado de concreto con muros de mampostería</p> 
<p>Tanque elevado cilíndrico de concreto con subestructura cilíndrica</p> 	<p>Tanque elevado de concreto con cubierta cónica</p> 	<p>Tanque con la torre del mismo diámetro del recipiente</p> 	<p>Tanque con traveses rigidizantes</p> 

Figura 2. 8 Tipos de tanques elevados

## 2.6 Red de distribución

Una red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo domestico, publico, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios. La red de distribución de agua potable se diseña con el gasto máximo horario.

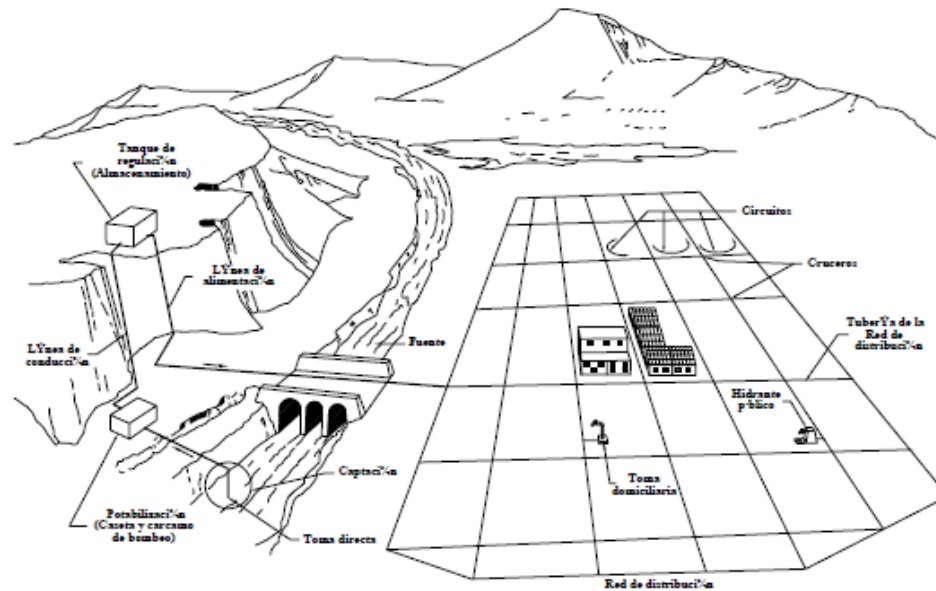


Figura 2. 9 Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable

La distribución se inicia en el tanque de regularización y las tuberías que la integran son de diferentes diámetros, que van enterradas en la vía pública, es decir, en terrenos propiedad del Municipio (nunca en terrenos de propiedad particular) a las que se conectan tuberías de pequeños diámetros para introducir el agua a las casas y edificios.

La red debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y una presión adecuada. Los límites de calidad del agua, para que pueda ser considerada como potable se establecen en la Norma Oficial Mexica NOM-127-SSA1 vigente.

### 2.6.1 Componentes de una red de distribución

Una red de distribución de agua potable se compone generalmente de:

**Tuberías.** Se llama así al conjunto formado por los tubos (conductos de sección circular) y su sistema de unión o ensamble.

De acuerdo con su función, la red de distribución puede dividirse en red primaria, y red secundaria. A la tubería que conduce el agua desde el tanque de regulación hasta el punto



donde inicia su distribución se le conoce como línea de alimentación y se considera parte de la red primaria.

La división de distribución en red primaria o secundaria dependerá del tamaño de la red y de los diámetros de las tuberías. De esta forma la red primaria se constituye de los tubos de mayor diámetro y la red secundaria por las tuberías de menor diámetro, las cuales abarcan la mayoría de las calles de la localidad.

- Tuberías de plástico. Tubos de policloruro de vinilo (PVC), tubos de polietileno de baja densidad (PEBD), tubos de polietileno de media densidad (PEMD) y tubos de polietileno de alta densidad (PEAD)
- Tuberías de fibrocemento (FC) se fabrican con cemento, fibras de asbesto y sílice. De esta forma, se dispone de tubos de cuatro o cinco metros de longitud y coples de fibrocemento como sistema de unión.
- Tuberías de fierro fundido (Fo.Fo.) o colado ha sido empleado para fabricar tuberías, piezas especiales y válvulas. Se dispones de dos tipos de fierro fundido: el fierro gris y el fierro dúctil. Entre sus ventajas se puede mencionar que posee alta resistencia a impactos y a las cargas normales y extraordinarias, así como a la presión interna, alta resistencia a la corrosión entre otras.
- Tuberías de concreto son más utilizadas en líneas de conducción que en redes de distribución, pero pueden ser utilizadas en las tuberías principales de la red primaria en el caso de redes de gran tamaño. La tubería de concreto que se utiliza en agua es de concreto presforzado.
- Tuberías de acero. En líneas de conducción, al igual que las tuberías de concreto, las tuberías de acero son utilizadas cuando se tienen altas presiones y se requieren grandes diámetros. La diferencia entre su uso es que las tuberías de concreto generalmente son enterradas y las tuberías de acero se pueden emplear en instalaciones expuestas, que en caso de ser enterradas son protegidas por un recubrimiento exterior.

Piezas especiales. Son aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetro, uniones de tuberías de diferente material o diámetro, y terminales de los conductos, entre otros.

- Cruces
- Codos
- Tes
- Carrete
- Extremidades
- Jutas mecánicas, Gibault
- Empaques
- Tornillos





Válvulas. Son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el flujo en las tuberías. Pueden ser clasificadas de acuerdo a su función en dos categorías:

1. Aislamiento o seccionamiento
2. Control
  - Válvulas de compuerta
  - Válvulas de mariposa
  - Válvulas de asiento
  - Válvulas de altitud
  - Válvulas para la admisión y expulsión de aire
  - Válvulas controladoras de presión
  - Válvulas de globo
  - Válvulas de retención (doble compuerta, disco inclinante, disco de hule, oscilante)

Hidrantes. Se le llama de esta manera a una toma o conexión especial instalada en ciertos puntos de la red con el propósito de abastecer de agua varias familias (hidrante público) o conectar una manguera o una bomba destinada a proveer agua para combatir el fuego (hidrante contra incendio).

Tanques de distribución. Es un depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente. El almacenamiento permite regular la distribución o simplemente prever fallas en el suministro, aunque algunos tanques suelen realizar ambas funciones.

Se llama tanque de regulación cuando guarda cierto volumen adicional de agua para aquellas horas del día en que la demanda en la red sobrepasa al volumen suministrado por la fuente.

Tomas domiciliarias. Es el conjunto de piezas y tubos que permite el abastecimiento desde una tubería de la red de distribución hasta el predio del usuario, así como la instalación de un medidor. Es la parte de la red que demuestra la eficiencia y calidad del sistema de distribución pues es la que abastece de agua directamente al consumidor.

Rebombas. Consiste en instalaciones de bombeo que se ubican generalmente en puntos intermedios de una línea de conducción y excepcionalmente dentro de la red de distribución. Tienen el objetivo de elevar la carga hidráulica en el punto de su ubicación para mantener la circulación del agua en las tuberías.

Estas se utilizan en la red de distribución cuando se requiere de interconexión entre tanques que abastecen diferentes zonas, transferencia de agua de una línea ubicada en partes bajas de la red al tanque de regulación de una zona de servicio de una zona alta e incremento de presión en una zona determinada mediante rebombeo directo a la red o “booster”

Cajas rompedoras de presión. Son depósitos con superficie libre del agua y volumen relativamente pequeño, cuya función es permitir el flujo de la tubería se descargue en esta, eliminando de esta forma la presión hidrostática y estableciendo un nuevo nivel estático aguas abajo.



## 2.6.2 Características de Redes de distribución

Los esquemas básicos o configuraciones se refieren a la forma en la que se enlazan o trazan las tuberías de la red de distribución para abastecer de agua a las tomas domiciliarias. Se tienen tres posibles configuraciones de la red:

**Cerrada.** Sus tuberías forman al menos un circuito. La ventaja de las redes cerradas es que en caso de falla, el agua puede tomar trayectorias alternas para abastecer una zona de la red. Una desventaja es que no es fácil localizar las fugas.

**Abierta.** Es aquella red que se compone de tuberías que se ramifican sin formar circuitos. Este tipo de red tiene desventajas debido a que los extremos muertos pueden formarse crecimiento bacteriano y sedimentación, además en caso de reparaciones se interrumpe el servicio más allá del punto de reparación.

**Combinada.** Es la combinación de las dos anteriores

## 2.6.3 División de una Red de Distribución

Una red de distribución se divide en dos partes para determinar su funcionamiento hidráulico: la red primaria (rige el funcionamiento de la red) y la red secundaria o “de relleno”.

**Redes primarias**

Este tipo de redes conduce el agua por medio de líneas troncales o principales y alimenta a las redes secundarias. Se considera que el diámetro mínimo de las tuberías correspondientes a la red primaria es de 100 mm. Sin embargo, en colonias urbanas populares se puede aceptar de 75 mm y en zonas rurales hasta 50 mm.

**Redes secundarias o de relleno**

La red secundaria distribuye el agua propiamente hasta las tomas domiciliarias. Existen tres tipos de red secundaria:

**Red secundaria convencional.** En este tipo de red los conductos se unen a la red primaria y funcionan como una red cerrada. Se suelen tener válvulas tanto en las conexiones con la red primaria como en los cruces de la secundaria.

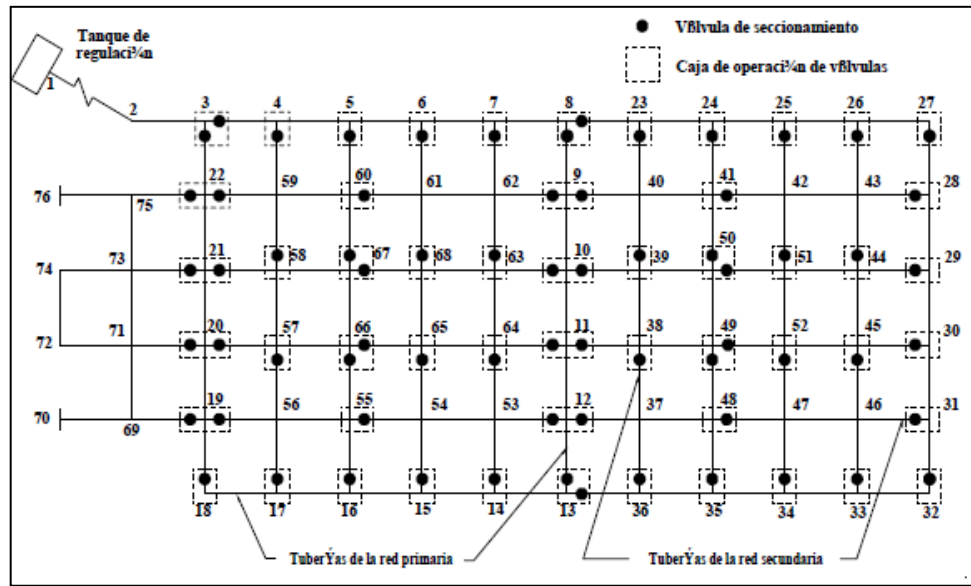


Figura 2. 10 Red secundaria convencional

Red secundaria en dos planos. Las tuberías se conectan a la red primaria en dos puntos opuestos cuando la red está situada en el interior de los circuitos, o bien en un solo cruce de las tuberías primarias en los casos de líneas exteriores a ellos (funcionando como líneas abiertas).

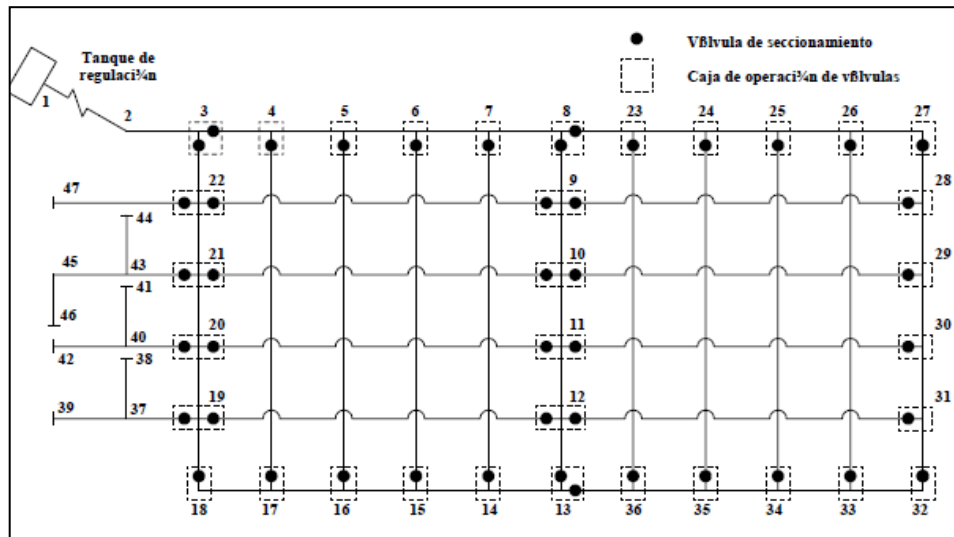


Figura 2. 11 Red secundaria en bloques

Red secundaria en bloques. En este caso las tuberías forman bloques que se conectan con la red primaria solamente en dos puntos y la red principal no recibe conexiones domiciliarias

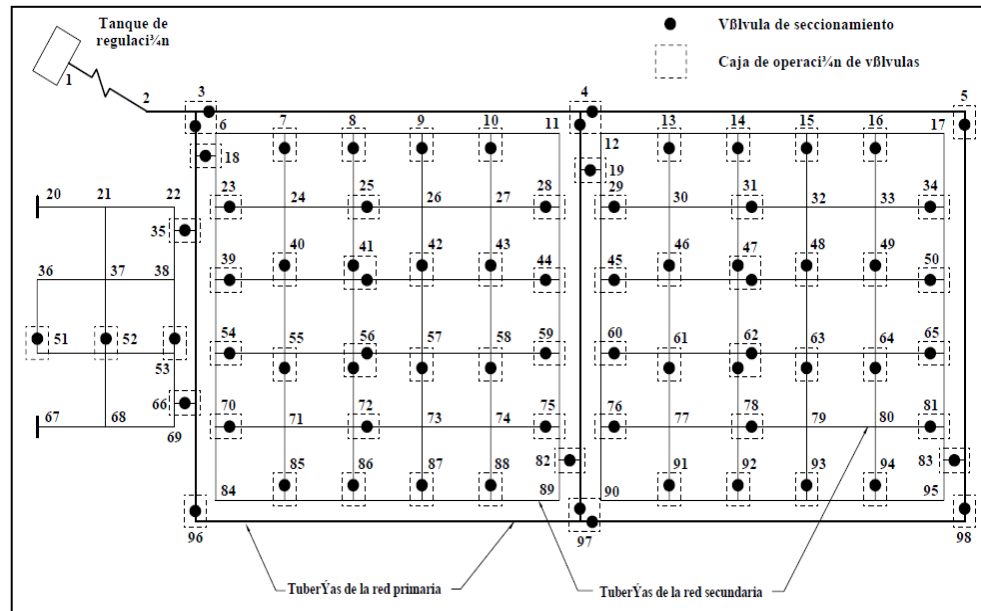


Figura 2.12 Red secundaria convencional en bloques

### 2.6.4 Formas de Distribución

El agua se distribuye a los usuarios en función de las condiciones locales de varias maneras:

Por gravedad. El agua de la fuente se conduce o bombea hasta un tanque elevado desde el cual fluye por gravedad hacia la población.

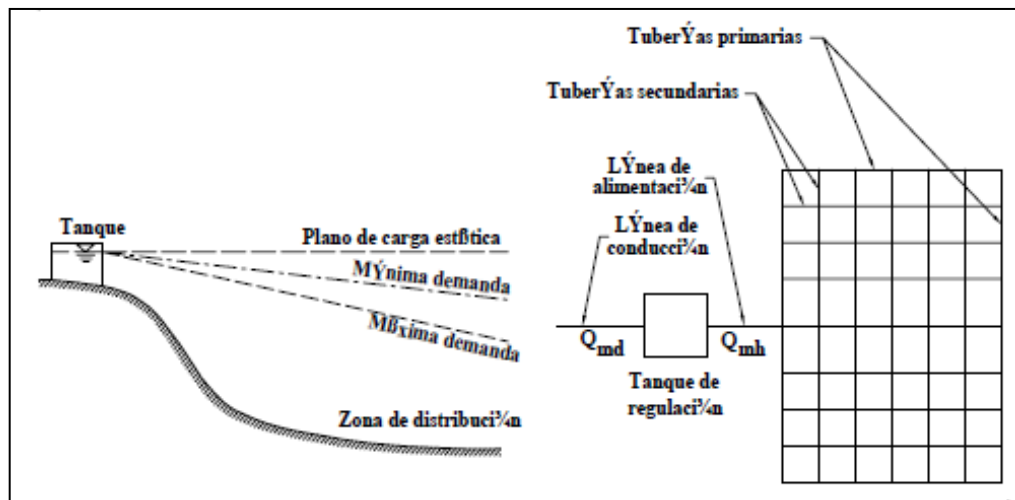


Figura 2.13 Distribución por gravedad

Por bombeo

Bombeo directo a la red, sin almacenamiento. Las bombas abastecen directamente a la red y la línea de alimentación se diseña para el gasto máximo horario en el día de máxima



demanda. Este sistema es el menos deseable, puesto que una falla en el suministro eléctrico significa interrupción completa del servicio de agua

Bombeo directo a la red, con excedencias a tanque de regulación. El tanque se ubica después de la red en un punto opuesto a la entrada del agua por bombeo, y las tuberías principales se conectan directamente con la tubería que une las bombas con el tanque. El exceso de agua bombeada a la red durante periodos de bajo consumo almacena en el tanque, durante periodos de alto consumo el agua del tanque se envía hacia la red, para complementar a la distribuida por bombeo.

## 2.7 Potabilización

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras; por lo cual se debe someter a tratamientos de potabilización.

La potabilización es el conjunto de operaciones y procesos físicos y/o químicos que se aplican al agua a fin de mejorar su calidad y hacerla apta para uso y consumo humano.

### 2.7.1 Límites permisibles de calidad del Agua

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional. Estos límites son:

- Límites permisibles de características Microbiológicas. El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la Tabla 1.

Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes podrán establecer los agentes biológicos nocivos a la salud que se deban investigar.

<b>Organismos coliformes totales</b>	Ausencia
<b>E. coli</b>	Ausencia

Tabla 1 Límites permisibles de características Microbiológicas

El agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener E. coli en ninguna muestra de 100 ml. Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml; en sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor de 50 000 habitantes, estos organismos, deberá estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas durante cualquier período de doce meses.





Los resultados se deben reportar en unidades de NMP/100 ml (número más probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

- Límites permisibles de características físicas y organolépticas.

<b>Característica</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE</b>
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto
Olor y sabor	Agradable (se aceptaran aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico.
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente por otro método.

Tabla 2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas

- Límites permisibles de características químicas. El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE</b>
<b>Aluminio</b>	0.20
<b>Arsénico</b>	0.01
<b>Bario</b>	0.70
<b>Cadmio</b>	0.005
<b>Cianuros (como CN)</b>	0.07
<b>Cloro residual libre</b>	0.2-1.00
<b>Cloruros (como Cl-)</b>	250.00
<b>Cobre</b>	2.00
<b>Cromo total</b>	0.05
<b>Dureza total (como CaCO<sub>3</sub>)</b>	500.00



<b>Característica</b>	<b>Límite Permisible</b>
<b>Fenoles o compuestos fenólicos</b>	0.001
<b>Fierro</b>	0.30
<b>Fluoruros (como F-)</b>	1.50
<b>Manganeso</b>	0.15
<b>Mercurio</b>	0.001
<b>Nitratos (como N)</b>	10.00
<b>Nitritos (como N)</b>	0.05
<b>Nitrógeno amoniacal (como N)</b>	0.50
<b>pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH</b>	6.5-8.5
<b>Plaguicidas en microgramos/l:</b>	
<b>Aldrín y dieldrín separados o combinados)</b>	0.03
<b>Clordano (total de isómeros)</b>	0.20
<b>DDT (total de isómeros)</b>	1.00
<b>Gamma-HCH (lindano)</b>	2.00
<b>Hexaclorobenceno</b>	1.00
<b>Heptacloro y epóxido de heptacloro</b>	0.03
<b>Metoxicloro</b>	20.00
<b>2,4-D</b>	30.00
<b>Plomo</b>	0.01
<b>Sodio</b>	200.00
<b>Sólidos disueltos totales</b>	1000.00



<b>sulfatos (como SO<sub>4</sub> =)</b>	400.00
<b>Substancias activas al azul del metileno (SAAM)</b>	0.50
<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE</b>
<b>Trihalometanos totales</b>	0.20
<b>Zinc</b>	5.00

Tabla 3 Límites permisibles de características químicas

- Límites permisibles de características radiactivas. El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

<b>Radiactividad alfa global</b>	0.1
<b>Radiactividad beta global</b>	1.00

Tabla 4 Límites permisibles de características radiactivas

La potabilización en general, no está constituida por un solo proceso, sino que abarca una serie de procesos y operaciones unitarias denominados en su conjunto “tren de tratamiento” que son capaces de proporcionar al agua las distintas características de calidad que sean necesarias para hacerla propia para su utilización. La obra de ingeniería se denomina “planta potabilizadora”.

Tres son los objetivos principales de una planta potabilizadora:

- Proporcionar agua segura para consumo humano
- Producir agua estéticamente aceptable por el consumidor y
- Realizar estas actividades en forma económica

La planta potabilizadora puede ser diseñada para tratar agua de cualquier tipo de fuente. Dependiendo de la calidad del agua cruda y de la calidad final deseada para el agua tratada son necesarios uno o más procesos.





### 2.7.2.2 Ozonización

El ozono es un oxidante potente y posee múltiples usos en el tratamiento del agua, incluida la oxidación de sustancias orgánicas. Puede utilizarse como desinfectante primario. El objetivo de la ozonización es lograr la concentración deseada tras un tiempo de contacto determinado. Para la oxidación de sustancias orgánicas, como algunos plaguicidas oxidables, suele aplicarse una concentración residual de unos 0.5 mg/l tras un tiempo de contacto de hasta 20 minutos.

El ozono reacciona con las sustancias orgánicas naturales y aumenta su biodegradabilidad, medida en términos de carbono orgánico asimilable. Para evitar la proliferación no deseable de bacterias durante la distribución, la ozonización se complementa normalmente con un tratamiento posterior, como la filtración o tratamiento con carbón activado granular, para eliminar las sustancias orgánicas biodegradables, seguido de la aplicación de una concentración residual de cloro, ya que el ozono no produce un efecto desinfectante residual.

### 2.7.2.3 Filtración

Las partículas pueden separarse de las aguas brutas mediante filtros rápidos por gravedad, horizontales, o a presión, o filtros lentos de arena. La filtración lenta en arena es, esencia, un proceso biológico mientras que los otros tipos de filtración con procesos físicos.

#### Filtros rápidos por gravedad

Los filtros rápidos de arena por gravedad son habitualmente depósitos rectangulares abiertos que contienen arena de sílice hasta una profundidad de 0.6 a 2.0 m. el agua fluye hacia abajo y los sólidos se concentran en las capas superiores del lecho. El agua tratada se recoge mediante bocas situadas en el suelo del lecho. Los sólidos acumulados se retiran periódicamente descolmatando el filtro mediante inyección (a contracorriente) de agua tratada. En ocasiones, la arena se lava previamente con aire. Se produce un lodo diluido que debe desecharse.

#### Prefiltros

Antes de someter el agua a otros tratamientos, como a filtros lentos de arena, pueden utilizarse prefiltros. Los prefiltros con medio de filtración de grava gruesa o piedras machacadas pueden tratar eficazmente aguas de turbidez alta (>50 UNT). La principal ventaja de la prefiltración es que al pasar el agua por el filtro, además de por filtración, se eliminan partículas mediante sedimentación por gravedad. Los filtros horizontales pueden tener hasta 10 m de longitud y se aplican caudales de filtración de 0,3 a 1,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h.

#### Filtros a presión

Los filtros a presión se utilizan a veces cuando es necesario mantener una carga de presión para evitar la necesidad de impulsar el agua al sistema mediante bombeo. El lecho de filtración se encierra en una carcasa cilíndrica. Pueden fabricarse filtros a presión pequeños, capaces de tratar hasta unos 15 m<sup>3</sup>/h, de plásticos reforzados con vidrio. Los





filtros a presión más grandes, de hasta 4 m de diámetro, se hacen de acero con un recubrimiento especial. Su operación y funcionamiento son, por lo general, como los descritos para el filtro rápido por gravedad, y se necesitan instalaciones similares para descolmatar el filtro y retirar el lodo diluido.

#### Filtros lentos de arena

Los filtros lentos de arena son habitualmente depósitos que contienen arena (con partículas de tamaño efectivo de 0,15 a 0,3 mm) hasta una profundidad de 0,5 a 1,5 m. En estos filtros, en los que el agua bruta fluye hacia abajo, la turbidez y los microorganismos se eliminan principalmente en los primeros centímetros de la arena. Se forma una capa biológica, conocida como *schmutzdecke*, en la superficie del filtro, que puede eliminar eficazmente microorganismos. El agua tratada se recoge en sumideros o tuberías situados en la parte baja del filtro. Periódicamente, se retiran y sustituyen los primeros centímetros de arena que contienen los sólidos acumulados. El caudal unitario de agua a través de los filtros lentos de arena es de 0,1 a 0,3 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h).

#### 2.7.2.4 Aeración

Los procesos de aeración están diseñados para retirar los gases y compuestos volátiles mediante arrastre con aire. La transferencia de oxígeno puede efectuarse habitualmente mediante una simple cascada o por difusión de aire al agua, sin necesidad de equipos complejos. No obstante, para el arrastre de gases o compuestos volátiles puede ser necesaria una planta especializada que proporcione una transferencia de masa alta de la fase líquida a la gaseosa.

Los aeradores de cascada o de escalones están diseñados para que el agua fluya en una capa delgada y lograr una transferencia de oxígeno eficiente. La aeración de cascada pueden ocasionar una pérdida de carga de altura significativa; necesitándose de 1 a 3 m para un caudal unitario de 10 a 30 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h). Otra opción es la difusión de aire comprimido a través de un sistema de tuberías perforadas sumergidas. Estos tipos de aeradores se utilizan para la oxidación y precipitación del hierro y el manganeso.

#### 2.7.2.5 Coagulación química

El tratamiento basado en la coagulación química es el método más común de tratamiento de aguas superficiales y casi siempre se basa en los procesos unitarios siguientes. Se añaden al agua bruta coagulantes químicos, habitualmente sales de aluminio o de hierro, en condiciones controladas para formar un hidróxido metálico floculento sólido. Las dosis de coagulante habituales son de 2 a 5 mg/l para las sales de aluminio y de 4 a 10 mg/l para las de hierro. El floculo precipitado retira los contaminantes suspendidos y disueltos en el agua mediante mecanismos de neutralización de carga, adsorción y atrapamiento. La eficiencia del proceso de coagulación es función de la calidad del agua bruta, del coagulante o aditivos de coagulación utilizados y de factores operativos, como las condiciones de mezclado, la dosis de coagulación y el pH. El floculo se retira del agua tratada mediante procesos posteriores de separación de sólidos y



líquidos como la sedimentación o flotación, la filtración rápida por gravedad o a presión, o una combinación de métodos.

#### **2.7.2.6 Adsorción sobre carbón activado**

El carbón activado se produce mediante calentamiento controlado de material carbonoso, normalmente madera, carbón, cáscaras de coco o turba. Esta activación produce un material poroso con una gran superficie específica (de 500 a 1500 m<sup>2</sup>/g) y una afinidad alta por los compuestos orgánicos. Se utiliza normalmente en polvo (CAP) o en forma granular (CAG). Cuando se agota la capacidad de adsorción del carbón activado, puede reactivarse quemando de forma controlada las sustancias orgánicas adheridas. No obstante, el CAP (y parte del CAG) se utiliza normalmente una sola vez y se desecha. Existen diferentes tipos de carbón activado con afinidades diferentes para diferentes tipos de contaminantes.

La elección entre el CAP y el CAG dependerá de la frecuencia de uso y la dosis que se necesiten. Se preferirá generalmente el CAP si la contaminación es estacional o intermitente, o si se necesitan dosis bajas.

El CAP se añade al agua en forma de pasta y se separa en tratamientos posteriores junto con los lodos generados en los mismos. Por consiguiente, su uso se limita a las instalaciones de tratamiento de aguas superficiales que cuentan con filtros. El uso de CAG en adsorbedores de lecho fijo es mucho más eficiente que el de CAP añadido al agua, y la cantidad efectiva de carbón utilizada por volumen de agua tratado sería mucho menor que la dosis de CAP necesaria para lograr la misma reducción de la concentración de contaminantes.

El carbón activado se utiliza para eliminar del agua plaguicidas y otras sustancias orgánicas, compuestos que producen sabores y olores, cianotoxinas y carbono orgánico total.

#### **2.7.2.7 Intercambio de iones**

El intercambio de iones es un proceso en el que se permutan iones con la misma carga entre la fase acuosa y una fase sólida de resina. La dureza del agua se reduce mediante intercambio de cationes. El agua se hace pasar por un lecho de resina catiónica en el que los iones de calcio y de magnesio del agua se sustituyen por iones de sodio. Cuando la resina de intercambio iónico está agotada (es decir, se han agotado los iones de sodio), se regenera mediante una solución de cloruro sódico. También se puede ablandar el agua mediante el proceso de «desalcalización». El agua se hace pasar por un lecho de resina débilmente ácida en el que los iones de calcio y de magnesio del agua se sustituyen por iones de hidrógeno. Los iones de hidrógeno reaccionan con los iones carbonato y bicarbonato y generan dióxido de carbono, reduciéndose así la dureza del agua sin aumentar su contenido de sodio. El intercambio de aniones puede utilizarse para eliminar contaminantes como los iones nitrato, que se intercambian por iones cloruro mediante resinas específicas para nitrato.



## 2.8 Alcantarillado sanitario

El sistema de alcantarillado es un conjunto de obras que sirven para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales o de lluvia hasta sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de poblaciones de donde provienen dichas aguas, así como a las poblaciones cercanas.

La recolección de aguas en este sistema puede ser de 3 tipos diferentes:

- Alcantarillado de aguas de lluvia, compuesto de las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de agua de lluvias;
- Alcantarillado de aguas residuales, sistema que se encarga de la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales, y
- Alcantarillado combinado que consta de la recolección y transporte tanto de las aguas residuales como las de lluvia.

### 2.8.1 Componentes de un Sistema de Alcantarillado

Una red de alcantarillado sanitario se compone de tuberías (red de atarjeas, colectores, interceptores y/o emisores) y obras accesorias como: descargas domiciliarias, pozos de visita, estructuras de caída, sifones y cruzamientos especiales. Por otra parte en los sistemas a presión se utilizan estaciones de bombeo para el desalojo de las aguas negras.

Es aquella que se encarga de recolectar y transportar las descargas de aguas negras domésticas, comerciales e industriales, para conducir las a los caudales acumulados hacia los colectores o emisores.

La red está constituida por un conjunto de tuberías por las que circulan las aguas negras. La red se inicia con la descarga domiciliar o albañal.

La tubería de alcantarillado se compone de dos o más tubos acoplados mediante un sistema de unión, el cual permite la conducción de las aguas negras.

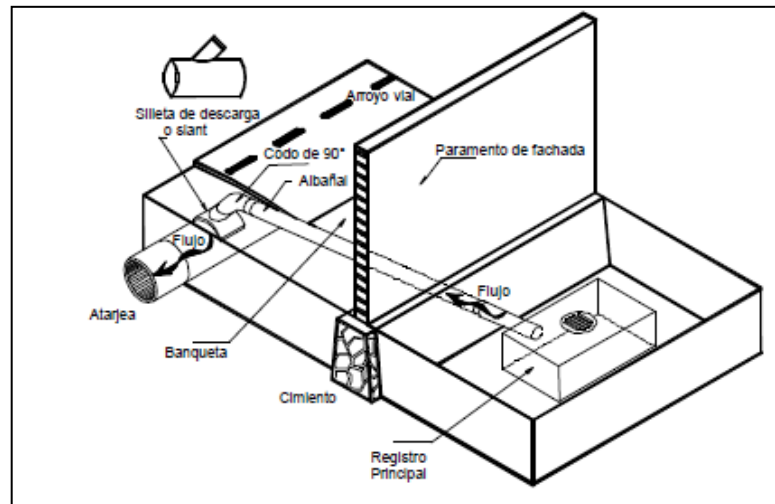
Los colectores son las tuberías que reciben las aguas negras de las atarjeas, pueden terminar en un interceptor, un emisor o en la planta de tratamiento.

Los interceptores, son las tuberías que interceptan las aportaciones de aguas negras de los colectores y terminan en un emisor o en la planta de tratamiento.

El emisor es el conducto que recibe las aguas de uno o varios colectores o interceptores. No recibe ninguna aportación adicional (atarjeas o descargas domiciliarias) en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la planta de tratamiento

Las tuberías de alcantarillado sanitario pueden ser de diversos materiales, siendo los más utilizados: concreto simple (CS), concreto reforzado (CR), fibrocemento (FC), platicopolímero de vinilo (PVC) y polietileno de alta densidad (PEAD) así como de acero.

Las descargas domiciliarias o “albañal exterior”, es aquella tubería que permite el desalojo de las aguas servidas, de las edificaciones a la atarjea. La descarga domiciliar se inicia en un registro principal.

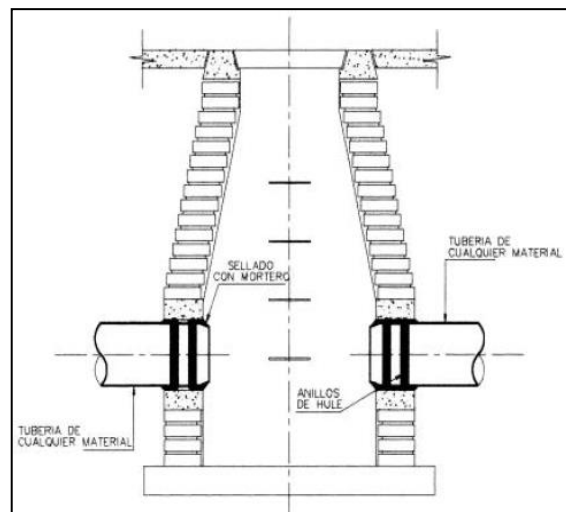


**Figura 2. 15 Descarga domiciliaria con tubería de PVC**

Los pozos de visita son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado. Estos se utilizan generalmente en la unión de varias tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente. Pueden ser construidos en el lugar o pueden ser prefabricados.

Los pozos de visita construidos en el lugar se clasifican en:

- Pozos comunes
- Pozos especiales
- Pozos caja
- Pozos caja unión
- Pozos caja deflexión



**Figura 2. 16 Conexión hermética de pozo de visita con tubería**



Por razones de carácter topográfico o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías suele presentarse la necesidad de construir estructuras que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel.

Las estructuras de caída que se utilizan son:

**Caídas libres.** Permiten caídas hasta de 0.50 dentro del pozo sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial.

**Pozos con caída adosada.** Son pozos de visita comunes, a los cuales lateralmente se les construye una estructura que permite la caída en tuberías de 0.20 y 0.25 m de diámetro con un desnivel hasta 2.00 m.

**Pozos con caída.** Son pozos constituidos también por una caja y una chimenea de tabique, a los cuales en su interior se les construye una pantalla que funciona como deflector del cual cae. Se construyen para tuberías de 0.30 a 0.76 m de diámetro y con desnivel hasta de 1.50 m.

**Estructuras de caída escalonada.** Son estructuras con caída escalonada cuya variación es de 0.50 en 0.50 m hasta llegar a 2.50 m (cinco tramos) como máximo.

Cuando se tienen cruces con alguna corriente de agua, depresión del terreno estructura, tubería o viaductos subterráneos, que se encuentren al mismo nivel en que debe instalarse la tubería, generalmente se utilizan sifones invertidos

**Cruces elevados.** Cuando por necesidad del trazo, se tiene que cruzar una depresión profunda como es el caso de algunas cañadas o barrancas de poca anchura. La tubería puede ser de acero o polietileno.

**Accesorios.-** Se define comúnmente a los elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos, tees, etc.

**Brocal.-** es la estructura que se utiliza de marco para colocar la tapa de un pozo de visita y fijarla de manera tal que al variar la rasante, por pavimentación o repavimentación, sea fácil su remoción para ajustarla a las nuevas condiciones.

Por lo general, se utilizan brocales prefabricados ya sea de fierro fundido, concreto reforzado, de plástico (polietileno) y pozos de visita prefabricados de fibrocemento que incluyen brocal de fibrocemento, así como pozos de visita prefabricados de PVC que incluyen brocal de PVC.

**Tapas.-** Son estructuras planas que se colocan sobre el brocal a nivel de la rasante de la vialidad de forma que no interfiera con el tránsito ni cause deterioro del pavimento, son del mismo material del que está fabricado el brocal, y deben ser de tipo ranurado o con ventilación.

**Coladeras.-** Son estructuras de captación de aguas pluviales que permiten su entrada al sistema de interceptores. Su número, tipo, capacidad y ubicación dependen de varios factores: como son el tamaño del área de aportación, la topografía y el tipo de urbanización.



Existen coladeras estándar de: banquetas y piso combinadas. De acuerdo a la capacidad y tipo de alcantarilla se pueden definir para cada una de ellas sus características principales, existen coladeras fabricadas de concreto reforzado y acero estructural (que se proyectan en cada caso particular); actualmente las hay de polietileno pero no son muy comunes

Estructura de descarga.- es la obra final del emisor que permite el vertido de las aguas negras o pluviales a un cuerpo receptor, sus características dependen del lugar elegido para la disposición final, del gasto de descarga, del tipo de emisor (tubería o canal), entre otros.

La disposición del caudal del alcantarillado sanitario se debe efectuar previo tratamiento por lo que el dimensionamiento de la estructura de descarga se hará para el gasto del efluente de la planta de tratamiento

#### Sitios de vertido

La disposición final de las aguas residuales o pluviales se puede llevar a cabo en diversas formas, los sitios más comunes de vertido son los siguientes:

- a) En corrientes superficiales
- b) En terrenos
- c) En el mar
- d) En lagos y lagunas
- e) Recarga de aguas subterráneas por medio de pozos de visita

### 2.8.2 Modelos de trazo de atarjeas

El trazo de atarjeas generalmente se realiza coincidiendo en el eje longitudinal de cada calle. Los trazos más usuales se pueden agrupar en forma general en los siguientes tipos.

Trazo en bayoneta. Se denomina así al trazo que iniciando en una cabeza de atarjea tiene un desarrollo en zigzag o en escalera.

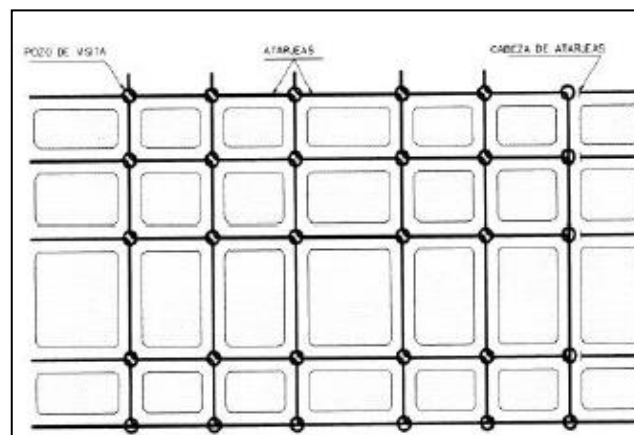


Figura 2. 17 Trazo de la red de atarjeas en bayoneta

Trazo en peine. Es el trazo que se forma cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo, empiezan su desarrollo en una cabeza de atarjea, descargando su contenido en tubería común de mayor diámetro, perpendicular a ellas.

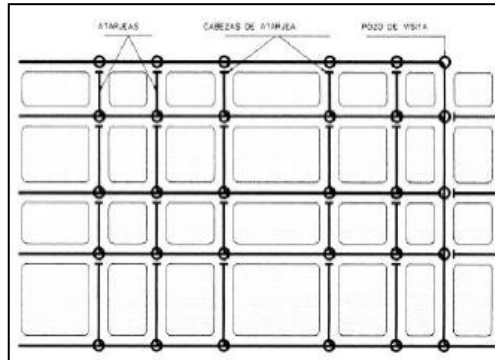


Figura 2. 18 Trazo de la red de atarjeas en peine

Trazo combinado. Corresponde a una combinación de los dos trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona.

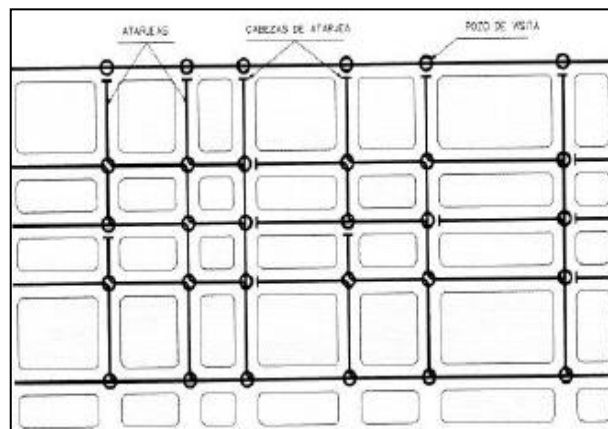


Figura 2. 19 Trazo de la red de atarjeas combinado

## 2.9 Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Agua residual. En el manual Fundamentos técnicos para el muestreo de aguas residuales, se definió al agua residual como “Agua de composición variada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos y en general, de cualquier otro uso, que por su naturaleza no puede utilizarse nuevamente en el proceso que la generó y al ser vertida en cuerpos receptores, puede implicar una alteración a los ecosistemas acuáticos o afectar la salud humana”. Así, el agua residual no es apta para ser rehusada a menos que reciba un tratamiento.



### 2.9.1 Tipos de Aguas Residuales

La clasificación se hace con respecto a su origen, ya que este origen es el que va a determinar su composición.

Aguas residuales urbanas. Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos.

Los aportes que generan esta agua son:

- Aguas negras o fecales.
- Aguas de lavado doméstico.
- Aguas provenientes del sistema de drenaje de calles y avenidas.
- Aguas de lluvia y lixiviados.

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc.

#### Aguas residuales industriales

Son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no sólo de una industria a otro, sino también dentro de un mismo tipo de industria.

A veces, las industrias no emite vertidos de forma continua, si no únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas de año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial.

También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día.

Estas son más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar.

Su alta carga unida a la enorme variabilidad que presentan, hace que el tratamiento de las aguas residuales industriales sea complicado, siendo preciso un estudio específico para cada caso.

### 2.9.2 Tipos de Contaminantes

Actualmente, la contaminación de los cauces naturales tiene su origen en tres fuentes:

- Vertidos urbanos
- Vertidos industriales
- Contaminación difusa (lluvias, lixiviados, etc.)



### 2.9.3 Clasificación de los contaminantes

Las sustancias contaminantes que pueden aparecer en un agua residual son muchas y diversas.

**Contaminantes Orgánicos.** Son compuestos cuya estructura química está compuesta fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Son los contaminantes mayoritarios en vertidos urbanos y vertidos generados en la industria agroalimentaria.

Los compuestos orgánicos que pueden aparecer en las aguas residuales son:

**Proteínas:** Proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios. Son biodegradables, bastante inestables y responsables de malos olores.

**Carbohidratos:** Incluimos en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas. Proceden, al igual que las proteínas, de excretas y desperdicios.

**Aceites y Grasas:** altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.

### 2.9.4 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

El Tratamiento de Aguas Residuales es un proceso de tratamiento de aguas que a su vez incorpora procesos físicos químicos y biológicos, los cuales tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos del agua efluente del uso humano.

El tratamiento del agua residual consistirá en remover tanto como sea posible las sustancias o condiciones que impiden su aprovechamiento. La forma en que dichos contaminantes se encuentran en el agua determina el tipo de tratamiento a utilizar; una parte importante de los contaminantes es materia sólida en suspensión, y ésta puede ser removida mediante los sistemas primarios.

### 2.9.5 Normas que deben de cumplir las Plantas de Tratamiento

Las Normas que deberán de cumplir las Plantas de Tratamiento son:

- NOM-001-SEMARNAT-1996
- NOM-002-SEMARNAT-1996
- NOM-003-SEMARNAT-1997

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos. Esta Norma Oficial Mexicana no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes de aguas pluviales.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																				
PARÁMETROS  (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)		HUMEDALES NATURALES (B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura °C (1)	N.A	N.A	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sub>5</sub>	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

(1) Instantáneo  
 (2) Muestra Simple Promedio Ponderado  
 (3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.  
 P.D. = Promedio Diario; P.M. = Promedio Mensual;  
 N.A. = No es aplicable.  
 (A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

Tabla 5 Límites Máximos Permisibles para contaminantes básicos de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996



La Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de aguas nacionales, así como de proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma no aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES			
PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique otra)	Promedio Mensual	Promedio Diario	Instantáneo
Grasas y Aceites	50	75	100
Sólidos Sedimentables (mililitros por litro)	5	7.5	10
Arsénico total	0.5	0.75	1
Cadmio total	0.5	0.75	1
Cianuro total	1	1.5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0.5	0.75	1
Mercurio total	0.01	0.015	0.02
Níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1.5	2
Zinc total	6	9	12

**Tabla 6 Límites Máximos Permisibles de acuerdo a la NOM-002-SEMARNAT-1996**

La Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997 establece los límites permisibles máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reúso cuando se aproveche el agua residual tratada en servicios en que haya contacto ocasional y/o directo con el ser humano.

TIPO DE REUSO	PROMEDIO MENSUAL				
	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Huevos de Helminto (h/l)	Grasas y Aceites mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	SST mg/l
<b>SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO DIRECTO</b>	240	≤ 1	15	20	20
<b>SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL</b>	1,000	≤ 5	15	30	30

**Tabla 7 Límites Máximos Permisibles de Contaminantes de acuerdo a la NOM-003-SEMARNAT-1997**



## 2.9.6 Estructuras que componen las PTAR's

Las etapas que componen las PTAR's son:

- Pretratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario o potabilización

### 2.9.6.1 Pretratamiento

El pretratamiento sirve para proteger el equipo de bombeo y hacer más fáciles los procesos subsecuentes del tratamiento. Los dispositivos para el pretratamiento están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, a eliminar los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de grasas y aceites.

Para lograr alcanzar los objetivos de un pretratamiento se emplearan los siguientes dispositivos:

- Rejillas.
- Desarenadores.

Rejillas: El sistema de rejillas servirá para remover del agua residual los macro sólidos que pueda contener el agua y que puedan provocar un atascamiento en las tuberías o en la bomba.

Además de ser un medio económico y efectivo para la separación rápida de los macro sólidos en suspensión del vertido. En muchos casos, el paso por las rejillas reducirá los sólidos en suspensión a una concentración tan baja que son aceptables para su descarga a un colector municipal o al siguiente tratamiento que se requiera. A menudo se elimina también una porción considerable de la DBO, aunque el porcentaje varía, casi en relación directa con el tamaño de la rejilla y la cantidad de DBO asociada con los sólidos separados.

Estas rejillas se pueden obtener en tamaños que varían desde las de gruesos (1.68 o 0.84 mm de malla) a las finas (0.125 a 0.044 mm de malla).

Los tipos de rejillas son:

- Limpiadas manualmente
- Limpiadas mecánicamente
- En forma de canasta
- Retenedoras de fibra



Figura 2. 20 Foto de rejilla

### Desarenacion

La desarenacion es una operación unitaria que se emplea para remover gravillas, arenas, cenizas y otros materiales inorgánicos presentes en las aguas residuales municipales que pueden causar la abrasión o desgaste excesivo en los equipos mecánicos de una planta de tratamiento. La desarenacion se ubica generalmente después del cribado y antes de la sedimentación primaria.

Con esta operación se busca remover el 100% de las partículas inorgánicas de un tamaño mayor a 0.21 mm y dejar en suspensión el material orgánico.

### 2.9.6.2 Tratamiento primario

En este procedimiento se separan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas residuales, aproximadamente el 30 % mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación.

El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento, consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas residuales para que puedan sedimentarse los sólidos.

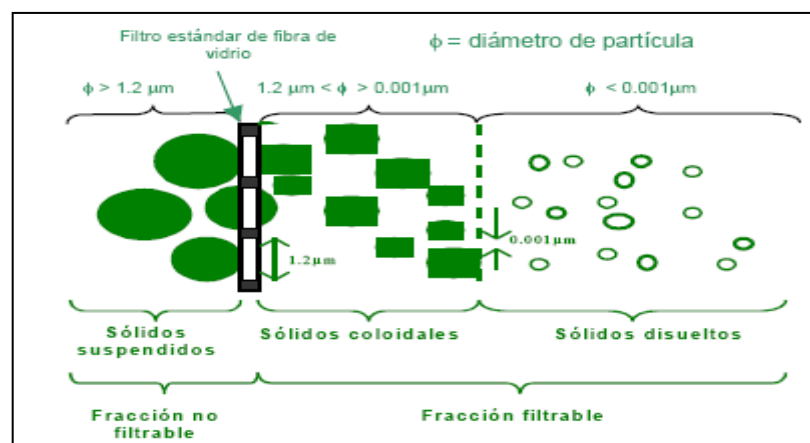


Figura 2. 21 Dimensiones de los sólidos suspendidos, coloidales y disueltos

### Equipos e instalaciones principales en un tratamiento primario

Toda planta de tratamiento de aguas residuales está integrada por una serie de unidades de proceso colocadas en forma secuencial, dependiendo de los contaminantes que haya que remover.

Las figuras 2.24 a la 2.26 son ejemplos de trenes de tratamiento primario. En ellas se distinguen las etapas: pretratamiento y tratamiento primario, y se señalan las unidades de proceso que integran dichas etapas. El pretratamiento se refiere a la eliminación de materia muy voluminosa, tal como botellas, trapos, piedras o materia pesada, como grava y arena. Es necesario removerlos para evitar que interfieran con el tratamiento en sí, y para evitar que dañen los equipos. Usualmente, las plantas de tratamiento primario de aguas municipales (figura 2.24) comprenden el cribado (rejas, rejillas), la medición del flujo (ésta no es parte del pretratamiento, ni es indispensable que esté colocado en este sitio, sin embargo, debe existir por lo menos un medidor de caudal en la planta), la desarenación y, dependiendo del tipo de tratamiento propuesto, la unidad primaria de separación de sólidos (denominado clarificador ó sedimentador primario).

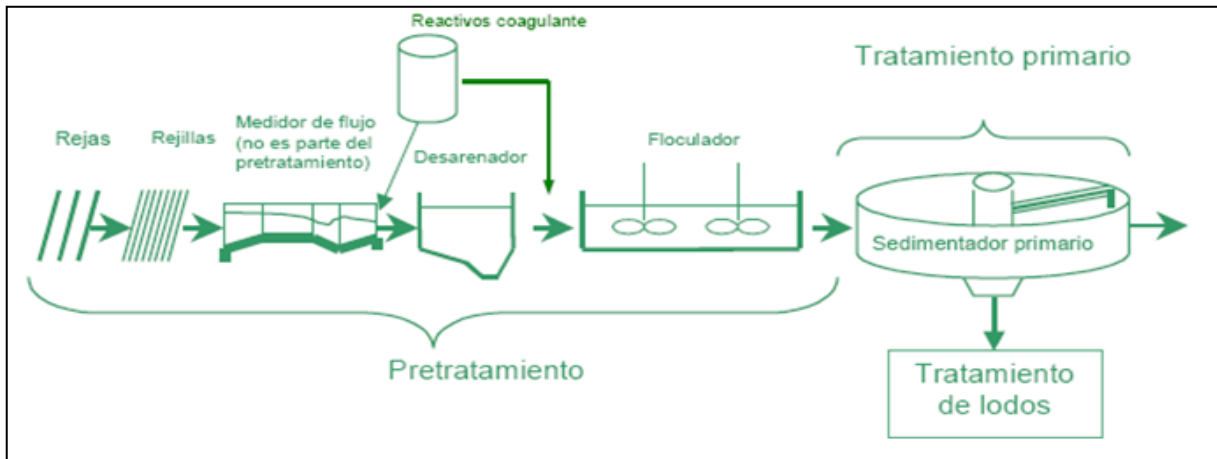


Figura 2. 22 Planta típica de Tratamiento de aguas residuales Tipo Primario

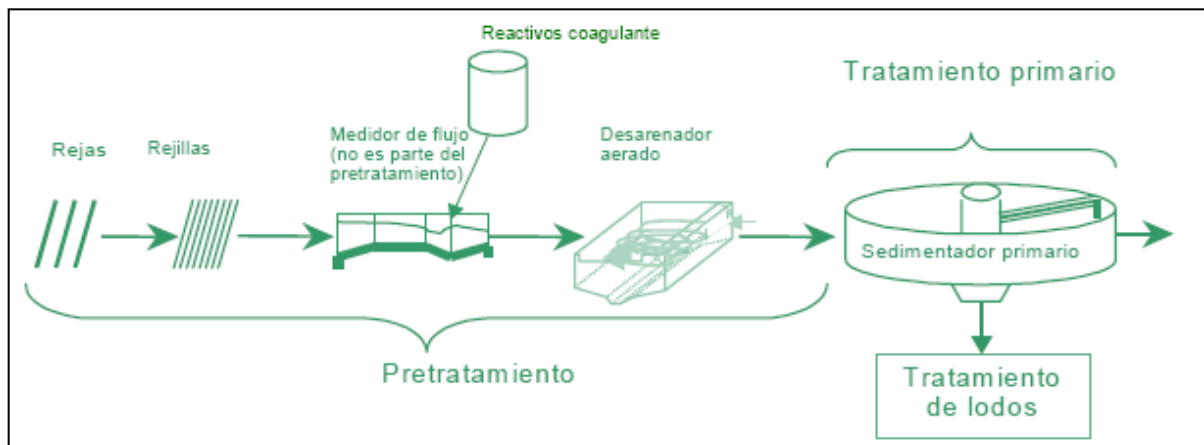


Figura 2. 23 Planta de tratamiento del tipo primario avanzado o fisicoquímico







de vertedores triangulares colocados en canaletas, frecuentemente en forma de peine o de dedos que se extienden de la pared final del tanque hasta un 20% de la longitud del mismo. En algunos casos se emplean baffles verticales antes de las canaletas recolectoras para evitar contracorrientes superficiales. Una ventaja de estos tanques es que su geometría permite un mejor aprovechamiento del terreno y una limitante es que las rastras de tracción transversal, empleadas en los tanques rectangulares, son más proclives a fallas mecánicas y estructurales que las rastras de los tanques circulares.

### Tamices

Las características de los tamices de acuerdo a sus características típicas son:

- Tamices en forma de disco. El tamiz es una malla, generalmente de acero inoxidable, con abertura que puede estar seleccionada entre 2 y 60 mallas por pulgada.
- Los tamices rotativos de bandeja, consisten en una serie de bandejas inclinadas, con tamices rectangulares, sobrepuestos y conectados a dos hileras de cadenas tipo pines-bocina-rodillo operado sobre ruedas dentadas, común par en sección superior y otro en el inferior y soportadas por una estructura de acero.
- Los tamices rotativos cilíndricos, van rotando lentamente, a velocidad constante, retirando las partículas del líquido que los atraviesa.

La operación de un sistema de tamices puede efectuarse manualmente o en forma automatizada.

### 2.9.6.3 Tratamiento secundario

Los procesos biológicos o secundarios son aquellos que se encargan de convertir la materia orgánica fina coloidal y disuelta en el agua residual en floc biológico sedimentable y sólidos inorgánicos que pueden ser removidos en tanques de sedimentación. Estos procesos se emplean junto con procesos físicos y químicos para el tratamiento preliminar del agua residual. Para ello se emplean millones de organismos microscópicos cuyo trabajo es comerse (degradar) la materia orgánica para transformarla en más microorganismos y en sustancias más sencillas, tales como bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Este tratamiento debe hacerse cuando las aguas residuales todavía contienen sólidos orgánicos en suspensión. El tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios, para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables.

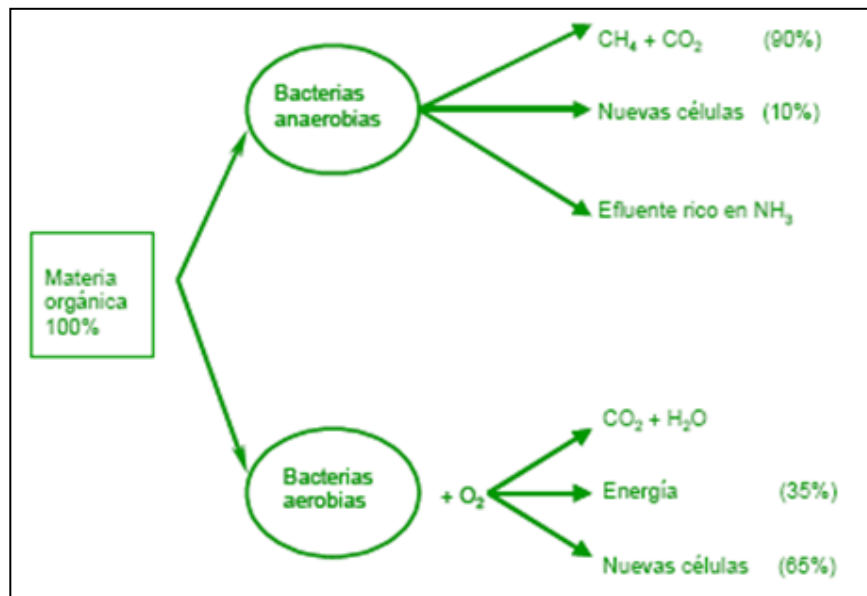


Figura 2. 25 Productos finales de la digestión anaerobia y aerobia

En esencia, el tratamiento biológico una cadena alimenticia que se lleva a cabo dentro de un reactor: las bacterias consumen la materia orgánica presente en el agua residual, la mayor parte la aprovechan para su crecimiento y reproducción y el resto lo transforman en sustancias inorgánicas tal como bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ ). Las bacterias son consumidas por los protozoarios y éstos, a su vez, son consumidos por los rotíferos.

Una vez transformada la materia orgánica en biomasa, es necesario separarla del agua, de lo contrario, para efectos prácticos, no ha habido tratamiento. La separación de la biomasa se hace por efecto de la gravedad: en los sistemas aerobios es en los sedimentadores secundarios; en los procesos anaerobios, generalmente, la separación ocurre dentro del mismo reactor, ya que la producción de biomasa es mucho más limitada y generalmente está adherida a un soporte, por lo mismo, el arrastre de biomasa activa no es significativo. Además, es frecuente que a un reactor anaerobio le siga un reactor aerobio que retiene la biomasa arrastrada fuera del primero.

#### 2.9.6.4 Tipos de reactores Biológicos

Además de la vía metabólica de los microorganismos (aerobia o anaerobia), los reactores biológicos se clasifican con base en la forma en que la población microbiana se encuentra dentro del reactor. Se conoce como biomasa suspendida a aquellos reactores que no utilizan un medio de soporte y los microorganismos forman agregados conocidos como flóculos. Cuando el reactor cuenta con un medio, ya sea natural o sintético, que sirve de soporte para que se desarrolle la comunidad microbiana en forma de "lama" o película, se dice que es un reactor de biomasa fija.

Tomando en cuenta estos dos factores se presenta la siguiente clasificación de los reactores biológicos (Figura 2.28), cabe aclarar que no incluye a los sistemas naturales.

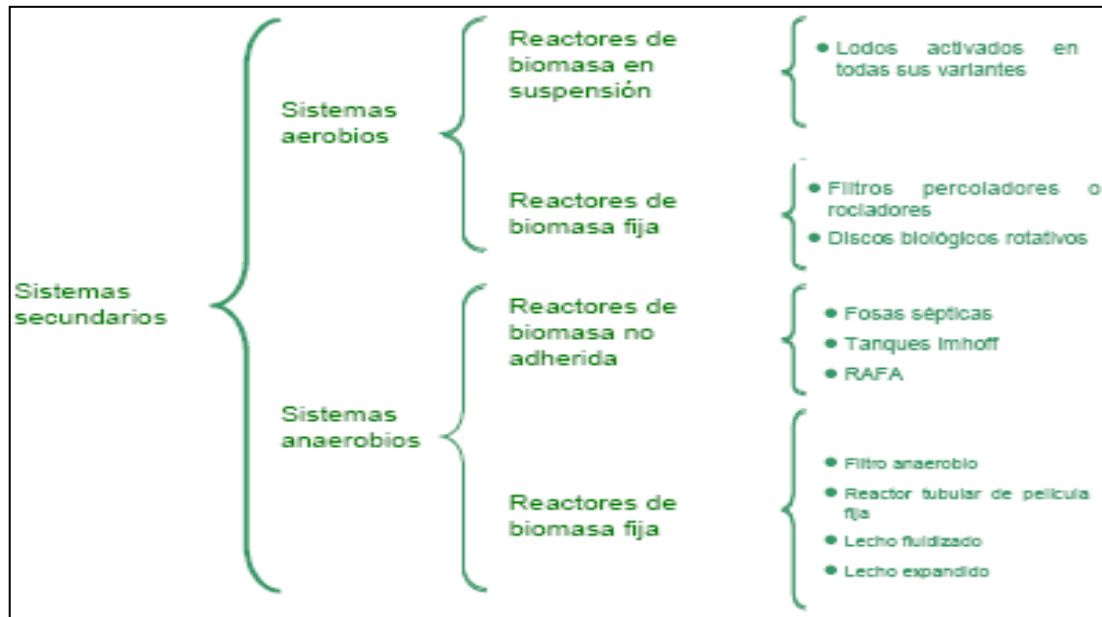


Figura 2. 26 Clasificación de los reactores

Los lodos activados y los filtros percoladores son de uso frecuente en México, otros reactores como los anaerobios de lechos expandidos o los lodos activados con aeración a contracorriente son incipientes en el país. Asimismo, hay otros sistemas que no se utilizan en México o, en su defecto, su uso principal no es el tratamiento del agua residual sino el tratamiento de los lodos de desecho, y por ello, no aparece en el cuadro sinóptico (Figura 2.26).

### Lodos activados

El proceso de lodos activados tiene como objetivo la remoción de materia orgánica, en términos de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), de las aguas residuales. La remoción de DBO se logra por la conversión biológica, en presencia de oxígeno molecular, por microorganismos, de la DBO en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y en nuevas células de microorganismos. Los microorganismos formados se separan por sedimentación gravimétrica, una parte son recirculados como siembra para la continuación del proceso y el resto se remueven. La combinación de microorganismos y agua residual se conoce como lodo activado. Los lodos en el reactor biológico están sujetos a un proceso de auto oxidación, conocido como respiración endógena, proceso que también consume oxígeno.

El oxígeno requerido para el funcionamiento del proceso se suministra por medio de aireadores mecánicos o por medio de difusores. Los aireadores mecánicos pueden ser con turbina sumergida o superficial de alta o de baja velocidad.

### Lagunas aireadas

El proceso de lagunas aireadas es una variante del proceso de lodos activados, con la diferencia significativa de que normalmente no se emplea recirculación de lodos.

Esta diferencia trae las siguientes consecuencias:



Una baja concentración de biomasa en el reactor (SSVLM de 150 a 350 mg/l),

- a) Altos tiempos de retención necesarios para obtener eficiencias comparables a las del proceso de lodos activados convencional (tiempos de retención de 2 a 7 días),
- b) Grandes volúmenes de los reactores por lo que resulta más económico construirlos en forma de lagunas con bordos de tierra.

Físicamente las lagunas aireadas son similares a las lagunas de estabilización, con una importante diferencia, que el oxígeno necesario para conservar el proceso de bio-oxidación es suministrado mecánicamente en el caso de las lagunas aireadas.

#### Filtro percoladores

Un filtro percolador consiste en un tanque que contiene un lecho de material grueso, compuesto en la gran mayoría de los casos de materiales sintéticos o piedras de diversas formas de alta relación área/volumen, sobre el cual son aplicadas las lagunas residuales por medio de brazos distribuidores fijos y móviles. Alrededor de este lecho se encuentra adherida una población bacteriana que descompone las aguas residuales a medida que éstas percolan hacia el fondo del tanque. Después de cierto tiempo, la capa bacteriana adquiere un gran espesor y se desprende hidráulicamente del lecho de piedras para pasar luego a un clarificador secundario en donde se efectúa la separación de los lodos formados.

Los filtros percoladores son utilizados en casos donde no se necesita una eficiencia muy alta en la remoción de DBO.

#### Lagunas de estabilización o de oxidación

El tratamiento por lagunas de estabilización puede ser en los casos en los cuales la biomasa de algas y los nutrientes que se descargan en el efluente puedan ser asimilados sin ningún problema por el cuerpo del receptor.

Para el tratamiento de aguas residuales domésticas se consideran únicamente los sistemas de lagunas que tengan unidades anaerobias, aireadas, facultativas y de maduración.

#### Lagunas anaeróbicas

Las lagunas anaeróbicas son relativamente profundas (hasta 6.0m) con taludes de bordos muy fuertes. En una laguna anaeróbica típica, el agua residual entra muy cerca del fondo (frecuentemente por el centro de la laguna); ésta se mezcla con la biomasa sedimentada, la cual tiene un espesor de aproximadamente 6 pies (1.8m). El efluente se localiza en la parte superior de la laguna y debe estar por abajo de la superficie del líquido. El exceso de grasa no digerida flota, formando un cobertor, el cual permite que el calor no se pierda y evita la entrada de aire. El proceso no requiere de recirculación de lodos.

#### Lagunas aireadas

El proceso de lagunas aireadas es una variante del proceso de lodos activados, con la diferencia significativa de que normalmente no se emplea recirculación de lodos.



Esta diferencia trae las siguientes consecuencias:

Una baja concentración de biomasa en el reactor (SSVLM de 150 a 350 mg/l),

- a) Altos tiempos de retención necesarios para obtener eficiencias comparables a las del proceso de lodos activados convencional (tiempos de retención de 2 a 7 días),
- b) Grandes volúmenes de los reactores por lo que resulta más económico construirlos en forma de lagunas con bordos de tierra.

Físicamente las lagunas aireadas son similares a las lagunas de estabilización, con una importante diferencia, que el oxígeno necesario para conservar el proceso de bio-oxidación es suministrado mecánicamente en el caso de las lagunas aireadas.

#### Lagunas facultativas

Las características principales de este tipo de lagunas son el comensalismo entre las algas y bacterias en el estrato superior y la descomposición anaerobia de los sólidos sedimentados en el fondo

Su utilización como unidad de tratamiento de un sistema de laguna puede ser:

1. Como laguna primaria única (caso de climas fríos en los cuales la carga de diseño es tan baja que permite una adecuada remoción de bacterias) o seguida de una laguna secundaria y/o terciaria (normalmente referida como laguna de maduración).
2. Como una unidad secundaria después de lagunas anaerobias o aireadas, para cumplir el propósito de procesar sus efluentes a un grado mayor.

#### Lagunas de maduración

Las lagunas de maduración deben de dimensionarse para alcanzar la remoción bacterial necesaria de acuerdo a los criterios de calidad exigidos.

#### Tratamientos anaerobios

El tratamiento anaerobio es el proceso de degradación de la materia orgánica por la acción de microorganismos, en ausencia de oxígeno u otros agentes oxidantes fuertes ( $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , etc.). Como subproducto de ella se obtiene un gas, denominado usualmente biogás, cuya composición básica es metano  $\text{CH}_4$  y dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  en un 95%, pero con la presencia adicional de nitrógeno, hidrógeno, amoníaco y sulfuro de hidrógeno, usualmente en proporciones inferiores al 1%.

#### Tanques Imhoff

Los tanques Imhoff se usan en comunidades pequeñas para las corrientes de aguas residuales crudas en el orden de  $945 \text{ m}^3/\text{día}$ . Los tanques Imhoff consisten en un comportamiento superior que funciona como un tanque de sedimentación y un comportamiento inferior sin calentamiento donde los lodos sedimentados se estabilizan anaeróbicamente.

Los tanques Imhoff no tienen ningún tipo de equipo mecánico y generalmente requieren poco mantenimiento; sin embargo tienen problemas de operación incluyendo la periódica



generación de espumas malolientes. La excesiva acumulación de natas en las gases de venteo y la producción de lodos ofensivos

### 2.9.6.5 Tratamiento terciario o desinfección

Dentro del tratamiento de aguas residuales tenemos una última etapa que consiste básicamente en asegurar la calidad del agua para consumo humano, ya que en los tratamientos posteriores se enfocan a remover los contaminantes de gran, mediano y pequeños tamaños, pero dentro del agua aún se encuentran disueltos agentes patógenos que al ser ingeridos por el ser humano puede alterar sus sistemas de manera súbita o crónica.

Las técnicas son bastas para asegurar la calidad del agua según lo marca las NOM-001--SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997, algunos de los sistemas llamados de desinfección pueden ser de manera física o química.

Para el caso de los tratamientos físicos tenemos la osmosis inversa y la aireación entre las más usuales, para el caso de los tratamientos químicos tenemos la cloración, y la ozonificación, existen un tercer tipo de procedimiento que se encarga de la exposición a luz ultravioleta, esta última es una combinación de proceso físico y químico, ya que mediante una frecuencia y equipos específicos se genera una onda de luz ultravioleta misma que es dirigida hacia un flujo de agua ocasionando la inhibición de los posibles agentes patógenos presentes aun en el agua, asegurando así su consumo humano.

La elección y aplicación de cada uno de estos métodos dependerá de dos factores básicos, el volumen y la calidad del agua de origen, ya que estos procesos son un sistema terciario que puede o no aplicarse a un tren de tratamiento de aguas residuales ya que la función principal de las PTAR's es reducir la carga de contaminantes que se vierten a cuerpos de agua, y el tratamiento terciario se enfoca en asegurar la calidad del vital líquido no siendo su origen necesariamente una PTAR's si no una fuente de abastecimiento natural ya sea superficial o profunda.

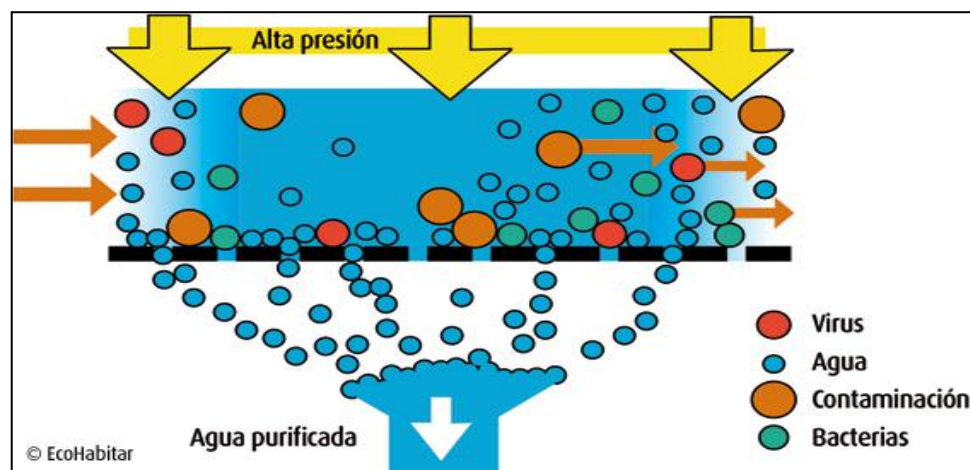


Figura 2. 27 Proceso de Osmosis Inversa

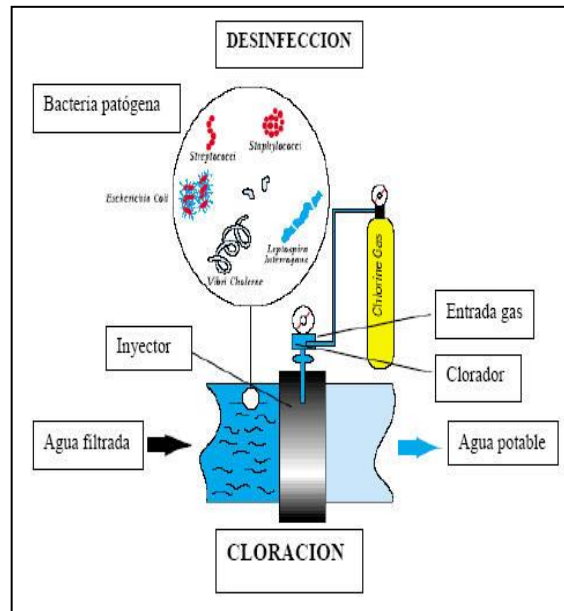


Figura 2. 28 Proceso de Cloración.

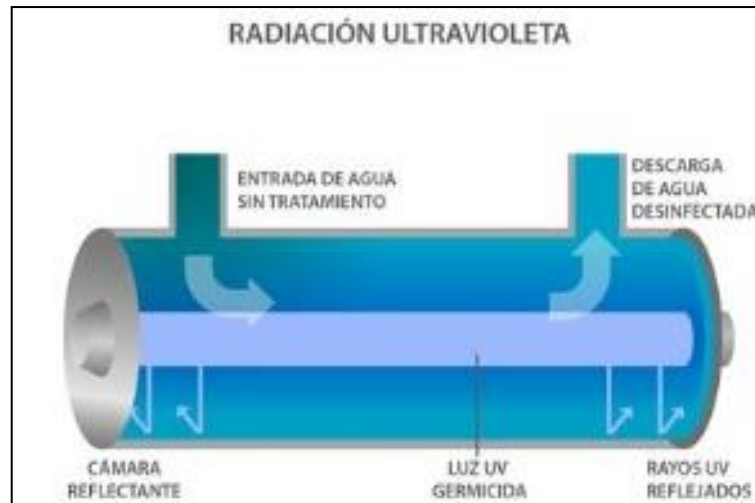


Figura 2. 29 Proceso de Radiación Ultravioleta

## Tipos de desinfección

### Cloración

Cloración es el proceso de desinfección de aguas residuales más comúnmente usado. El proceso incluye la adición de cloro o hipoclorito al agua residual. Cuando se usa cloro, este se combina con agua para formar ácido hipocloroso (HOCl) y ácido clorhídrico (HCl). El ácido hipocloroso es el desinfectante primario en el agua.

La demanda de cloro se determina mediante la diferencia entre el cloro suministrado y la concentración del cloro residual medido después de un tiempo de la aplicación del cloro, usualmente de 15 a 30 minutos.



La cloración usada en desinfección tiene el objetivo de prevenir la proliferación de enfermedades y el control de crecimientos de algas y producción de olores.

#### Ozonación

El ozono ( $O_3$ ) puede ser usado como desinfectante del agua residual, después de que ésta se haya sometido a tratamiento. Como desinfectante (con dosis comunes de 3 a 10 mg/l), el ozono es un agente efectivo en la desactivación de bacterias, esporas bacterianas y microorganismos vegetativos encontrados en las aguas residuales. El ozono es inestable y se descompone a oxígeno elemental en un período de tiempo relativamente corto (su vida media es de aproximadamente 20 minutos). Consecuentemente, no puede ser almacenado y debe ser producido en el sitio de aplicación usando aire u oxígeno como materia prima.

#### Carbón activado granular

El carbón activado granular es generalmente usado en el tratamiento de aguas residuales para absorber los materiales orgánicos solubles. El carbón es empacado en un tanque de tal manera que forme una cama filtrante. Los tanques son regularmente circulares para sistemas a presión o rectangulares para sistemas con flujo por gravedad. Una vez que la capacidad de adsorción del carbón haya sido totalmente utilizada, éste debe ser desechado o regenerado. Generalmente, se utilizan varios tanques para asurar una operación continua. Las columnas o tanques pueden ser operadas en serie o paralelo. Todos los tanques deben de contar con un mecanismo de remoción y alimentación de carbón, para permitir la remoción del carbón usado y la adición de material nuevo. El flujo de agua a través del carbón puede ser ascendente o descendente. Las unidades deben ser retrolavadas periódicamente.

#### Ultravioleta

La irradiación ultravioleta es un proceso de desinfección, cuyas características fundamentales lo distinguen de los procesos de desinfección química (tales como la cloración). La irradiación ultravioleta se logra por medio de la inducción de cambios fotobioquímicos con los microorganismos. Como mínimo, deben cumplirse dos condiciones para que una reacción fotobioquímica tenga lugar:

1. Radiación de suficiente energía para alterar los enlaces químicos y
2. Absorción de tal radiación por el organismo.

#### 2.9.6.6 Manejo de Lodos

Todos los niveles de complejidad deben contemplar el manejo de lodos en su sistema de tratamiento de aguas residuales. Para esto, deben presentarse balances de masa de los procesos con los trenes de tratamiento de agua y lodos. Los efluentes líquidos del tren de lodos deben integrarse en los balances de masa del tren líquido.

#### Digestión de lodos

La digestión es un proceso bioquímico complejo en el cual varios grupos de organismos anaerobios y facultativos asimilan y destruyen simultáneamente la materia orgánica.



Existen cuatro tipos de digestión de lodos:

- Digestión de tasa estándar
- Digestión de alta tasa
- Digestión en dos etapas
- Procesos anaerobios de contacto

Se requiere el uso de tanques múltiples. Deben tomarse medidas de almacenamiento de lodo y separar el sobrenadante en una unidad adicional, en los casos en que sea necesario, dependiendo de la concentración de los lodos crudos y los métodos de disposición de lodo sobrenadante.

La proporción de la profundidad al diámetro del tanque debe ser tal que permita la formación de una profundidad razonable de líquido sobrenadante

Lechos de secado de lodos

Los lechos de secado son dispositivos que eliminan una cantidad de agua suficiente de los lodos para el que el resto pueda manejarse como material sólido, con un contenido de humedad inferior al 70 %. La operación de un lecho de secado de arena es una función de:

- La concentración de sólidos del lodo aplicado
- Profundidad del lodo aplicado
- Pérdidas de agua a través del sistema de drenaje
- Grado y tipo de digestión suministrada
- Tasa de evaporación (la cual es afectada por muchos factores ambientales)
- Tipo de método de remoción usado, y
- Método de disposición última utilizado

Un lecho de secado típico debe ser diseñado para retener en una o más secciones, el volumen total de lodo removido del digester. Los elementos estructurales del lecho incluyen los muros laterales, tuberías de drenaje, capas de arena y grava, divisiones o tabiques, decantadores, canales de distribución de lodo y muros.

Los lechos pueden estar abiertos a la intemperie o cubiertos. Los lechos abiertos se usan cuando existe un área adecuada para evitar problemas ocasionales causados por los malos olores. Los lechos cubiertos con techumbre tipo invernadero son más convenientes donde es necesario deshidratar lodo continuamente durante el año sin importar el clima, y no existe el aislamiento suficiente para la instalación de lechos abiertos.

## 2.10 Organismos operadores de agua

El agua es un recurso estratégico para la seguridad nacional ya que posee valor económico, social y ambiental.

En México, los servicios de agua potable están a cargo de los municipios, que crean organismos operadores (O. O.) para atender las necesidades de abasto, alcantarillado, saneamiento y disposición sin riesgo de las aguas residuales.



A los O. O. también se les llama Comisión de Agua, Junta de Agua, Sistema Descentralizado de Agua, Comité del Agua, Empresa de Agua, etc. Algunos O. O. son administrados por los gobiernos municipales (de manera directa o mediante organismos descentralizados), otros por gobiernos estatales, algunos son independientes a los gobiernos locales, y otros son concesiones parciales y/o totales, de vigencia definida, otorgadas por el gobierno local (ya sea estatal o municipal) a empresas privadas con fines de lucro.

Existen diversos aspectos legales, normativos y de usos y costumbres que rigen la labor del O. O.; las leyes y reglamentos relacionados con el manejo del agua deben promover justicia y equidad, disminuir riesgos y exigir la generación de información confiable, la planeación cabal y el uso sustentable de los recursos.

### **2.10.1 Misión**

La misión de un O. O. no se limita a los aspectos técnicos y operativos del servicio, abarca también la promoción de la salud de la comunidad a la que sirve. Para cumplir con sus funciones, el O. O. debe garantizar su autosuficiencia financiera mediante cuotas y tarifas que los usuarios deben pagar.

Para prestar sus servicios, es recomendable que él O. O. considere:

- Cantidad
- Calidad
- Continuidad
- Confiabilidad
- Recuperación del costo de los servicios prestados
- Expectativas del usuario

### **2.10.2 Principales leyes, normas y reglamentos**

El principal sustento legal para la administración del agua en la Republica Mexicana es el Artículo 27 de la Constitución, que establece que las aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional son propiedad de la nación. El ejecutivo Federal puede autorizar la explotación, el uso o el aprovechamiento a particulares mediante concesiones y a los gobiernos estatales y municipales mediante asignaciones. En la actualidad la Federación ejerce tales funciones a través de la Comisión Nacional del Agua.

El Artículo 115 de la Constitución establece, a partir de las reformas del 23 de diciembre de 1999, la responsabilidad plena de los municipios de prestar los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales dentro de su jurisdicción. El municipio podrá operar dichos servicios mediante órganos descentralizados. Sus tareas son:

- Prestar los servicios de agua potable, drenaje y tratamiento en su respectiva jurisdicción
- Participar en coordinación con los gobiernos federal y estatal en la prestación del servicio, de acuerdo a sus atribuciones y responsabilidades.





- Planear y programar la prestación de servicios.
- Realizar, por si mismos o a través de terceros, las obras de infraestructura hidráulica, su operación y mantenimiento.
- Adoptar las medidas necesarias para alcanzar su autosuficiencia financiera.

Para apoyar la gestión local del agua, los gobiernos estatales han creado las Comisiones Estatales de Agua, que procuran respetar la soberanía de los municipios y a la vez observar las leyes federales. Estas comisiones coordinan a los O. O. municipales, que de otra manera estarían aislados.

### **2.10.3 Principios de trabajo**

El objetivo de los O. O. es atender a la ciudadanía que le confiere la administración del sistema de aguas.

El usuario le ha conferido al O. O. la responsabilidad de mantener, acrecentar y administrar su patrimonio (fuentes de agua, redes de tubería, planos, etc) para hacerlo eficiente, útil y duradero. Además el O. O. tiene la obligación de preservar el recurso para no afectar los intereses de las generaciones futuras.

El marco legal ha sido creado por instituciones especializadas, o por representantes electos para prever riesgos y ofrecer las mejores garantías posibles al ciudadano que solicite servicios públicos.

La finalidad primordial del marco legal en torno a los derechos y obligaciones de un O. O. es preservar los recursos hídricos (agua) e hidráulicos (infraestructura) para la ciudadanía actual y futura y proporcionar un servicio de calidad.

### **2.10.4 Funciones operativas**

El área de operación y Mantenimiento tiene a su cargo las siguientes actividades:

- a) Ingeniería hidráulica y distribución
- b) Administración de fuente de abastecimiento
- c) Mantenimiento de redes
- d) Alcantarillado
- e) Bacheo y maquinaria
- f) Monitoreo de calidad del agua y presión en la red de abastecimiento
- g) Monitoreo de estado de la red de alcantarillado
- h) Operación de plantas de tratamiento de aguas residuales o vigilancia y mantenimiento a humedales u otros sistemas
- i) Mantenimiento a la red de drenaje pluvial
- j) Sectorización de la red
- k) Operación de redes o sistemas de distribución de aguas tratadas

### **2.10.5 Responsabilidades**

El O. O. es un administrador comisionado por la ciudadanía para cuidar y preservar el patrimonio común, compuesto por fuentes de abastecimiento (acuíferos, bosques, ríos,



lagos), infraestructura, información (cartera de clientes, planos, base de datos, planes a futuro) y sus propios recurso humanos. No es duelo del agua ni de la infraestructura, y esta bajo la supervisión de las autoridades municipales y estatales.

El O. O. normalmente trabaja a escala de un municipio y es independiente de otros O. O. municipales similares.

Las funciones del O. O. comprenden asuntos de ingeniería (operación, mantenimiento, rehabilitación y ampliación de la infraestructura) temas comerciales y de los usuarios (padrón o inventario de clientes, contrataciones, cobranza, etc.) y cuestiones de representación y gestión ante otras autoridades respecto de concesiones de agua, descargas, autorización de tarifas etc. Para ofrecer estos servicios a la comunicada necesita infraestructura (que deberá operar, mantener, ampliar o renovar) y personal especializado.

Las principales responsabilidades administrativas del O. O. pueden clasificarse en temas:

- Administración financiera
- Gestión de recursos humanos
- Administración técnica
- Administración estratégica
- Administración y transparencia a la información

Es responsabilidad del director lograr que el O. O. funciones correctamente y cumpla sus metas, objetivos y compromisos.

La estructura administrativa del O. O. se desarrolla en función de las características de la población a la que sirve. Todo aumento de tamaño de la estructura provocara una mayor especialización de las actividades.



## MODULO III



### 3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

#### 3.1 Generalidades

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS en su acrónimo inglés) es una integración organizada de *hardware*, *software*, datos geográficos y personal, diseñada para capturar, almacenar, manejar, analizar, modelar y representar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

El pionero de la epidemiología, el Dr. John Snow proporcionaría, allá por 1854, el clásico ejemplo de este concepto cuando cartografió la incidencia de los casos de cólera en un mapa del distrito de SoHo en Londres. Este *proto SIG* permitió a Snow localizar con precisión un pozo de agua contaminado como fuente causante del brote.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

##### 3.1.1 El concepto SIG

“Es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración.”

“Un SIG es un conjunto de herramientas, de programas, equipamientos, metodologías, datos y personas perfectamente integrados, que permiten la colecta, el almacenamiento, el procesamiento y el análisis de datos geográficamente referenciados para un conjunto particular de objetivos”.(Bosque Sendra, 1992)

### 3.1.2 Componentes de un SIG



Cuadro 1 Elementos de un SIG

#### 3.1.2.1 Equipos (Hardware)

Es donde opera el SIG. Hoy por hoy, los programas de SIG se pueden ejecutar en una amplia gama de equipos, desde servidores hasta computadores personales usados en red o en forma personal.

#### 3.1.2.2 Programas (Software)

Los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica. Los principales componentes de los programas son:

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- Un sistema de manejador de base de datos (DBMS)
- Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Interface gráfica para el usuario (GUI) para acceder fácilmente a las herramientas





### **3.1.2.3 Datos**

Probablemente la parte más importante de un sistema de información geográfico son sus datos. Los datos geográficos y tabulares pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros que ya los tienen disponibles. El sistema de información geográfico integra los datos espaciales con otros recursos de datos y puede incluso utilizar los manejadores de base de datos más comunes para manejar la información geográfica.

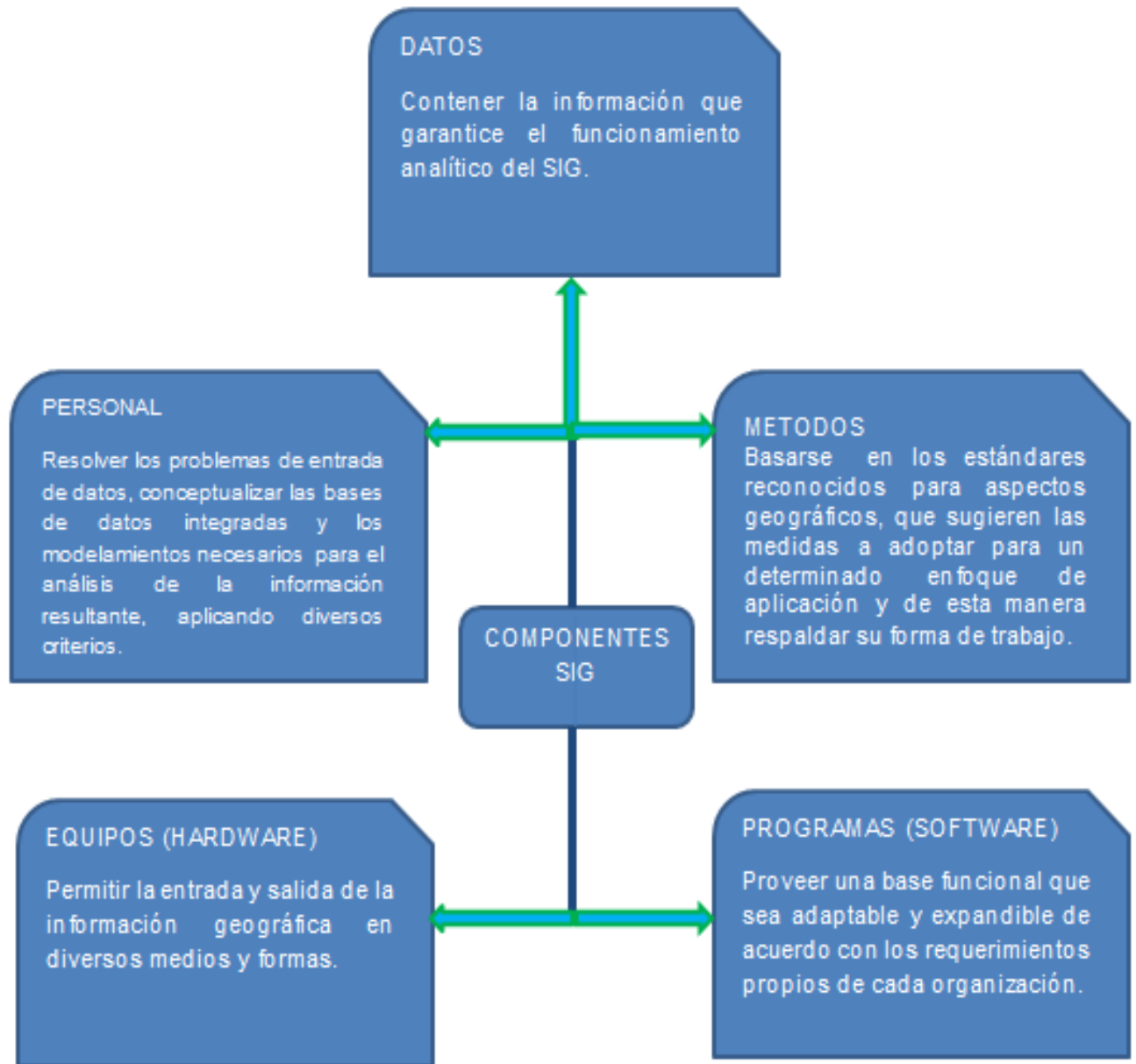
### **3.1.2.4 Personal**

El usuario enlaza con todos estos componentes y pone el SIG en funcionamiento. El éxito de la implementación y del diseño del SIG depende en gran medida de sus conocimientos (tanto del SIG como del tema a analizar), del conjunto de métodos, ideas y modelos que aplica en el proyecto, su capacidad de reconocer y resolver problemas que pueden surgir durante el proceso y de su capacidad de adquirir o convertir información al formato digital para integrarla en el SIG.

### **3.1.2.5 Métodos**

Un SIG operará acorde con un plan bien diseñado y con unas reglas claras del negocio, que son los modelos y las prácticas operativas características de cada organización.

### 3.1.3 Funciones de los componentes de un SIG



Cuadro 2 Funciones

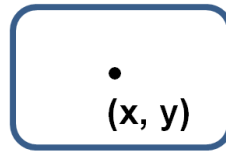
### 3.1.4 Representación de la información de un SIG

En un SIG se pretende agrupar la organización de datos espaciales. Específicamente se tienen sistemas de punto, de red o lineal y de áreas o polígonos. En general, se utilizan tres notaciones básicas para representar la posición espacial de los fenómenos geográficos: *puntos*, *líneas* y *polígonos*. Los puntos, las líneas y los polígonos suelen definirse en los mapas por medio de coordenadas cartesianas  $(x, y)$  (longitud/latitud, etc.), basadas en los principios de la geometría euclidiana. Este sistema de coordenadas cartesianas es el que más se utiliza para medir la posición espacial y para analizar sus diversas propiedades, incluyendo la medición, etc.

#### 3.1.4.1 Punto

Es la representación geométrica constituida por un par de coordenadas  $(X, Y)$ . Un punto se usa para describir geoméricamente un rasgo geográfico considerado como puntual para propósito de crear una base de datos geográfica (BDG).

Junto con sus coordenadas el punto puede requerir una dirección sin embargo esta dirección estaría considerada en la entidad como un atributo.



Un punto posee entre otros atributos un calificador de posición. Los valores permitidos para los calificadores de posición de puntos son:

- Definida
- Aproximada

#### 3.1.4.2 Línea

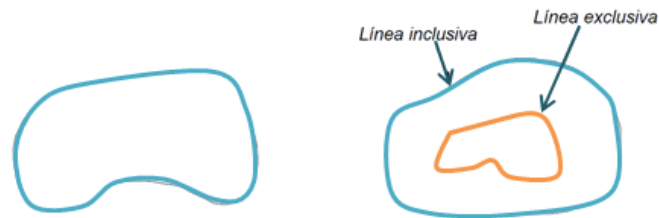
Es la representación geométrica constituida por una serie de dos o más pares distintos de coordenadas (vértices) ligados secuencialmente. Una línea se usa para describir total o parcialmente la geometría de un rasgo geográfico, considerado como línea para propósito de la base de datos geográfica (BDG). Junto con sus coordenadas la línea puede requerir un sentido al cual está asociada una característica del rasgo geográfico, sin embargo este sentido estaría considerado en la entidad como un atributo.



### 3.1.4.3 Polígono

Es la representación geométrica delimitada por una línea cerrada o serie de líneas que cierran. Un polígono se usa para describir geoméricamente un rasgo geográfico considerado como una extensión o superficie. Un polígono puede ser simple o complejo.

Los calificadores de posición no se aplican a los polígonos pero si a las líneas asociadas con ellas, de esta manera un cuerpo de agua puede estar delimitado por líneas definidas e indefinidas.



## 3.2 Etapas de implementación de un SIG

### 3.2.1 Entrada de datos

Fase en la cual los datos acerca del estudio o fenómeno se recogen y preparan para ser ingresados en el sistema.

Realiza la captura y transformación de datos análogos tales como mapas impresos, registros alfanuméricos en papel y observaciones de campo. Del mismo modo, convierte la información digital, proveniente de sensores remotos u otros sistemas de información, a una plataforma compatible con lenguaje computacional del SIG. Entre los dispositivos de entrada figuran: Tableros digitalizadores, scanner o barreadores, lectores magnéticos y láser, teclados, terminales y puertos, e Internet



## Datos vs Información

Existe una importante diferencia entre los conceptos de datos e información. Un SIG es un Sistema de Información Geográfica, pero maneja datos geográficos, existiendo diferencias entre estos conceptos.

Entendemos como dato al simple conjunto de valores o elementos que utilizamos para representar algo.

La información es, por tanto, el resultado de un dato y una interpretación, el trabajo con datos es en muchos casos un proceso enfocado a obtener de estos toda la información posible.

### 3.2.2 Manipulación y análisis

Fase intermedia que permite realizar las operaciones analíticas necesarias para producir nueva información con base en la existente, con el fin de dar:

- Respuestas a preguntas particulares.
- Soluciones a problemas particulares.

Se pueden distinguir cuatro tipos generales de análisis: los de consulta, los de sobre posición, los de modelación topológica y los espaciales.

Análisis de consulta, existen dos opciones: las que se hacen a partir de la tabla de atributos y las que se hacen a partir de un tema.

Estos análisis son de los más básicos para los SIG y en ocasiones se usan para realizar procedimientos que corresponden más bien a la manipulación de los datos.

Análisis por sobre posición de capas: Es uno de los más antiguos y se llevaba a cabo desde antes de que se contara con sistemas automatizados. Se trata de encontrar concordancias, coincidencias o discordancias para áreas específicas respecto a diferentes capas de información.

Con este tipo de análisis se han realizado estudios de aptitud de los suelos, evaluaciones militares, ordenamientos urbanos e incluso la elección de áreas para campos de golf.

Análisis topológica: Se refiere a la capacidad de un SIG de reconocer y analizar la relación espacial entre rasgos. Se pueden analizar las condiciones de adyacencia, que responden a la pregunta ¿qué está cerca de qué?

Análisis espaciales: Incluye las funciones que realicen cálculos sobre las entidades gráficas. Va desde operaciones sencillas como longitud de una línea, perímetros, áreas y volúmenes, hasta análisis de redes de conducción, intersección de polígonos y análisis de modelos digitales del terreno. La componente espacial responde a la pregunta ¿Dónde?

### 3.2.3 Salida y presentación de resultados

Fase en la cual los resultados de análisis anteriores se presentan de manera apropiada.





En primera instancia, la publicación de los resultados de un SIG deben ser mapas, sin embargo, no siempre es el caso.

La salida de información de un SIG puede ser de tipo textual o de tipo gráfico, ambos tipos de información pueden ser presentados en forma digital o analógica.

La información Digital consiste en el despliegue de datos cartográficos y datos tabulares sobre pantallas de computadoras.

La información textual analógica consiste normalmente en un conjunto de tablas que representan la información almacenada en la base de datos o representan el resultado de algún tipo de análisis efectuado sobre ésta. La información analógica gráfica consiste en mapas, gráficos o diagramas. Ambos tipos de información pueden ser presentados en una pantalla o impresos en el papel.

El sistema debe proveer la capacidad de complementar la información gráfica, antes de su presentación definitiva, por medio de una simbología adecuada y manejar la posibilidad de adicionar elementos geométricos que permitan una calidad y una visualización fáciles de entender por el usuario.

### **3.3 Modelos vectoriales y raster**

#### Información geográfica y cartografía digital

Se denomina Información Geográfica a aquellos datos espaciales georreferenciados requeridos como parte de las operaciones científicas, administrativas o legales. Dichos datos espaciales suelen llevar una información alfanumérica asociada. Se estima que el 80% de los datos corporativos existentes en todo el mundo poseen esta componente geográfica.

La georreferenciación es el posicionamiento en el que se define la localización de un objeto espacial en un sistema de coordenadas y datum determinado. Este proceso es utilizado frecuentemente en los Sistemas de Información Geográfica.

En la cartografía tradicional estamos acostumbrados a ver mapas compuestos por varios temas a la vez. Un mapa que muestra el uso del suelo lleva por lo general además las carreteras principales, las poblaciones y sus etiquetas que les identifiquen. En la cartografía digital se mantiene la información temática (capas o coberturas) por separado, para combinarla en el momento adecuado con fines de análisis o con fines de presentación. Pero, lo más importante es que los elementos del mapa son referenciados sobre la tierra.

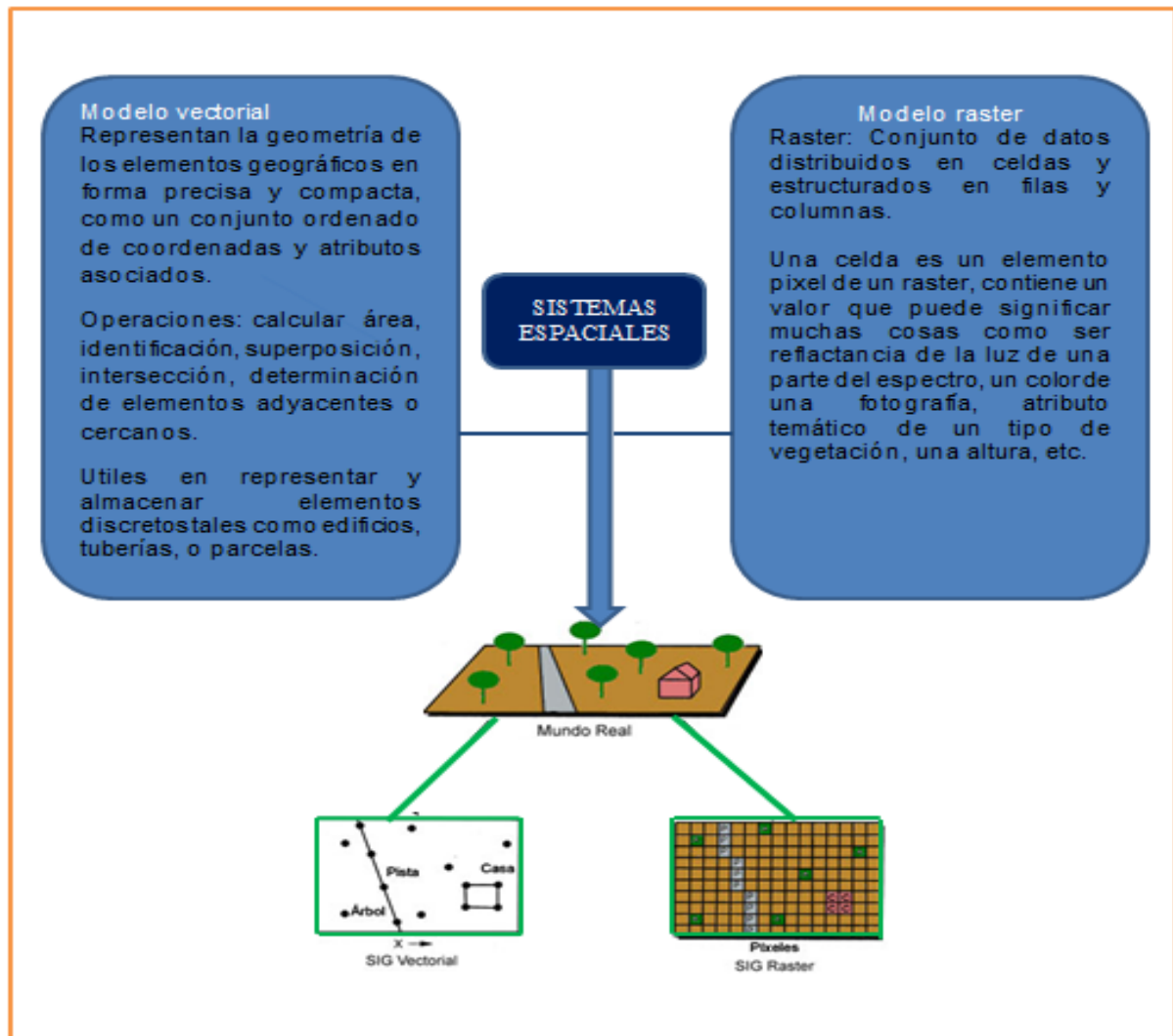
#### **3.3.1 Formatos ráster y vectorial**

Los datos espaciales en un SIG pueden ser representados a través de dos formatos o sistemas espaciales: vectorial y ráster.

Son dos formatos muy diferentes, que se distinguen por su manera de almacenar los objetos geográficos (la base de datos geográfica), su manera de almacenar los atributos de estos objetos (la información temática) y en segundo lugar por su apariencia.

En el formato vectorial, la información del mundo real es representada por los puntos y líneas que definen sus límites o fronteras, estableciendo un sistema de coordenadas para localizar cada objeto.

En el formato ráster, el espacio está representado por un conjunto de celdas adyacentes llamadas *pixels*, que representan las unidades de información espacial. Estas establecen su localización por un sistema de referencia en filas y columnas, acompañado por la extensión del mapa y el tamaño de la celda. Los píxeles en realidad no mantienen una relación mutua entre sí. En la cobertura de tipo ráster, cada celda tiene un valor o código asignado, correspondiente al tipo de información temática que representa la celda.



Cuadro 3 Sistema espacial Vector y Raster

### 3.3.2 Ventajas y Desventajas Modelo Raster y Vector

#### Ventajas Raster y Vector

##### Modelo Vector

- o Estructura de datos más compacta (menos espacio de almacenamiento).
- o Representación de entidades geográficas más precisas.
- o Permite medir distancias, superficies y volúmenes de forma más precisa.
- o Codificación eficiente de la topología
- o Modifica fácilmente la escala y grado de detalle de un mapa gráfico.
- o Más adecuado para generar salidas gráficas.

##### Modelo Raster

- o Facilidad de captura de datos con un escáner.
- o Estructura de datos simple (pixel).
- o Sencillez de manejo: técnicas de gestión y algoritmos de tratamiento.
- o Trata eficientemente datos de variación espacial alta.
- o Formato adecuado para el tratamiento y realce de imágenes digitales.
- o Pueden representarse tanto entidades continuas como discretas.

#### Desventajas Raster y Vector

##### Modelo Vector

- Captura de datos más complejo y costoso.
- Estructura de datos más complejo (punto, línea y polígono).
- Operaciones de superposición de mapas son difíciles de implementar (comparación de mapas temáticos), así como los análisis y simulación en tiempo real.
- Poco eficiente cuando la variación de los datos es alta.
- Imposible el tratamiento de imágenes digitales o poco eficientes.

##### Modelo Raster

- Los mapas temáticos ocupan mucho espacio en memoria.
- No se recomienda representación por pixel para entidades lineales.
- Menos exactitud en la ubicación espacial de los objetos o entidades.
- La técnica raster tiene en general poca precisión en los cálculos de superficie, distancia, etc. a menos que se disminuya la anchura del pixel lo cual compromete el espacio y la ligereza del sistema.
- Ciertas relaciones topológicas son más difíciles de representar.

Cuadro 4 Ventajas y Desventajas de los modelos espaciales



### 3.3.4 Topología

La topología es el campo de las matemáticas que estudia las relaciones de los elementos en el espacio. “La topología de un mapa es el conjunto de relaciones que describen la posición relativa de sus componentes”.

La concepción de estas relaciones varía entre los sistemas raster y vectoriales. En los sistemas raster (matriciales) las relaciones se producen entre celdas como análisis, generalmente, de vecindad, conformándose las entidades espaciales a partir de la proximidad física y de atributos entre los píxeles. Los sistemas vectoriales se suelen basar en una topología arco-nodo que viene definida por la direccionalidad, la conectividad y la proximidad entre vectores; de forma tal que a partir de éstos y otros valores se definen las diferentes entidades espaciales.

La topología tiene una gran importancia en el desarrollo y evolución de los SIG. Es determinante en sus capacidades de análisis y define en gran manera el desarrollo de los formatos de la información geográfica.

### 3.4 Aplicaciones de los SIG/ servidores de mapas en la WEB.

- Aplicación Forestal: Para determinar la magnitud de la tala y conocer la vía o el acceso a esa tala.
- Bases de datos ambientales: Con estos datos se realizan planes convenientes para evitar deterioros naturales en una región.
- Censos: Con los datos obtenidos conocer los usos de los servicios que se ofrecen en un área como la distribución de agua potable y transporte.
- Grandes bases cartográficas: Con estas bases de datos se adquiere más fácilmente el mantenimiento de inventario con referencias espaciales de los bienes inmuebles así como de su valoración y para preparar una gestión contribuyente en la Administración Pública.
- Planeación Urbana: La elaboración de Planes Generales y Normas Subsidiarias, entre otros están los Planes Parciales, Proyectos de Urbanización, Proyectos de Compensación y Reparcelaciones, Evaluaciones de Impacto Ambiental, Planes Especiales y Catálogos
- Sistemas de empresas de servicios: Para los servicios de transporte que controlan sus equipos con un rastreo satelital.

Sistemas para el control y modernización de cambios ambientales: Estos ofrecen una inspección para zonas de riesgos por factores naturales, y análisis para planes de conservación.

#### 3.4.1 Los SIG en Internet

Internet no cambia la naturaleza básica de los SIG, la pone "on line".

Un SIG en Internet puede utilizarse para localizar servicios, buscar rutas y direcciones, publicar Atlas electrónicos, notificar sucesos de características geográficas (inundaciones, terremotos, etc.), acceder a Bases de Datos de Organismos Públicos tales como censos,



realizar aplicaciones de seguridad como análisis geográficos de criminalidad, realizar análisis demográficos, utilizar datos procedentes de la teledetección, visualizar condiciones medioambientales... Todas estas aplicaciones responden a servicios de SIG en Internet que ya existen en la actualidad y que cada día son demandados por más personas. La tendencia es a implicar estas herramientas en una especie de uso cotidiano de la información geográfica encaminado a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos a través de las tecnologías de la información.

En la actualidad las diferentes formas de funcionar un SIG en Internet son:

La forma más simple serían aquellos mapas que sólo muestran localizaciones. En este caso el servidor web simplemente pone a disposición del usuario una imagen GIF o JPEG. Sería una aplicación estática como por ejemplo la localización de un servicio o infraestructura que no va a variar en mucho tiempo. Una pequeña complicación sobre el caso anterior serían los mapas que muestran cambios, donde el servidor actualiza automáticamente las imágenes cada cierto tiempo. Sería el caso de los servidores meteorológicos con imágenes Meteosat.

### 3.4.2 Servicios de los SIG

**Servicio WMS:** Utilizando el Web Mapping Service (WMS) podemos visualizar las capas como simples imágenes, pero no podemos acceder a la tabla de atributos.

Un paso más adelante es cuando el usuario puede generar su propio mapa. En este caso ya tenemos un SIG por encima del servidor web, y a éste aceptando peticiones del usuario y sirviéndole mapas como respuesta. Es el caso de servicios del estilo del Instituto de Estadística de Andalucía donde a partir de las estadísticas y mapas almacenados podemos construir un mapa de aquellos municipios que nos interesan con una variable dada ([http://www.iea.junta-andalucia.es/sima\\_web](http://www.iea.junta-andalucia.es/sima_web)). Los mapas también pueden ser producto de un análisis espacial como búsquedas geográficas, condicionadas, etc. Es el caso de páginas del estilo páginas amarillas o visa donde, por ejemplo, podemos encontrar todos los cajeros automáticos existentes en un radio dado a donde nos encontramos (<http://www.paginas-amarillas.es/PAM4/CALLEJERO2>, <http://www.visa.com>). La estructura es similar a la anterior pero con complementos de análisis espacial y de gestión y acceso a la Base de Datos por parte del SIG.

**Servicio WFS:** Utilizando el Web Feature Service (WFS) también podemos acceder a la tabla de atributos de las capas vectoriales, e incluso hacer cambios o insertar nuevos elementos (WFS-T, transaccional).

**Servicio WCS:** Utilizando el Web Coverage Service (WCS) podemos acceder a capas ráster en distintos formatos SIG (no sólo como simples imágenes). Mapas producto de un procesamiento de datos geográficos. El SIG en el servidor procesa o transforma los datos almacenados como respuesta a la petición del usuario. Por ejemplo, Sistemas de Información Geográfica (SIG): Técnicas básicas para estudios de biodiversidad 37 generando un MDT con un grado de elevación del Sol determinado para una zona dada.



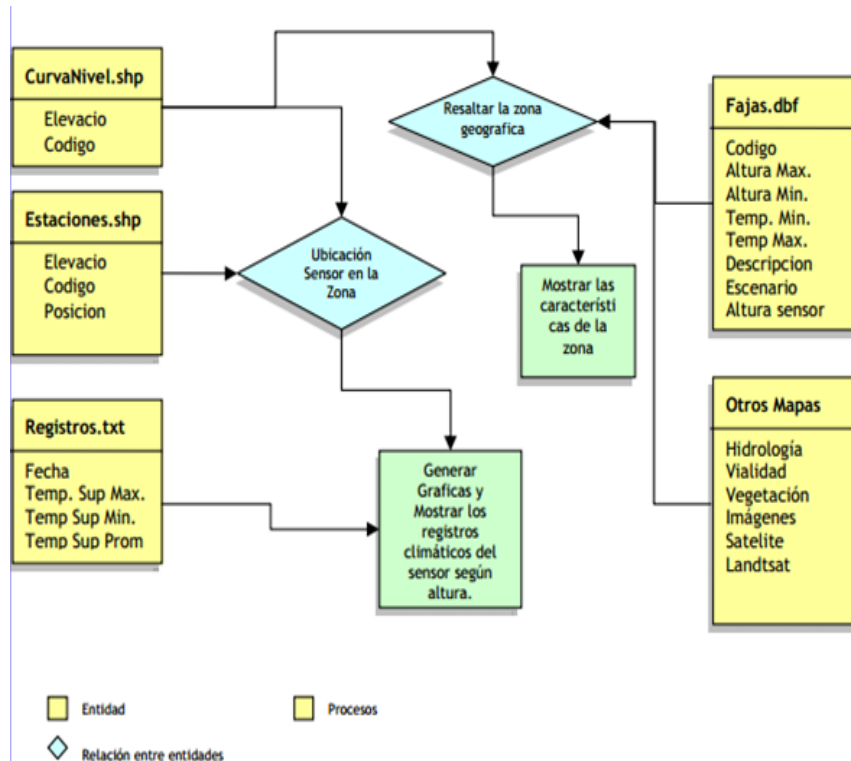
En este caso, el SIG situado sobre el servidor web ha de tener la capacidad de realizar las operaciones requeridas.

Servicio WPS: Utilizando el Web Processing Service (WPS) podemos acceder al uso de herramientas de análisis espacial o geográfico sin tener un software SIG instalado en nuestro ordenador personal

Servicio de datos públicos. En este caso, el organismo pone a disposición del usuario sus datos geográficos con carácter gratuito para que éste pueda descargarlos y utilizarlos con el SIG de su propio ordenador. La estructura sería un repositorio de datos al que el usuario web lanza una petición devolviéndola en forma de datos para utilizar en su SIG local. Un buen ejemplo es el "extractor" de líneas de costa del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), del que se pueden descargar las líneas de costa de todo el Mundo a diferentes escalas y en diferentes formatos (<http://crusty.er.usgs.gov/coast/getcoast.html>)

Como vemos, el mundo Internet supone una auténtica revolución en el uso masivo de la Información geográfica. Lamentablemente los recursos destinados a obtener esa información, a controlar su calidad y a fomentar la investigación geográfica no van en paralelo a este boom.

### 3.4.3 Modelo entidad relación del servidor de mapas WEB



Cuadro 5 Servidor de mapas en la web



## MODULO IV



## **4.1 MODELACIÓN GEOGRÁFICA DEL SISTEMA DE AGUA**

### **4.1 Alcances**

Para la realización de este proyecto y cumplir con los objetivos generales y particulares será necesario contar con el equipo adecuado de campo y gabinete, realizando las siguientes actividades:

1. Visitas de Inspección y Reconocimiento al Sitio de Proyecto,
2. Recopilación y Análisis de la Información,
3. Evaluación y Diagnostico de la Infraestructura Hidráulica en la Zona de Estudio,
4. Levantamientos Topográficos
5. Elaboración de una base de datos,
6. Sistema de Información Geográfico.

### **4.2 Metodología**

En este capítulo se desarrollara la primera actividad que es la de Visitas de Inspección y Reconocimiento al Sitio de Proyecto.

La actividad de Visitas y Reconocimiento tiene como finalidad realizar recorridos técnicos en cada la zona de proyecto, a efecto de identificar la problemática y detectar los elementos que pudieren representar aspectos limitantes en la realización del proyecto, tales como infraestructura hidráulica, eléctrica, petrolera, de comunicaciones y vial que existen en la zona, así como para señalar los sitios donde se requerirán levantamientos topográficos e identificar los puntos de conexión correspondientes para la infraestructura del proyecto.

A continuación se presenta el croquis de localización de la calle Río Magdalena

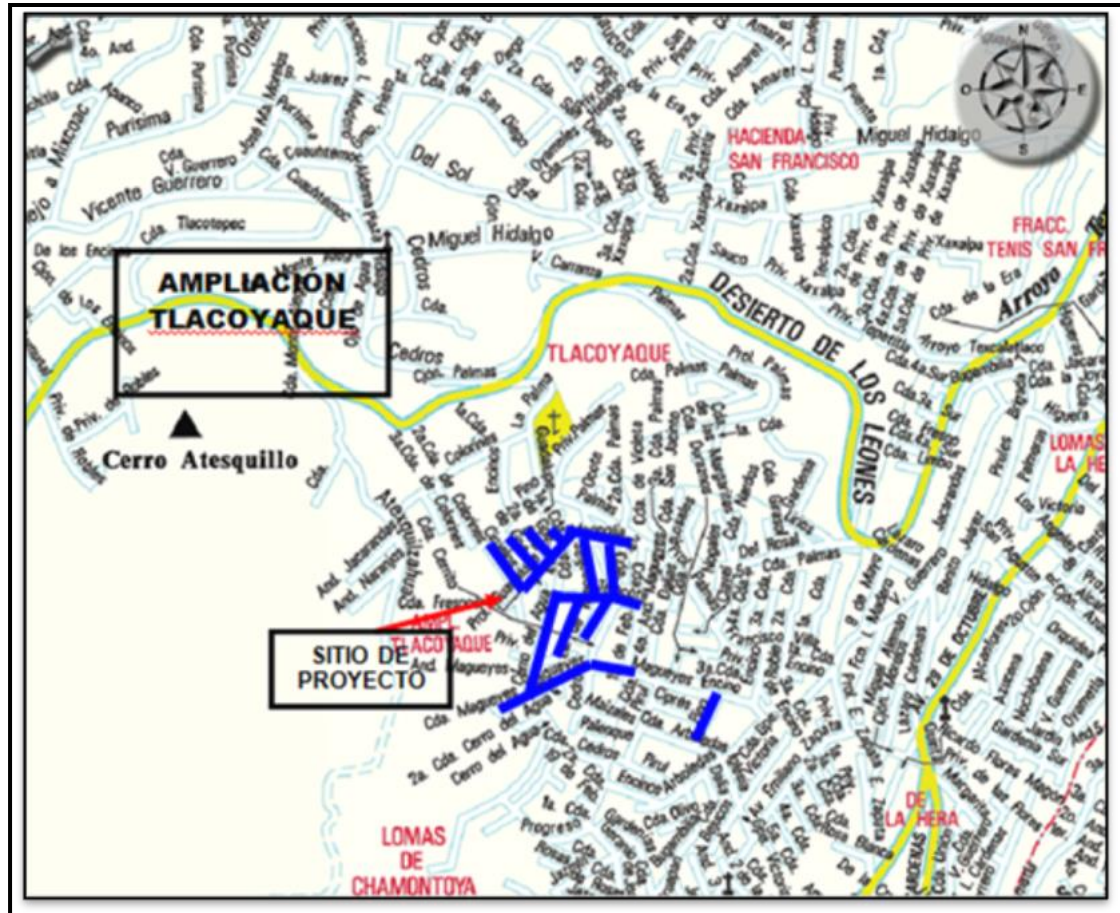


Figura 4.1 Croquis de localización de la colonia de Ampliación Tlacoyaque, las líneas azules indican las calles que involucra el proyecto.

La problemática en las calles visitadas es que se tiene tubería de vieja la cual operando a las condiciones de demanda actuales sufre de constantes rupturas, en algunas de las calles se observó una gran cantidad reparaciones a las tuberías, ya que se encontraron baches los cuales se hacen para poder realizar las reparaciones pertinentes a la tubería. Este problema origina el desabasto del líquido en las calles Cerro del agua Magueyes, 1ra. De Cerro del Agua, 1a, 2a, y 3a de Tejocotes, 1a. y 2a de Magnolia, Pino, 1a y 2a de Bosque de Guadalupe, Cerrito del Agua, Ciruelo, And. Tepozanes, Fresno Cerrada Fresno y 2a de Fresno. Por tal motivo es necesario realizar la sustitución de la tubería y mejorar las condiciones de servicio.



A continuación se presenta el reporte fotográfico del recorrido por las calles que comprenden este proyecto, con este álbum se puede apreciar el estado actual de la calle, pavimento y un poco la topografía del lugar



Figura 4.2 de la calle Magueyes esquina con calle 19 de febrero. El pavimento es de concreto hidráulico.



Figura 4.3 Calle Cerro del Agua, la pendiente de la calle es algo pronunciada, el material de pavimento es concreto hidráulico.





**Figura 4.4** Calle Tejcote esquina calle Cerro del Agua, las pendientes en esta colonia son pronunciadas, y todas están pavimentadas con concreto hidráulico.



**Figura 4.5** Calle cerro del Agua, pavimento de concreto hidráulico, estas calles son nuevas por lo que en los planos no aparece la tubería que conforma su red de agua potable.





**Figura 4.6** Calle Magueyes casi esquina con calle Cerro del Agua.



**Figura 4.7** Calle Magueyes casi esquina con calle Cerro del Agua.





Del área de Topografía del Sistema de Aguas del Distrito Federal, se obtuvo la información referente a los Bancos de Nivel para llevar a cabo el levantamiento topográfico. De acuerdo a lo proporcionado se utilizará para el proyecto el Banco de Nivel denominado **B(S09W09)02**, a continuación se presenta los archivos proporcionados.

<b>BANCO DE NIVEL</b> CROQUIS DE LOCALIZACIÓN	<b>B(S09W09)02</b>		DELEGACIÓN	ÁLVARO OBREGÓN
	COORDENADAS U.T.M.		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
	E: 471.378,654	N: 2.137.028,307	19° 19' 37.06534" N — 99° 16' 20.90228" W	

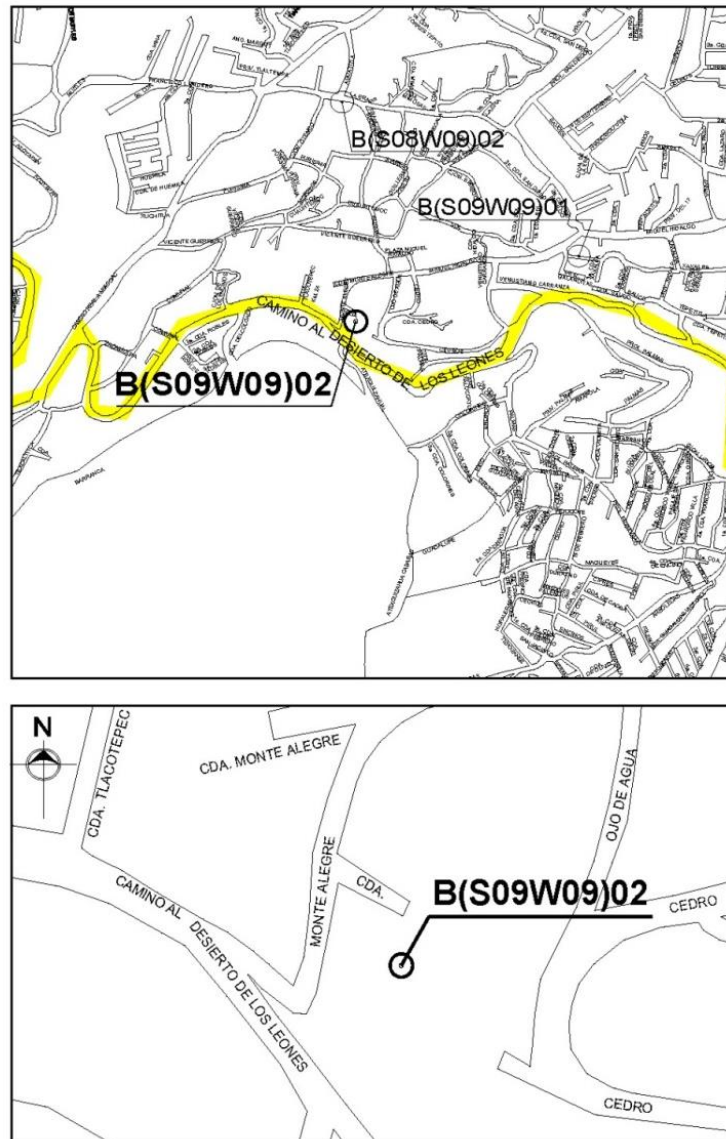


Figura 4.9 Croquis de localización del Banco de Nivel Oficial B(S09W09)02 (Copias proporcionadas por el SACMEX).

<b>BANCO DE NIVEL</b>	<b>B(S09W09)02</b>		DELEGACION	ÁLVARO OBREGÓN
	COORDENADAS U.T.M.		COORDENADAS GEOGRAFICAS	
FOTOGRAFÍAS	E: 471.378,654	N: 2.137.028,307	19° 19' 37.06534" N — 99° 16' 20.90228" W	



Figura 4.10 Fotografías con la localización del Banco de Nivel Oficial B (S09W09)02 (Copias proporcionadas por el SACMEX).





<b>BANCO DE NIVEL</b>	<b>B(S09W09)02</b>		DELEGACIÓN <b>ÁLVARO OBREGÓN</b>	
	COORDENADAS U.T.M.		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
DATOS HISTÓRICOS	E: 471.378,654	N: 2.137.028,307	19° 19' 37.06534" N — 99° 16' 20.90228" W	

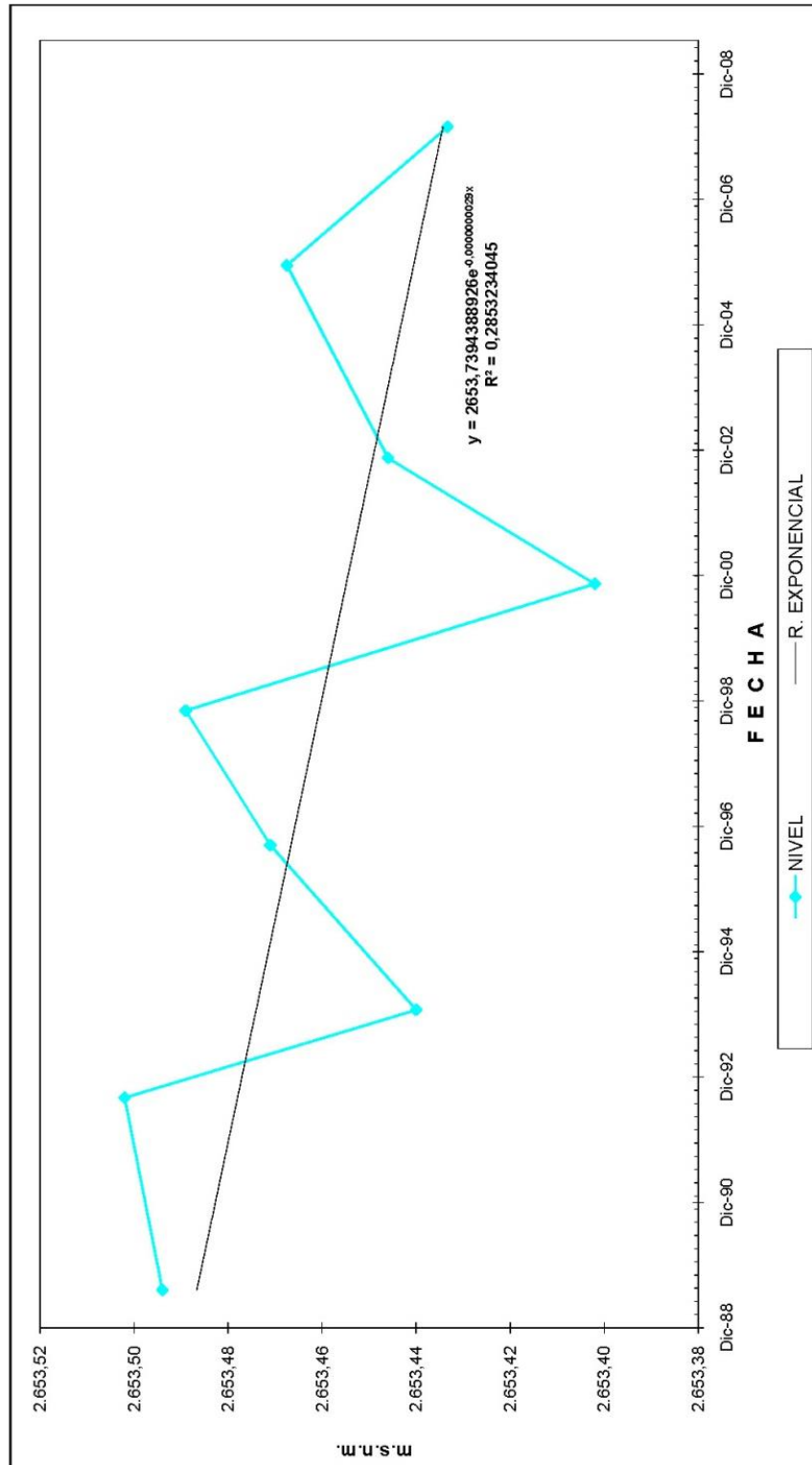
CIA. QUE NIVELA	BANCO DE PARTIDA		BANCO DE LLEGADA		OBSERVACIONES
	CLAVE	ELEVACIÓN	FECHA	ELEVACIÓN	
I.U.T.S.A.	B(S09W09)01	2.632,933	01/08/1989	2.653,494	
I.U.Y.E.T.	B(S09W10)01	2.774,864	25/08/1992	2.653,502	
I.U.T.S.A.	B(S09W10)03	2.741,104	18/01/1994	2.653,440	
S.I.C.	P(S09W09)01	2.653,436	04/09/1996	2.653,471	
S.I.C.	B(S09W10)03	2.741,154	28/10/1998	2.653,489	
I.T.C.S.A.	B(S09W10)03	2.741,067	05/11/2000	2.653,402	
C.E.I.S.A.	B(S09W10)03	2.741,115	08/11/2002	2.653,446	
C. IUYET	B(S09W10)03	2.741,128	05/12/2005	2.653,467	
<b>PCI</b>	<b>B(S09W10)03</b>	<b>2.741,046</b>	<b>19/02/2008</b>	<b>2.653,433</b>	

**Tabla 8 Datos Históricos del Banco de Nivel Oficial B(S09W09)02 (Copias proporcionadas por el SACMEX).**



Tabla  
Banco

<b>BANCO DE NIVEL</b>	<b>B(S09W09)02</b>	DELEGACIÓN	ÁLVARO OBREGÓN
	COORDENADAS U.T.M.	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
GRÁFICA DE EVOLUCIÓN	E: 471.378,654 N: 2.137,028,307	19° 19' 37.06534" N — 99° 16' 20.90228" W	



9 Gráfica de Evolución del Nivel Oficial B(S09W09)02 (Copias)



proporcionadas por el SACMEX).

#### 4.1.6 Definición de los diccionarios de datos.

Un Sistema de Información Geográfico (SIG O GIS en ingles) relaciona un conjunto de base de datos a una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra. A parte de la especificación no gráfica el SIG cuenta también con una base de datos gráfica con información geo-referenciada.

En un SIG se usan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico y alfanumérico, estas herramientas van dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, análisis y visualización de la información geo-referenciada.

La mayor utilidad de un sistema de información geográfico está íntimamente relacionada con la capacidad que posee éste de construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales, esto se logra aplicando una serie de procedimientos específicos que generan aún más información para el análisis.

La construcción de modelos de simulación como se llaman, se convierte en una valiosa herramienta para analizar fenómenos que tengan relación con tendencias y así poder lograr establecer los diferentes factores influyentes.

ELEMENTO	SHAPE	DESCRIPCIÓN
<b>Predio</b>	Polígono	En este shape se localizan las dimensiones y ubicación del predio.
<b>Manzanas</b>	Polígono	En este shape se podrá apreciar las dimensiones de las manzanas como así mismo el número de manzanas con las que se cuenta
<b>Lotes</b>	Polígono	Este shape mostrará el número de lotes con los que cuenta el proyecto y hasta el nombre del dueño los mismos.

<b>Red Agua</b>	Polilínea	Este shape contiene todas las características que tiene las Tubería de agua de 100 mm (4”) de la Red de Distribución de Agua Potable.
<b>Caja de Valvulas y Piezas especiales</b>	Puntual	En este shape podremos localizar las cajas de válvulas y las piezas especiales con los que contamos dentro de la red de agua potable, así como sus características de cada elemento y ubicación de las mismas.

Tabla 10 Definición del diccionario de datos (Elementos, Shapes y Descripción de cada capa)

A continuación se describirán los atributos de algunos de los shapes que se enlistaron arriba.

<b>NOMBRE CAPA:</b>	MANZANAS
<b>ATRIBUTOS:</b>	DESCRIPCIÓN.
<b>MANZANA</b>	NUMERO DE MANZANAS TOTALES DENTRO DEL PROYECTO
<b>SUPERFICIE</b>	SUPERFICIE TOTAL DE CADA MANZANA
<b>CALLES</b>	CALLES CON LAS QUE INTERSECTA CADA MANZANA
<b>PERÍMETRO</b>	PERIMETRO TOTAL DE CADA MANZANA

Tabla 11 Descripción de atributos de la capa “MANZANAS”

<b>NOMBRE CAPA:</b>	LOTES
<b>ATRIBUTOS:</b>	DESCRIPCIÓN.
<b>DUÑO</b>	NUMERO DE MANZANAS TOTALES DENTRO DEL PROYECTO
<b>ÁREA_LOT</b>	SUPERFICIE TOTAL DE CADA MANZANA
<b>TIPO</b>	CALLES CON LAS QUE INTERSECTA CADA MANZANA
<b>TERCERA_ED</b>	PERIMETRO TOTAL DE CADA MANZANA
<b>NO_HABITAN</b>	CON ESTO SABREMOS CUANTAS PERSONAS VIVEN EN CADA LOTE.
<b>MOROSO</b>	PODREMOS SABER SI LA PERSONA VA AL CORRIENTE CON SUS PAGOS
<b>NO_MOROSO</b>	PODREMOS SABER SI LA PERSONA ES MOROSA

<b>GASTO_HAB</b>	AQUÍ PODREMOS SABER CUAL ES EL GASTO POR HABITANTE.
<b>NO_HABITAN</b>	CON ESTO SABREMOS CUANTAS PERSONAS VIVEN EN CADA LOTE.
<b>CIRCUITO</b>	AQUÍ PODREMOS SABER A QUE CIRCUITO PERTENECE CADA MANZANA Y QUE LOTES CORRESPONDE A ESTO.
<b>TARIFAM3</b>	AQUÍ PODREMOS LA TARIFA QUE SE TIENE POR CADA M3 DE AGUA

Tabla 12 DESCRIPCIÓN DE ATRIBUTOS DE LA CAPA “LOTES”

<b>NOMBRE CAPA:</b>	<b>RED AGUA</b>
<b>ATRIBUTOS:</b>	<b>DESCRIPCIÓN.</b>
<b>LONGITUD</b>	AQUÍ PODREMOS CONOCER LA LONGITUD DE LA TUBERÍA DE LA RED DE AGUA
<b>DIÁMETRO</b>	CONOCEREMOS EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA
<b>TOMA</b>	AQUÍ PODREMOS SABER QUE TIPO DE TOMA TIENE NUESTRA RED DE AGUA
<b>CAPTACIÓN</b>	SABREMOS QUE TIPO DE CAPTACIÓN TIENE NUESTRA RED DE AGUA
<b>CONDUCCIÓN</b>	SABREMOS CUAL ES EL TIPO DE CONDUCCIÓN DE LA RED
<b>DISTRIBUCIÓN</b>	CONOCEREMOS COMO SE DISTRIBUYE EL AGUA POR MEDIO DE NUESTRA RED
<b>QMAX</b>	PODEMOS CONOCER EL GASTO MAXIMO QUE SE LE DA A CADA LOTE POR MEDIO DE LA RED
<b>MATERIAL</b>	PODEMOS CONOCER QUE MATERIAL TIENE NUESTRA RED DE AGUA

Tabla 13 DESCRIPCIÓN DE ATRIBUTOS DE LA CAPA “RED AGUA”

#### 4.3.1 Argis y ArcView Gis.

ArcGisTM es un sistema de información geográfica (SIG o GIS en inglés) integrado que consta de 3 partes claves:



- El software ArcGis Desktop como un conjunto integrado de aplicaciones SIG avanzadas.
- El ArcSDETM Gateway es una interfaz para administras las geodatabase (base de datos geográfica) en un sistema de administración de bases de datos (DBMS).
- El software ArcIMS es un SIG orientado a internet para distribuir datos y servicios.
- ArcGisTM es un sistema de partes que pueden ser organizadas en una sola computadora, o bien en una red de computadoras.
- ArcGisTM cuenta con una estructura modular compuesta de tres aplicaciones principales: ArcMap, ArcCatalog, y ArcTools. Además ofrece 3 componentes más: ArcView, ArcEditor y ArcInfo.

### ArcMap.

ArcMap, es el componente primario del software y es utilizado para cualquier trabajo que involucre cartografía digital en forma directa, su análisis y edición. Se utiliza para desplegar mapas y efectuar consultas sobre ellos, crear mapas de alta calidad, desarrollar aplicaciones personalizadas.

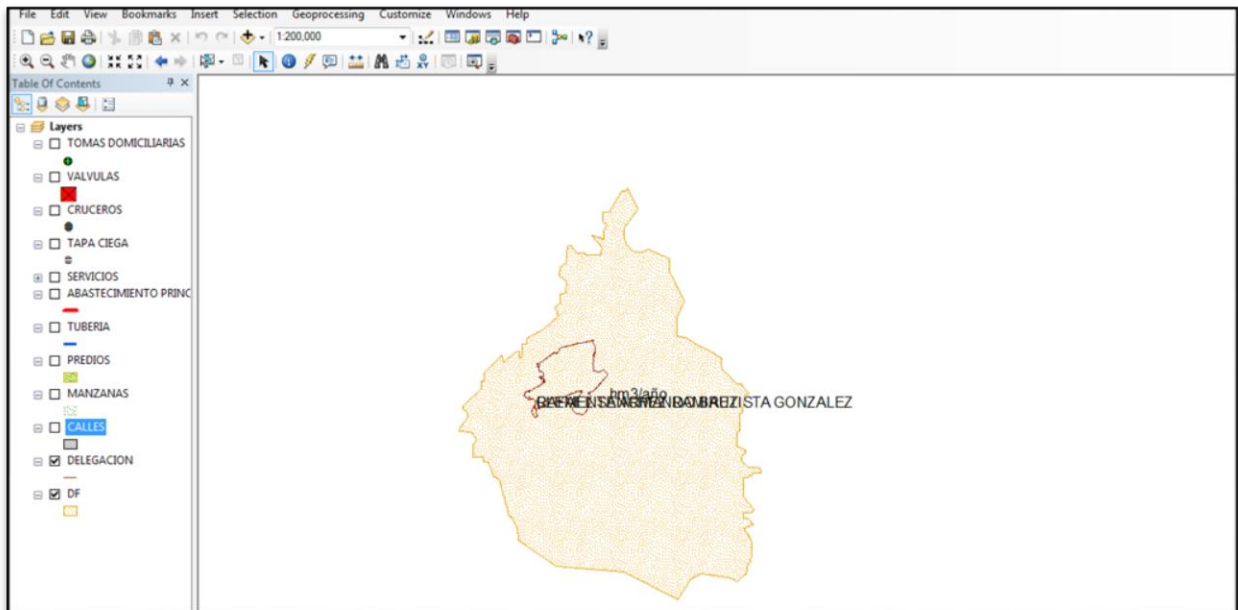


Figura 4.11 ArcMap para crear mapas de alta calidad.

### ArcCatalog.

ArcCatalog, se ocupa de permitir en forma simple el acceso y manejo de los archivos de datos geoespaciales. Permite poder crear nuevas coberturas, encontrar los

datos que se necesitan, rápidamente visualizarlos, crear y/o modificar sus metadatos (información que describen a los datos). También se puede definir la forma en que los datos se almacenan en las carpetas, discos duros, o bases de datos relacionales que pueden estar disponibles en la red (intranet o internet).

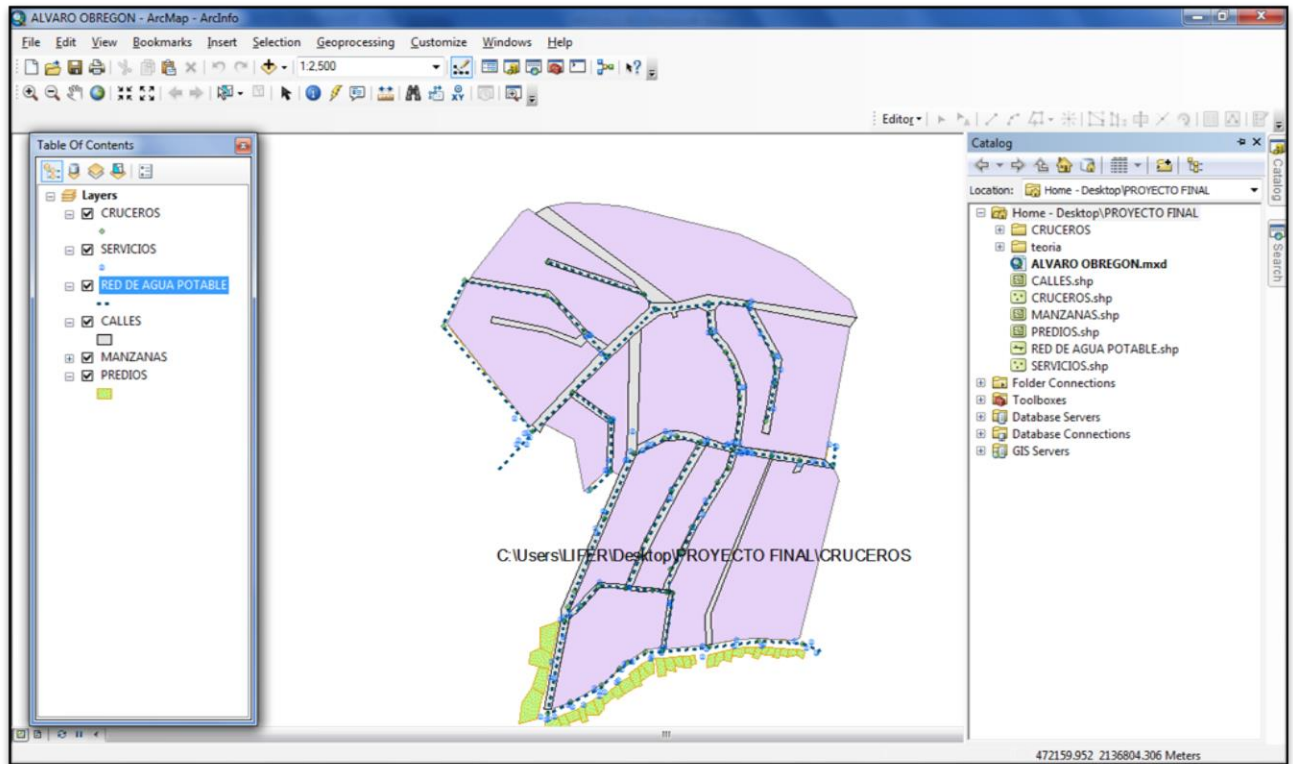


Figura 4.12 ArcCatalog para crear o modificar metadatos.

### ArcToolbox.

ArcToolbox provee un ambiente de trabajo para desarrollar operaciones de geoprocésamiento. Estas operaciones se encuentran disponibles en librerías ordenadas por temas y en general cuentan con menús de ayuda (Wizards) y herramientas paso a paso para que las operaciones tanto de geoprocésamiento como de conversión de datos sean simples de utilizar.

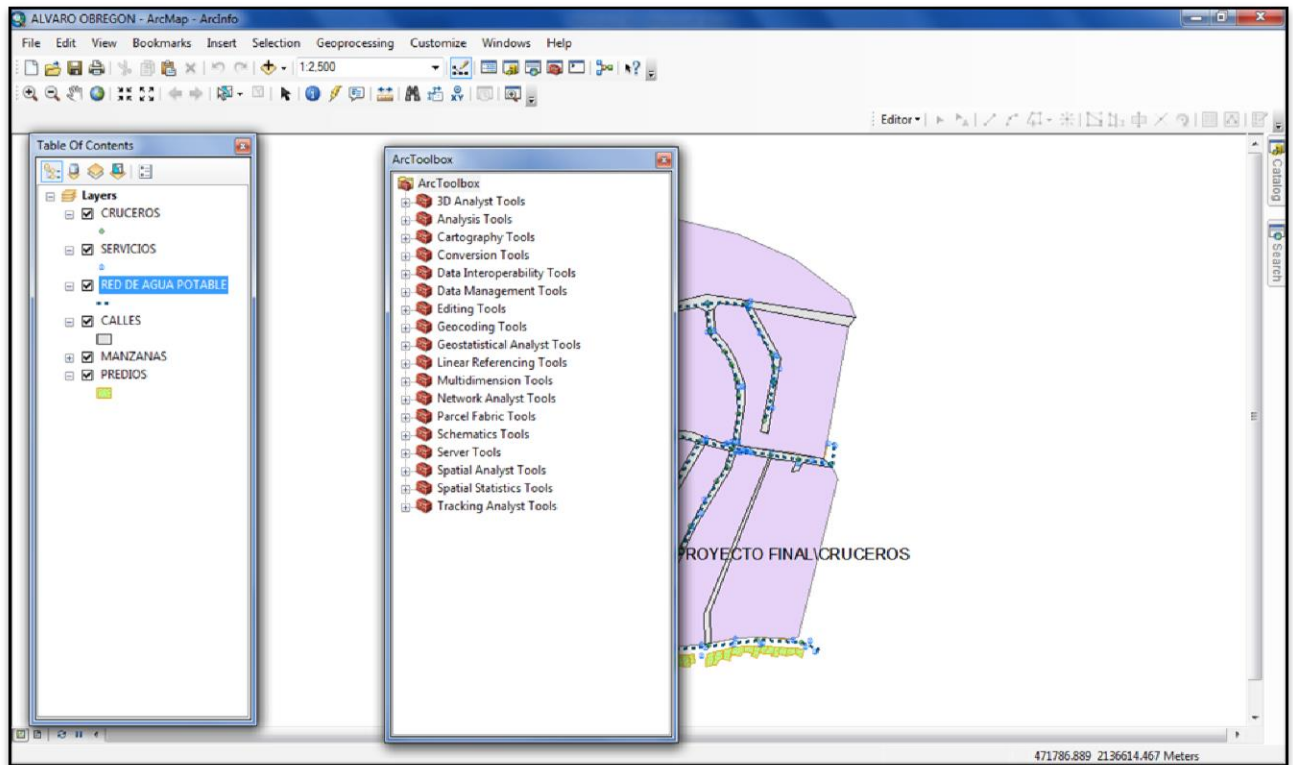


Figura 4.13 Ventana ArcToolbox.

Las herramientas de ArcToolbox pueden ser utilizadas a través de los distintos asistentes o mediante una línea de comandos donde se especifica el nombre del comando y sus correspondientes parámetros. ArcToolbox además permite crear nuevos modelos automatizados a partir de las herramientas existentes.

### Extensiones del ArcGis Desktop.

Existen extensiones opcionales que pueden ser utilizadas si se cuenta con las licencias necesarias algunas de las más importantes se muestran en la Tabla 13.

Extensión	Descripción
Spatial Analyst	Modelamiento avanzado de rasters Calculadora ArcGRID con algebra ArcGRID VBA para análisis raster
3D Analyst	ArScene™ para escenas tridimensionales interactivas Vistas de escenas en ArcCatalog Herramientas de modelamiento tridimensionales Herramientas ARC TIN
Geostatistical Analyst	Kriging(interpolación espacial) y modelamiento de superficies Herramientas exploratorias de análisis de datos espaciales Probabilidad, umbral, y mapeo de errores
ArcPress	Impresión avanzada de mapas
StreetMap USA	Base de datos de calles completas del país Geocodificación de todo el país
MrSID	Compresión y creación de mosaicos de imágenes Hasta 500 MB
ArcScan	Herramienta para vectorizar elementos de un raster escaneado
Data Interoperability	Permite la lectura directa de múltiples formatos, ampliando notablemente el número de formatos compatibles.
Maplex	Permite el manejo y colocación avanzado de etiquetas aumentando la calidad cartográfica de estas.
Network Analyst	Resuelve problemas de rutas con redes multimodales como la generación de la ruta más eficiente.
Schematics	Representación de forma esquemática de redes geométricas almacenadas en una geodatabase.
Survey Analyst -Survey Editor	Permite almacenar y gestionar medidas topográficas tomadas en campo, puntos observados y estaciones, así como cálculos dentro de una geodatabase.
Tracking Analyst	Engloba un conjunto de herramientas para cargar, visualizar y analizar información espacio-temporal, almacenada en ficheros históricos o en tiempo real. El análisis de datos espaciales asociados a una componente temporal, permitirá visualizar tanto situaciones pasadas, como predecir estados futuros de los datos espaciales.

(10) Fuente: /www.gep.uchile.cl/Publicaciones/Libro-\_Tutorial\_de\_ArcGis\_0.2.pdf

Tabla 14 Principales extensiones utilizadas en ArcGis.

### 4.3.2 Creación de Shapes.

Dado la utilización del programa ArcGis podemos de decir que manera en la cual se puede dibujar en ArcGis. Para crear shapes se da un click derecho en la carpeta **shape** y saldrá una pestaña; se posiciona el mouse en la pestaña **new** en donde se localiza el icono shapefile

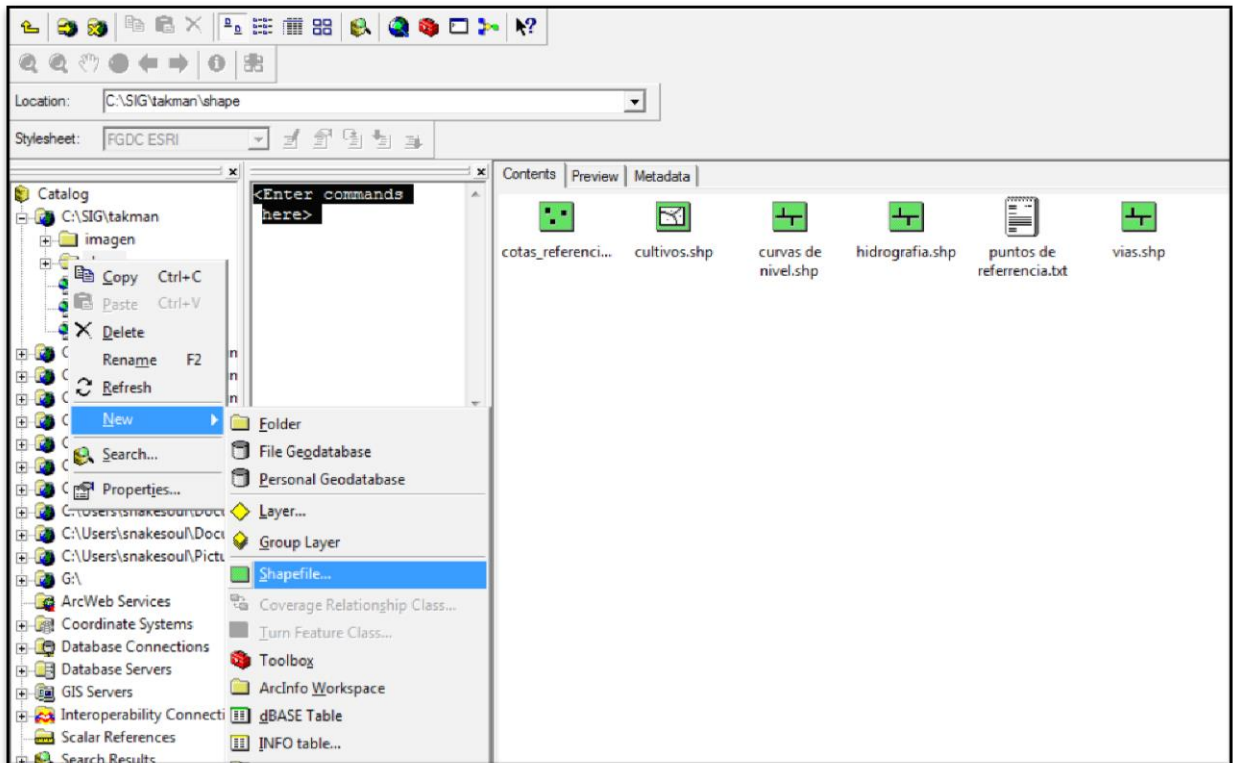


Figura 4.14 Creación de Shapes.

Se da click en **shapefile** aparecerá un cuadro de diálogo, donde se denotará el nombre del **shapefile** y el tipo ya sea punto o línea dependiendo de lo que se necesite para la carta topográfica o cartográfica (Imagen 17). Se le da ok y listo, se creó el primer shapefile.



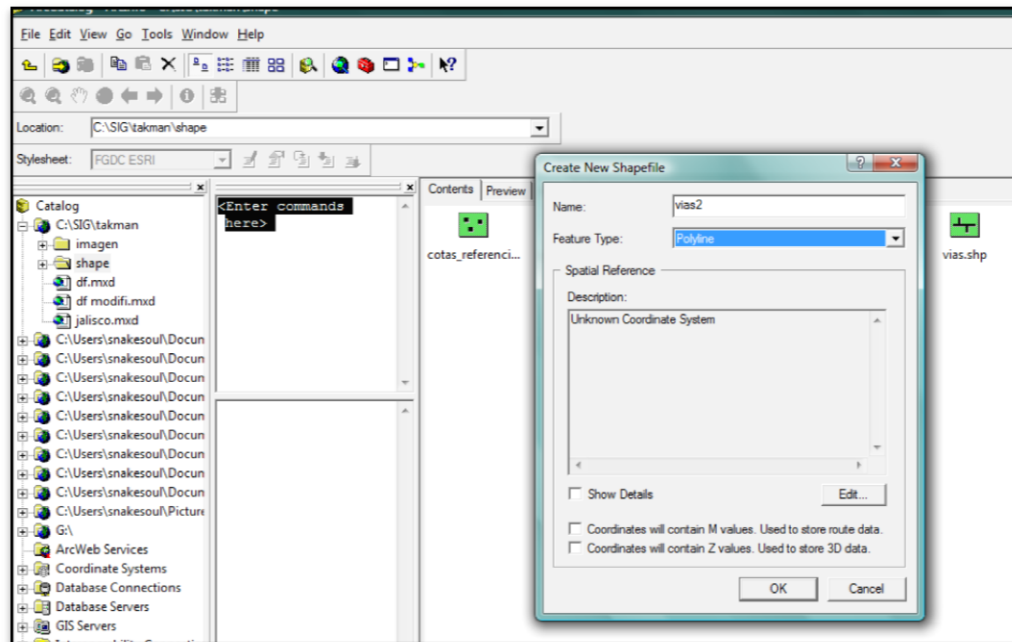


Figura 4.15 Creación de Shapes.

Para los demás layers solo se da clic derecho en donde se colocan los shapes y de la misma forma se va a **New** y **shapefile** así se crearán los shapes que se necesiten para el trabajo.

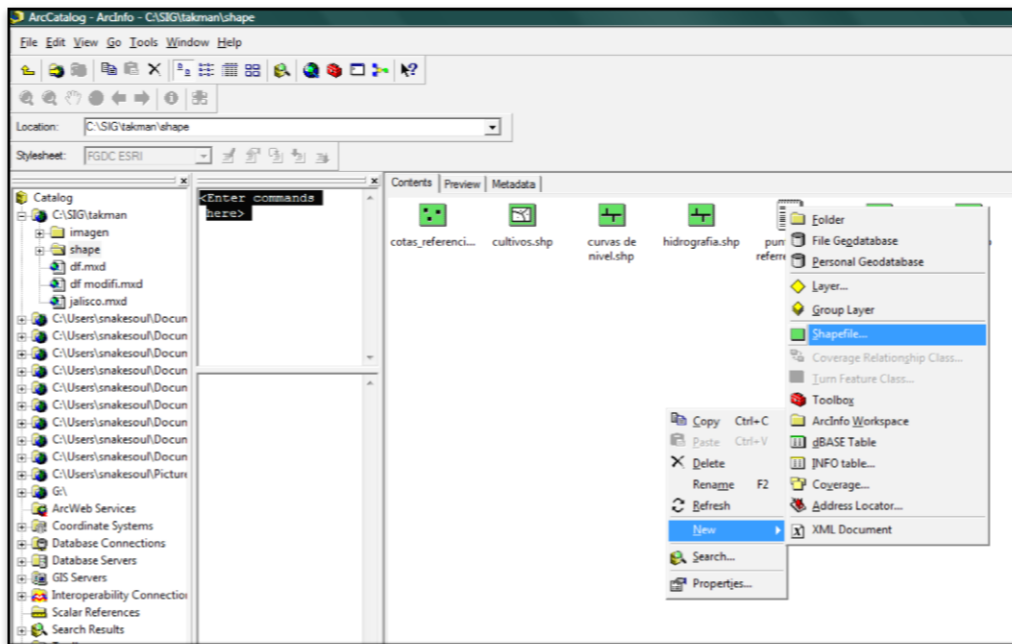


Figura 4.16 Creación de Shapiles.

## Proyección de coordenadas.

1.- Se da click en el icono **Arc toolbox**; se deslizará una ventana y se ubicará **Data Management tools** y se da un click en el signo.

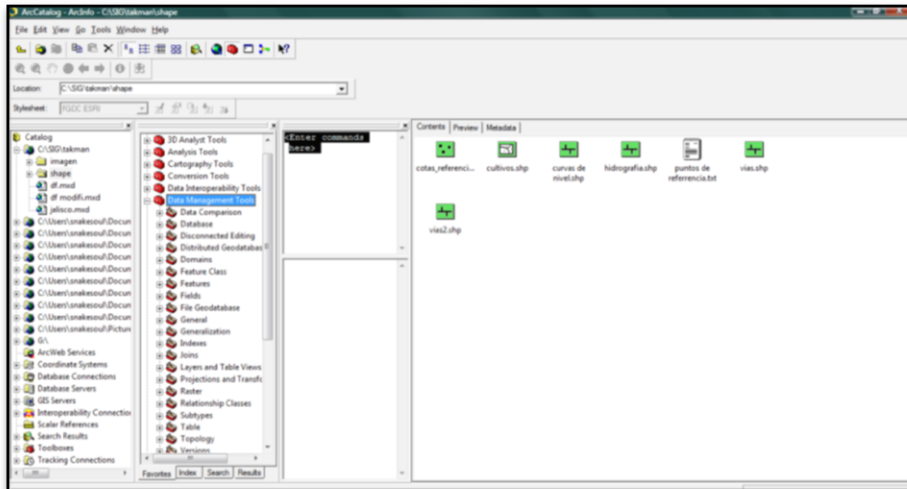


Figura 4.17 Proyección de Coordenadas.

2.- Se busca la opción **Projections and transformations** y de igual manera se da click en el signo.

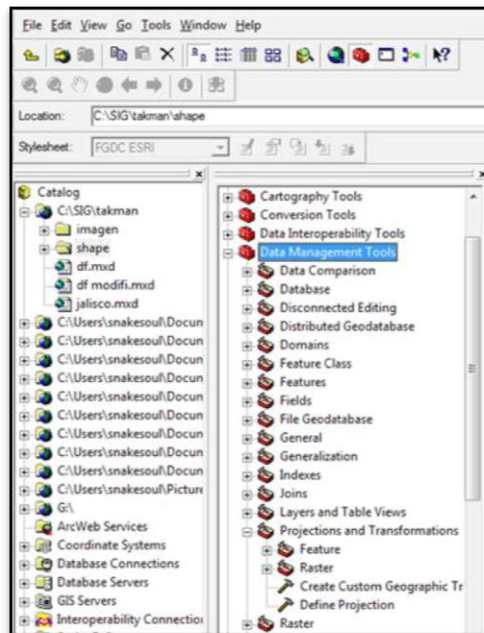


Figura 4.18 Vista de Proyecciones y Transformaciones.

3.- Se selecciona ahora la opción **Define Projection** y se da un doble click en la opción y saldrá una ventana como se muestra.

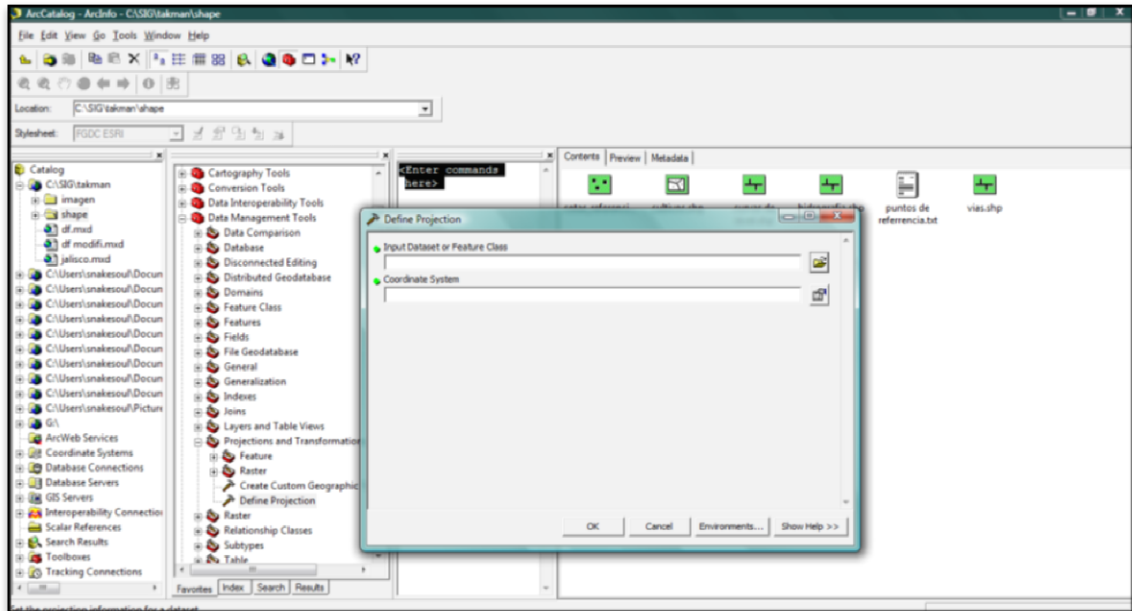


Figura 4.19 Vista Definir Proyección

4.- La opción anterior donde se tiene que localizar las coberturas (layers) recién creados se dará click en la carpeta que se encuentra en la nueva ventana

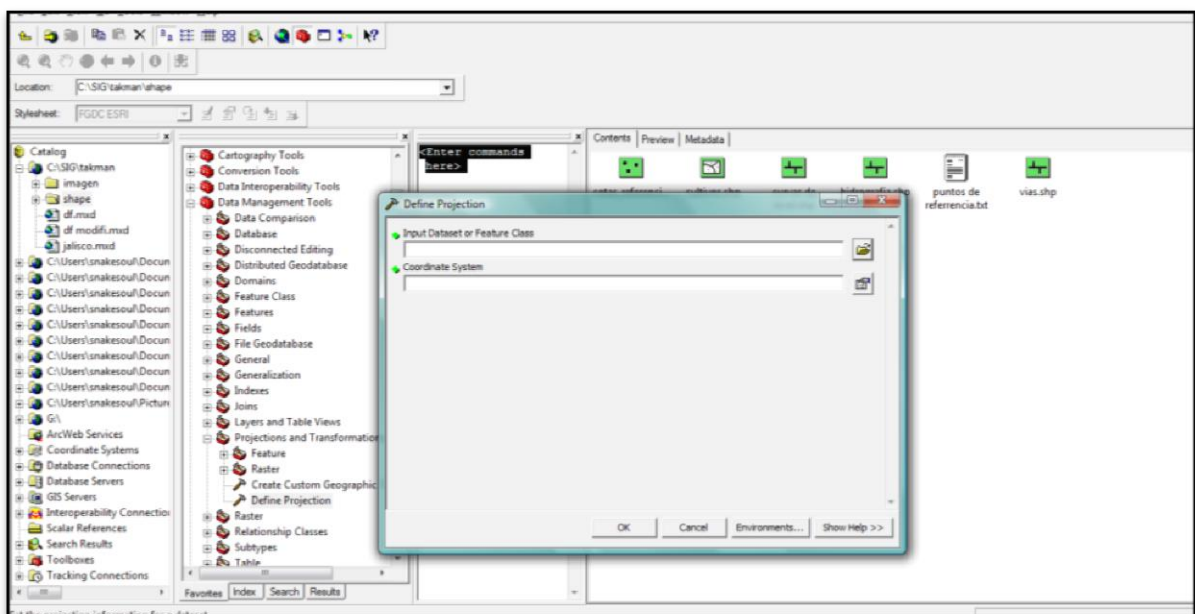


Figura 4.20 Localización de Proyección de Coordenadas.

En donde se localizarán las coberturas en la carpeta asignamos para los shapes creados.

### 5.-Se da click en **Coordinate System**

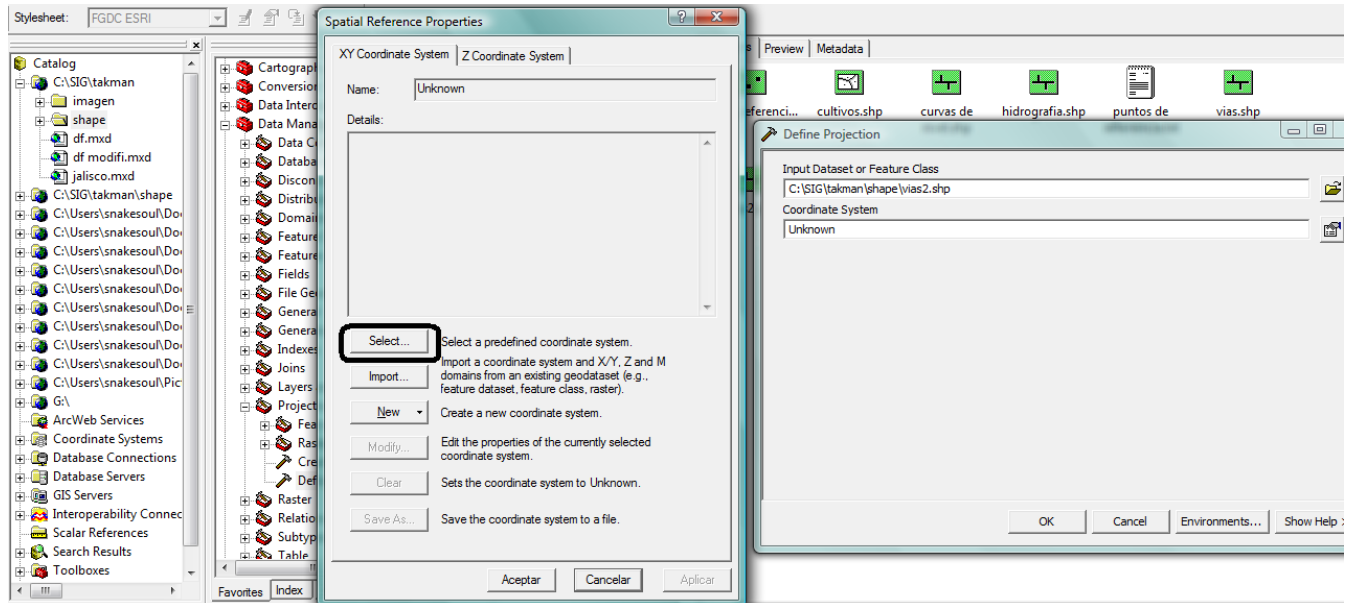


Figura 4.21 Vista de Selección de Coordenadas.

Aparecerá otra ventana en la que se seleccionara el sistema de coordenadas que dependerá el lugar en donde esté la cobertura

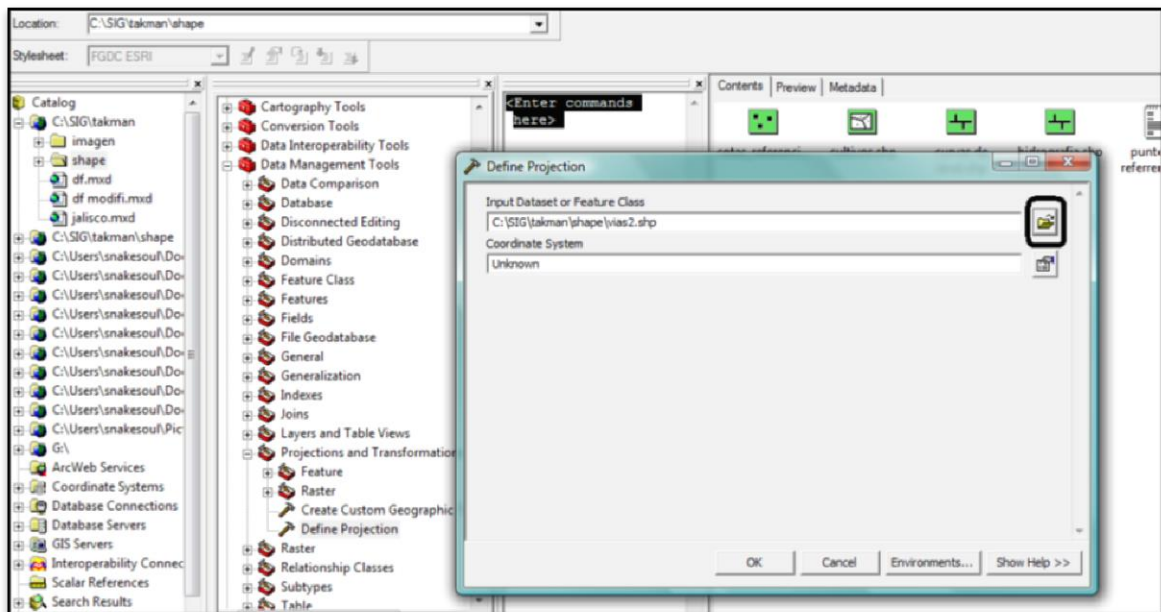


Figura 4.22 Vista de Selección de Coordenadas

6.- Al dar click se podrán ver 2 sistemas de coordenadas la cual se escogerá dependiendo del sistema que se maneje en el trabajo y/o proyecto

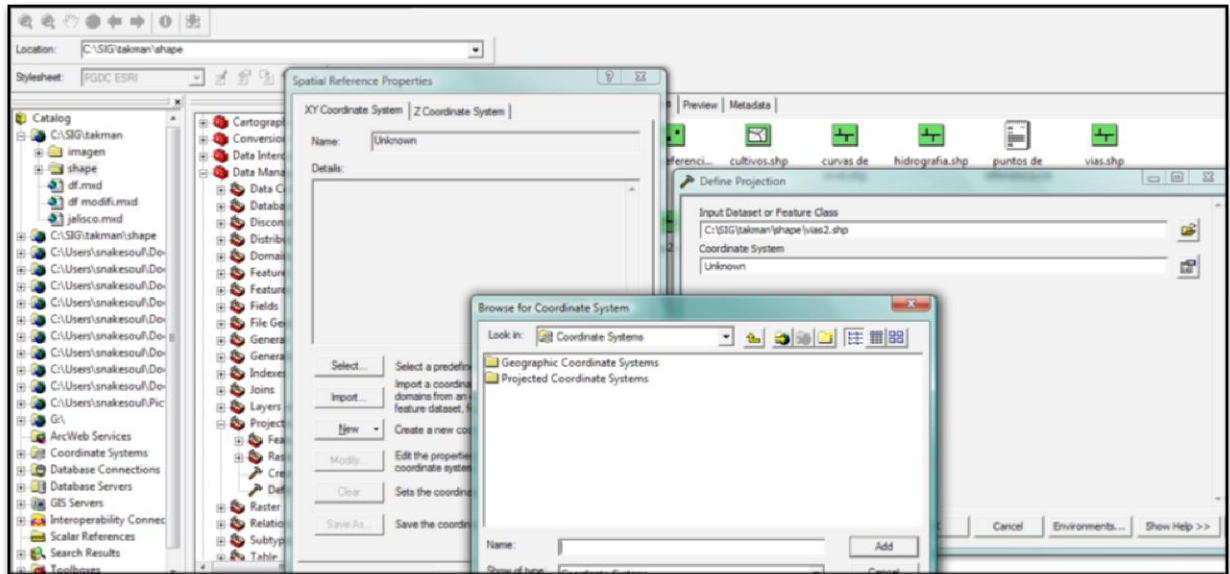


Figura 4.23 Vista de Selección de Coordenadas.

## LAYERS PROPERTIES

En esta opción se le dan atributos a los layers como color, fuente y tipo de letra, de igual manera se daba características al icono con el cual se va a dar referencia de este layer.

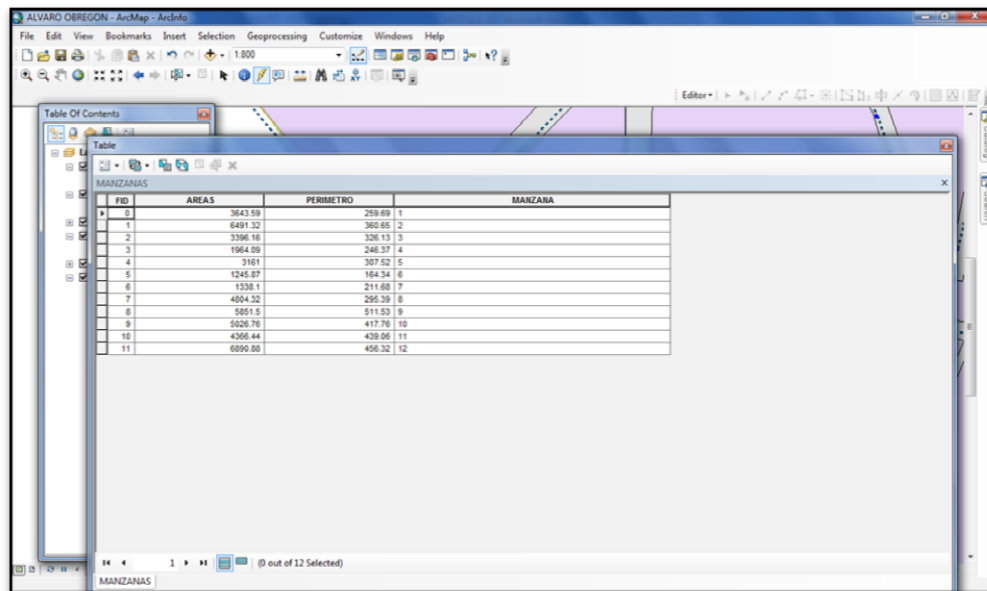


Figura 4.24 Ventana de layers.



## LAYOUT VIEW.

Por ultimo layout view en esta opción se da el formato para la impresión que va a tener nuestro proyecto, de tal forma que se da formato al tamaño de la hoja y la orientación ya se vertical u horizontal, por otro lado podemos agregar cuadro de datos, el norte para referencia nuestro proyecto

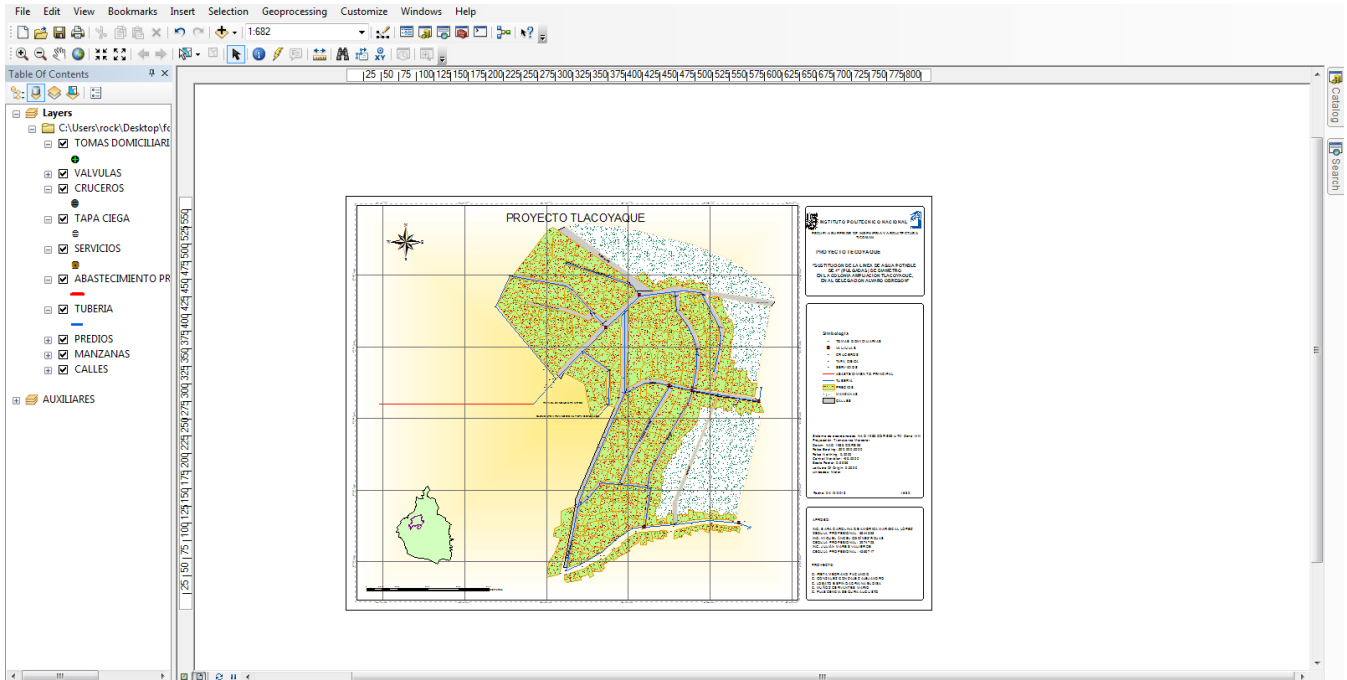


Figura 4.25 Ventana de layers.

### 4.4 Generación de consultas y diseño de reportes.

Las consultas arrojan datos tanto satelitales como numéricos representados en bases de datos, los primeros serán imágenes para visualizarlo directamente y los segundos serán informativos de las características de los elementos de los que estará compuesto el proyecto.

En este proyecto a estudio se puede tomar el enfoque al SIG, referente al MANTENIMIENTO de la red hidráulica.

Desde este caso práctico, el cual puede considerarse de gran utilidad debido a las características que se tienen, se realiza una serie de consultas, por ejemplo: determinar cuáles son los predios que más consumen agua al mes, cuales deben su cuota por el servicio del agua potable. Para cuando se requiera dar un mantenimiento a la red hidráulica, se puede revisar las válvulas donde podemos cortar el suministro, para poder

realizar los trabajos en la tubería, sin tener grandes afectaciones y así donde sea más indispensable no se cortará totalmente el suministro solo será parcialmente.

#### 4.4.1 Tipos de selección y casos prácticos.

##### Caso 1. Selección por atributos

Para ejecutar una consulta por atributos se hará lo siguiente:

En la selección por atributos permite seleccionar un elemento por medio de sus propiedades que se deseen conocer, dependiendo el alcance de la base de datos y las necesidades de los que se requiera obtener, por ejemplo.

- a) Que predios presentan un mayor consumo y presentan adeudo en su pago del servicio.
- b) Si un usuario reporta una fuga o algún desperfecto en la red, que válvula se debe cerrar para realizar la reparación.
- c) Cuantos usuarios cuentan con descuento de tercera edad pero cuentan con adeudo en su pago del servicio.
- d) Cuanto tipos de CRUCERO TIPO “E” existen en la red
- a) **Que predios presentan un mayor consumo y presentan adeudo en su pago del servicio.**

Para poder localizar un predio que presenta un mayor consumo se deberá ir a la barra de herramientas y ahí buscaremos “Selection” el cual nos desplegará un menú.

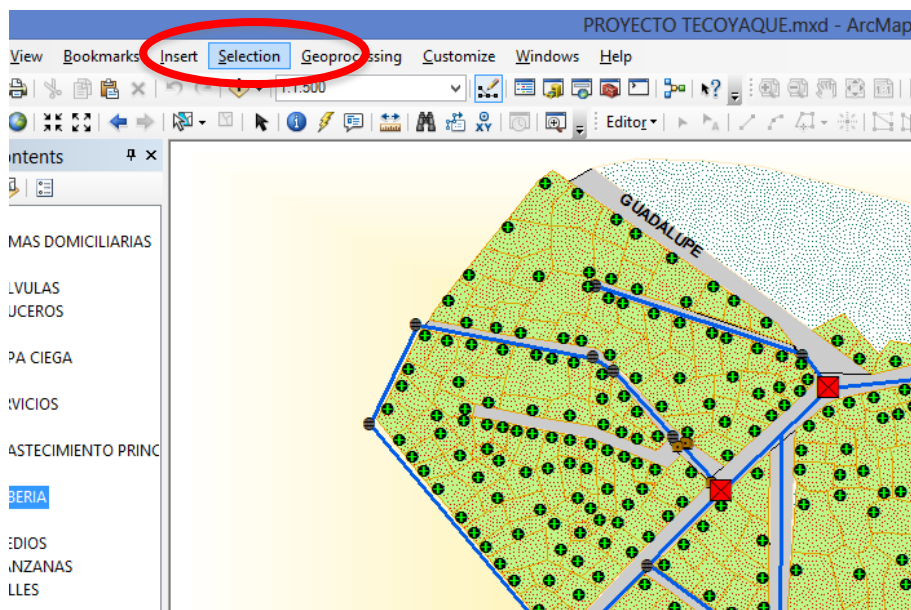


Figura 4.26 Búsqueda por atributos.

Aquí nos despliega un menú donde seleccionamos damos click en “Select By Attributes”

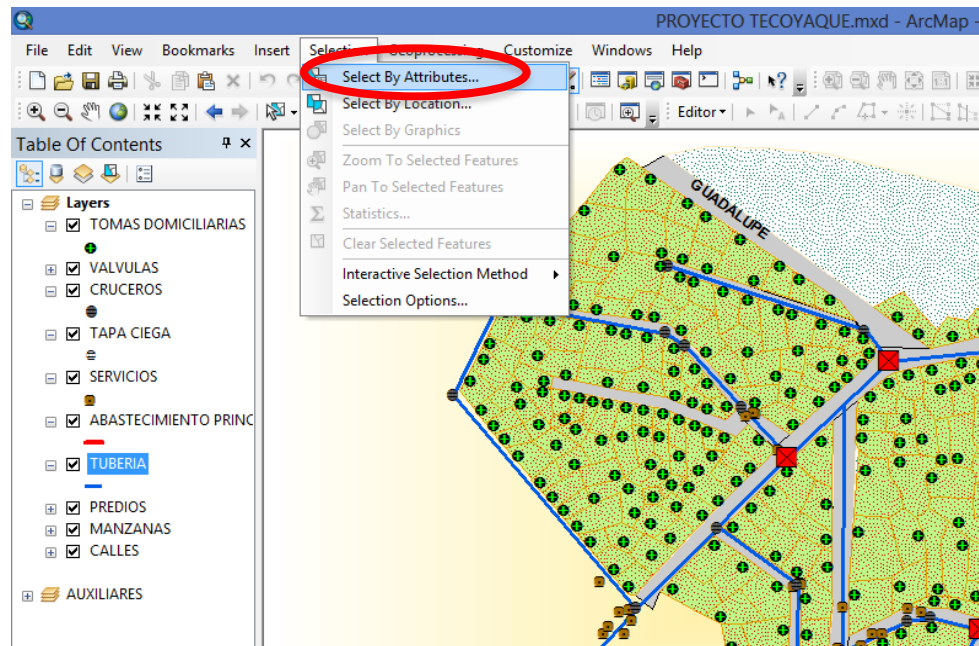


Figura 4.27 Selección por atributos.

En seguida nos despliega un cuadro de texto en el cual seleccionamos la capa “PREDIOS” para conocer que predios reportan el mayor consumo de agua potable en la colonia.

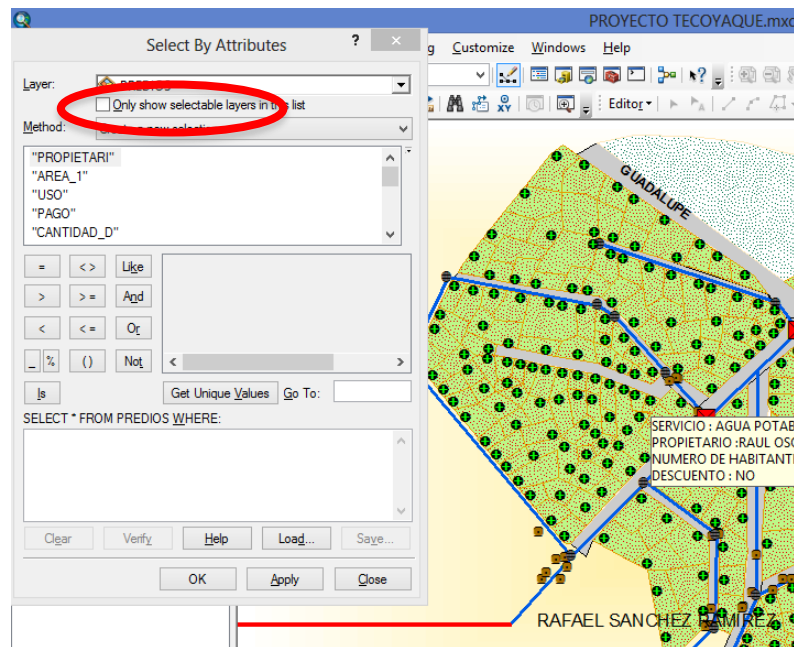


Figura 4.28 Selección de capa “Predios”.

Ya que seleccionamos la capa “PREDIOS” la capa se desplegarán las propiedades de la capa del menu “Method”, en la cual se seleccionará “GASTO\_X\_PR” dando doble click

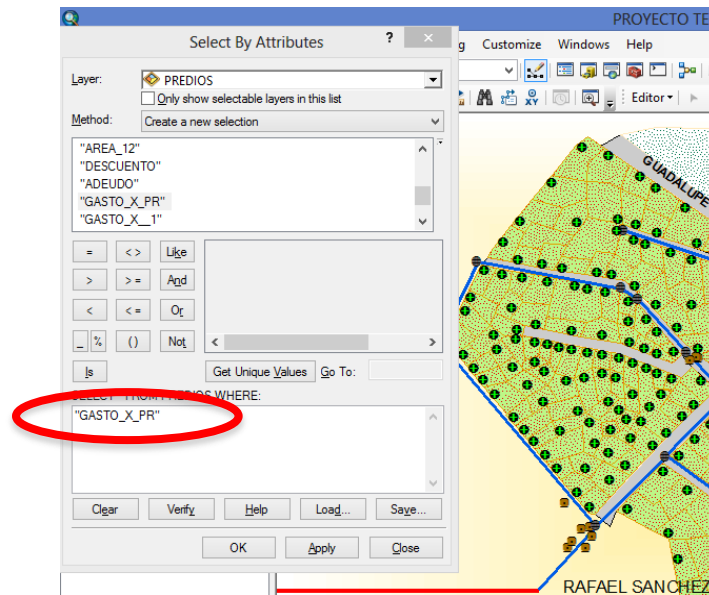


Figura 4.29 Propiedades de capa.

Una vez que aparece el campo en la ventana “SELECT \* FROM Lotes WHERE” se da click en lo signos lógicos que están, en este caso se selecciona el signo “>”, después se da click en “Get Unique Values”, en este botón aparece la base de datos asignada el valor que se desea buscar en cuanto al pago del servicio de agua en este caso tomaremos como media “450”, para saber que predios presentan un consumo mayor a 450 Lt.

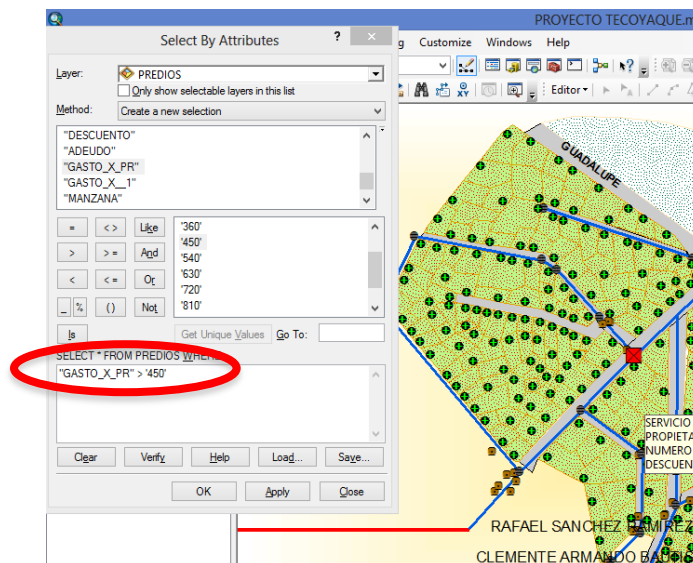


Figura 4.30 Selección de consumo por predio.

Ya teniendo el primer parámetro, se da click en otro signo lógico “AND” con el cual añadimos otra propiedad para hacer más específica la búsqueda, se selecciona la propiedad denominada “ADEUDO” damos doble click y agregamos el signológico “=”, después se da click en “Get Unique Values” y se selecciona el campo “SI” que son los que cuentan con dicho adeudo.

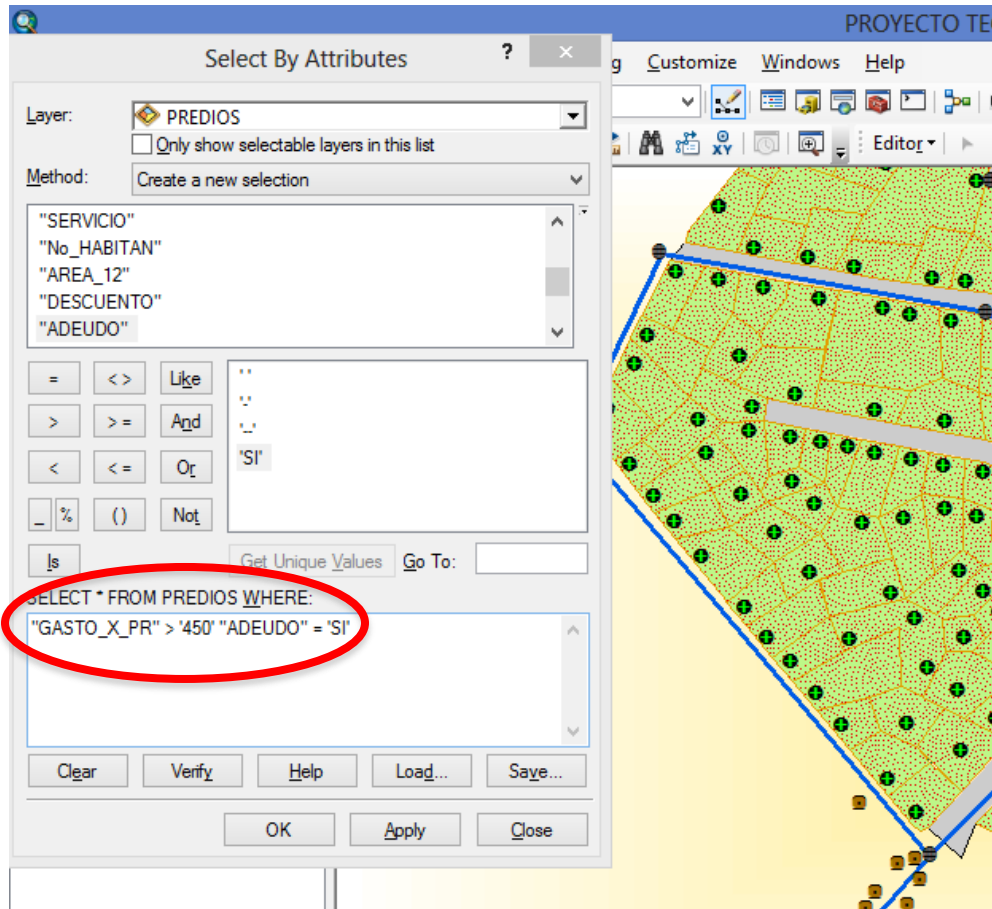


Figura 4.31 Selección de predios con adeudo.

Una vez que está listo se selecciona Apply para que aplique la selección que se definió, inmediatamente ok, al hacer esto se selecciona el lote en color azul y automáticamente se cierra la venta de selección.



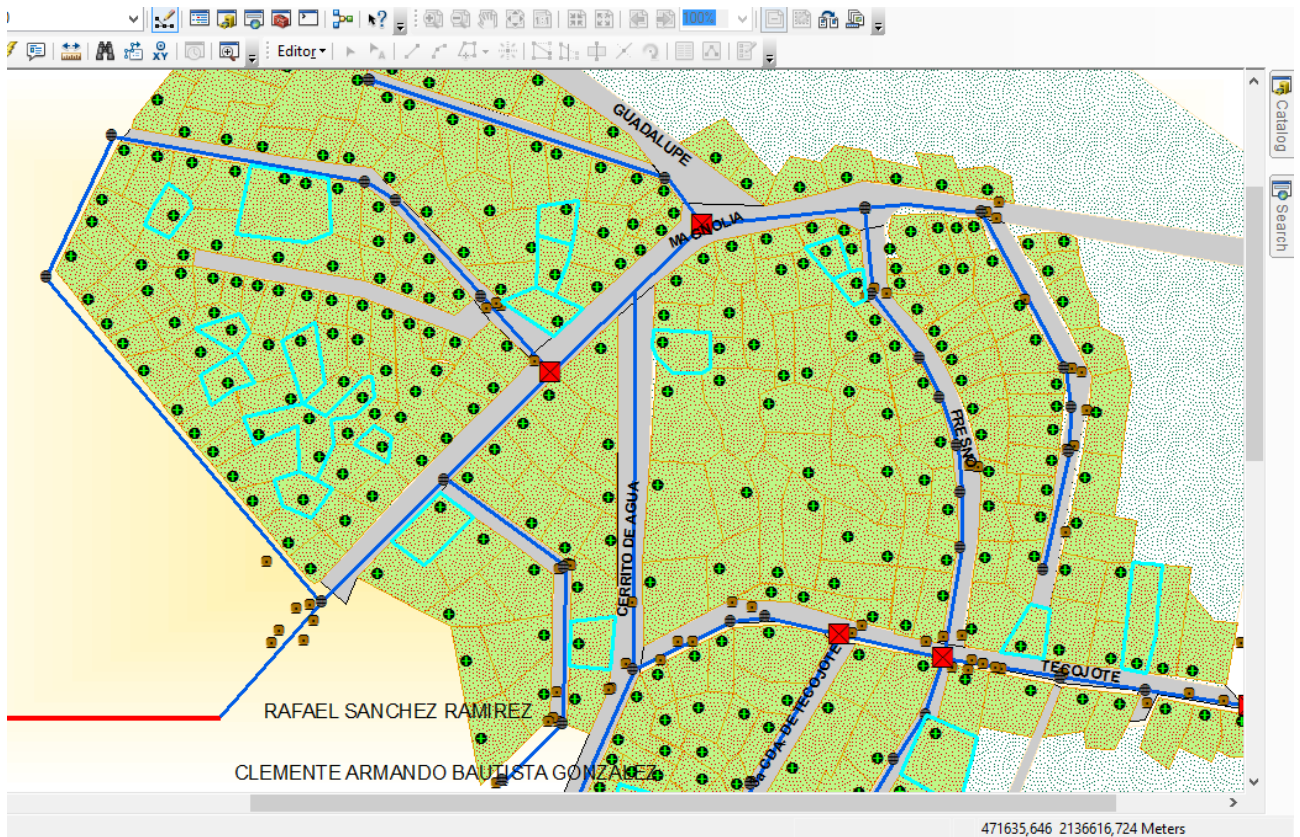


Figura 4.32 Predios con adeudo.

**b) Si un usuario reporta una fuga o algún desperfecto en la red, que válvula se debe cerrar para realizar la reparación.**

En este caso de igual manera para poder localizar un predio que ha reportado alguna fuga o desperfecto deberá ir a la barra de herramientas y ahí buscaremos “Selection” el cual nos desplegará un menú.

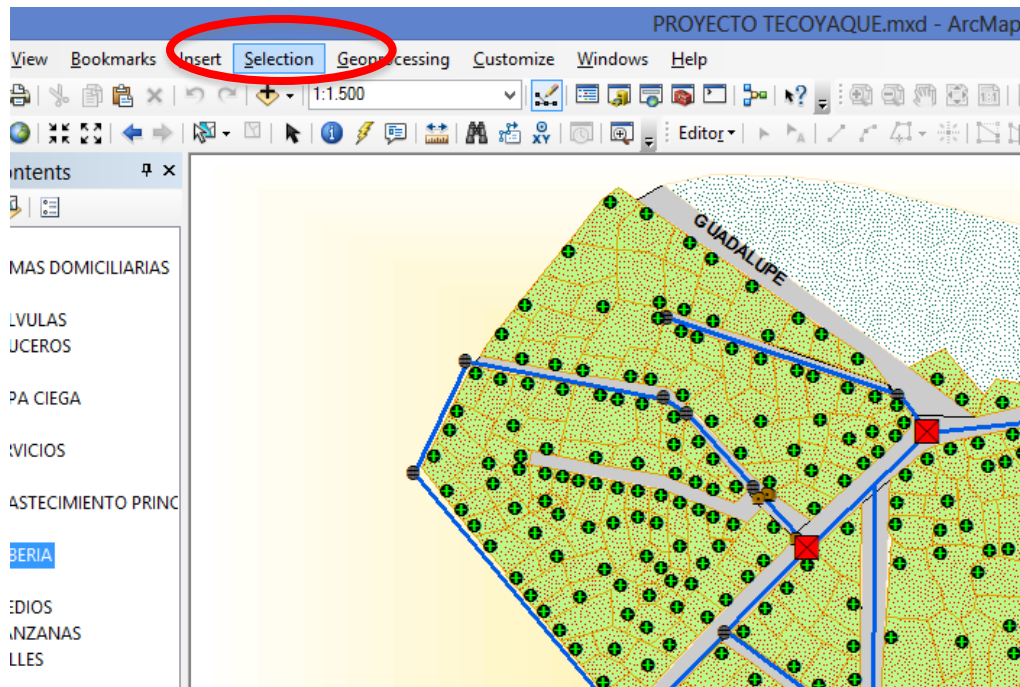


Figura 4.33 Búsqueda por atributos.

Aquí nos despliega un menú donde seleccionamos damos click en “Select By Attributes”

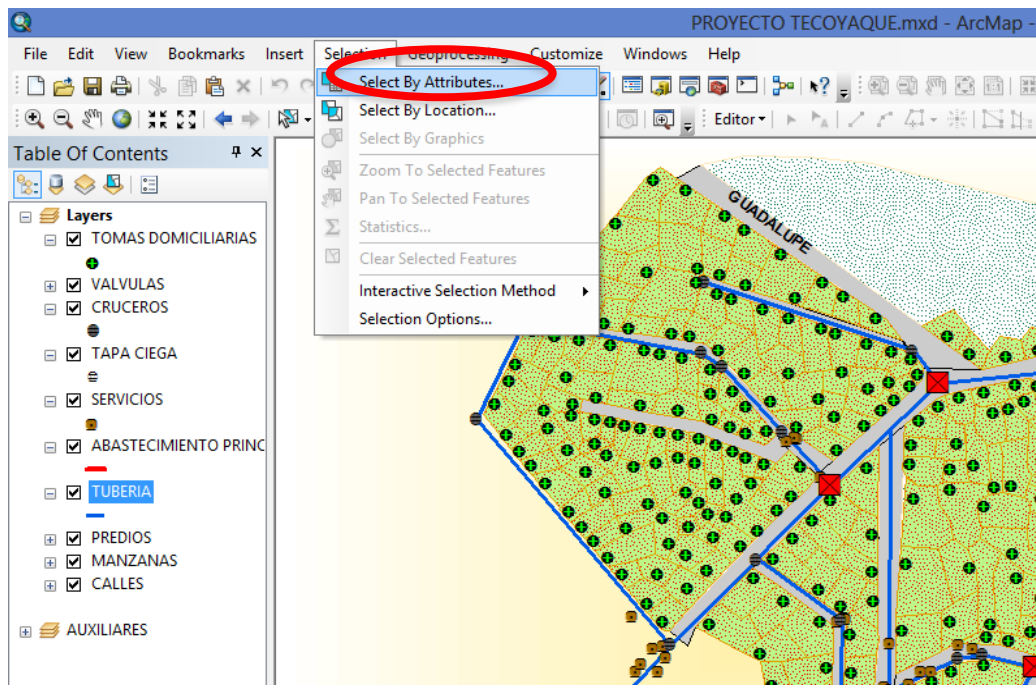


Figura 4.34 Selección por atributos.

En seguida nos despliega un cuadro de texto en el cual seleccionamos la capa “PREDIOS” para conocer que predios reportan el mayor consumo de agua potable en la colonia.

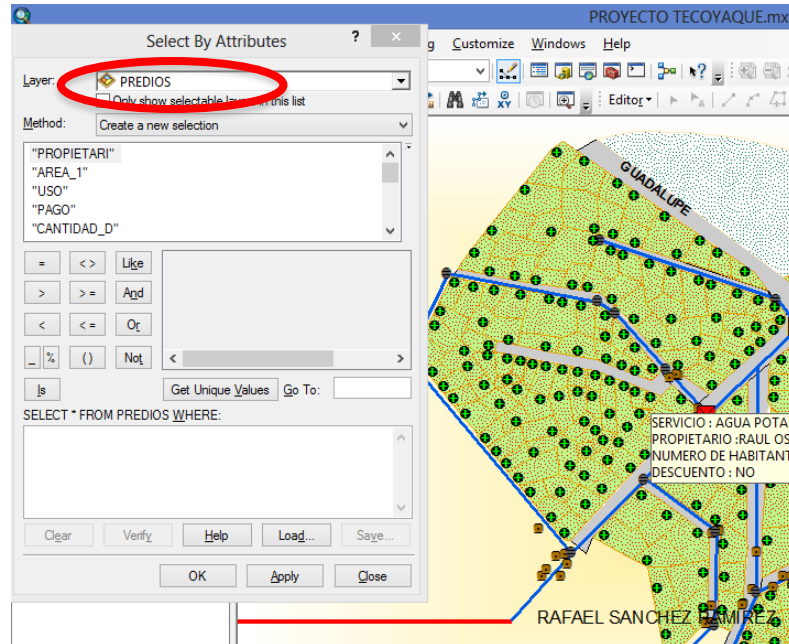


Figura 4.35 Selección de capa “Predios”.

Ya que seleccionamos la capa “PREDIOS” la capa se desplegarán las propiedades de la capa del menu “Method”, en la cual se seleccionará “PROPIETARI” dando doble click

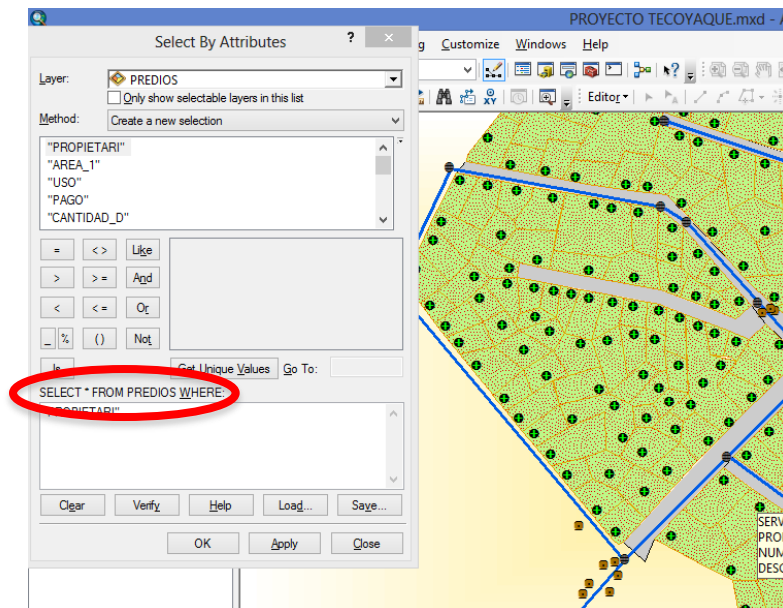


Figura 4.36 Propiedades de capa.



Una vez que aparece el campo en la ventana “SELECT \* FROM Lotes WHERE” se da click en lo signos lógicos que están, en este caso se selecciona el signo “=”, después se da click en “Get Unique Values”, en este botón aparece la base de datos de los propietarios de los predios tomaremos en cuenta “ADRIANA SOTO” suponiéndose que este propietario reporto el desperfecto.

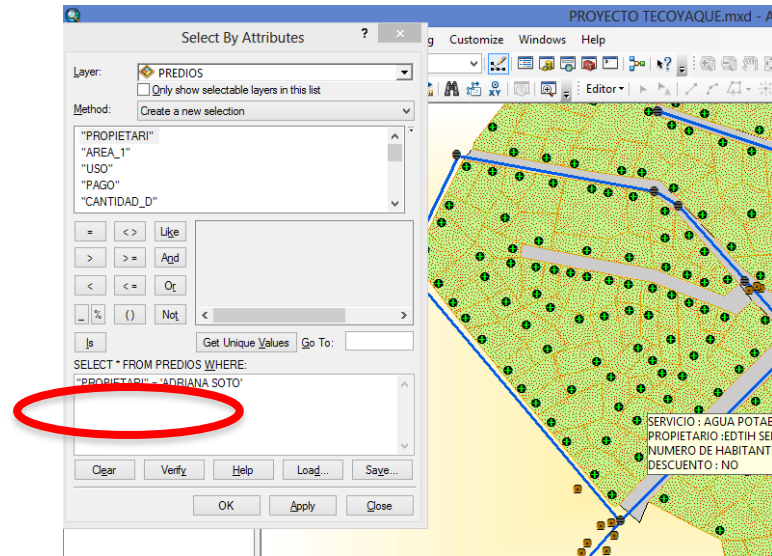


Figura 4.37 Selección de predio con reporte.

Ya teniendo el primer parámetro, se da click en otro signo lógico “AND” con el cual añadimos otra propiedad, se selecciona la propiedad denominada “CIRCUITO” damos doble click y agregamos el signológico “=”, después se da click en “Get Unique Values” y se selecciona el campo “CIRCUITO 3” que es el que abastece a este predio.

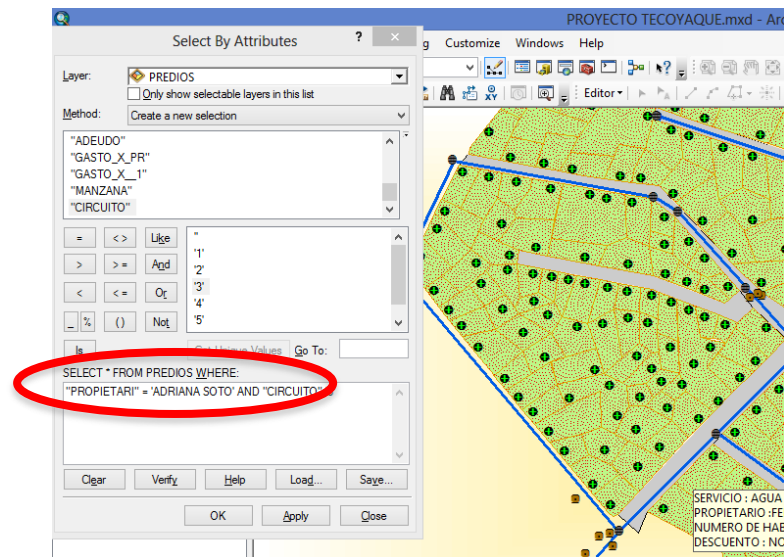


Figura 4.38 Selección de predios con adeudo.

Una vez que está listo se selecciona Apply para que aplique la selección que se definió, inmediatamente ok, al hacer esto se selecciona el lote en color azul y automáticamente se cierra la venta de selección.

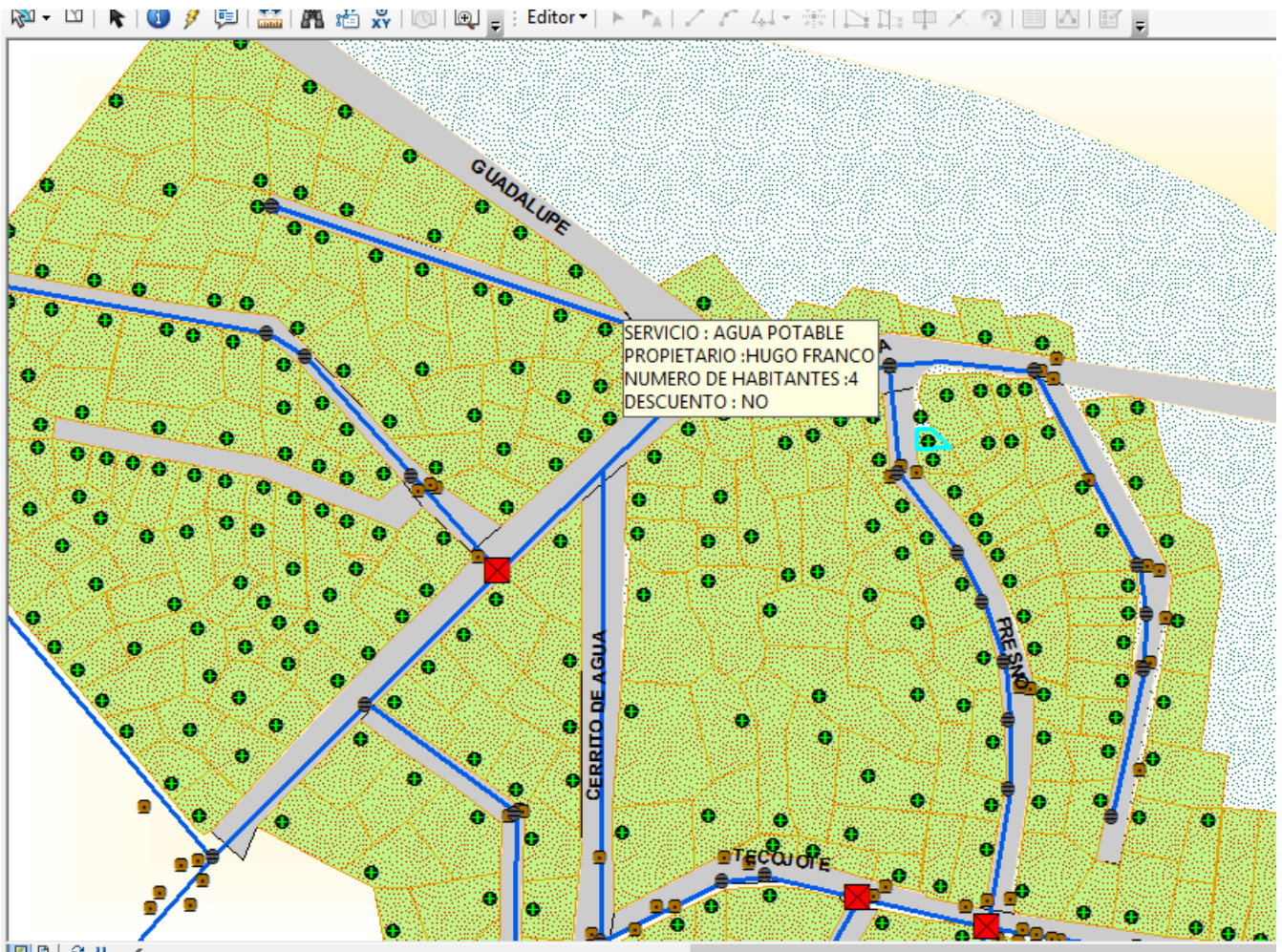


Figura 4.39 Predios con adeudo.

**c) Cuantos usuarios cuentan con descuento de tercera edad pero cuentan con adeudo en su pago del servicio.**

Para poder localizar un predio que presenta un mayor consumo se deberá ir a la barra de herramientas y ahí buscaremos “Selection” el cual nos desplegará un menú.



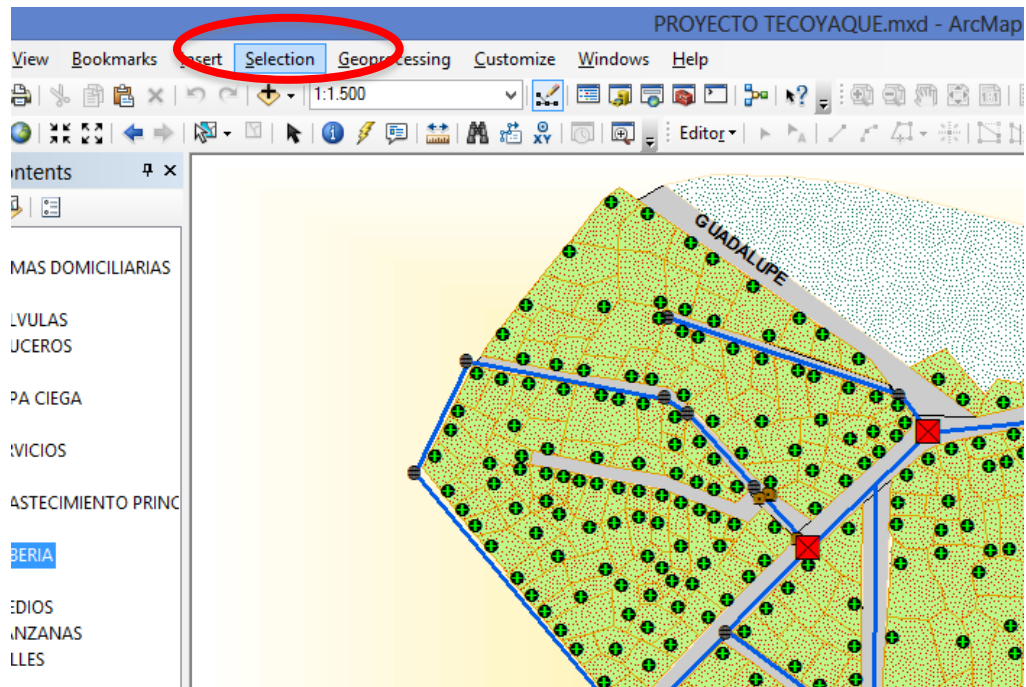


Figura 4.40 Búsqueda por atributos.

Aquí nos despliega un menú donde seleccionamos damos click en “Select By Attributes”

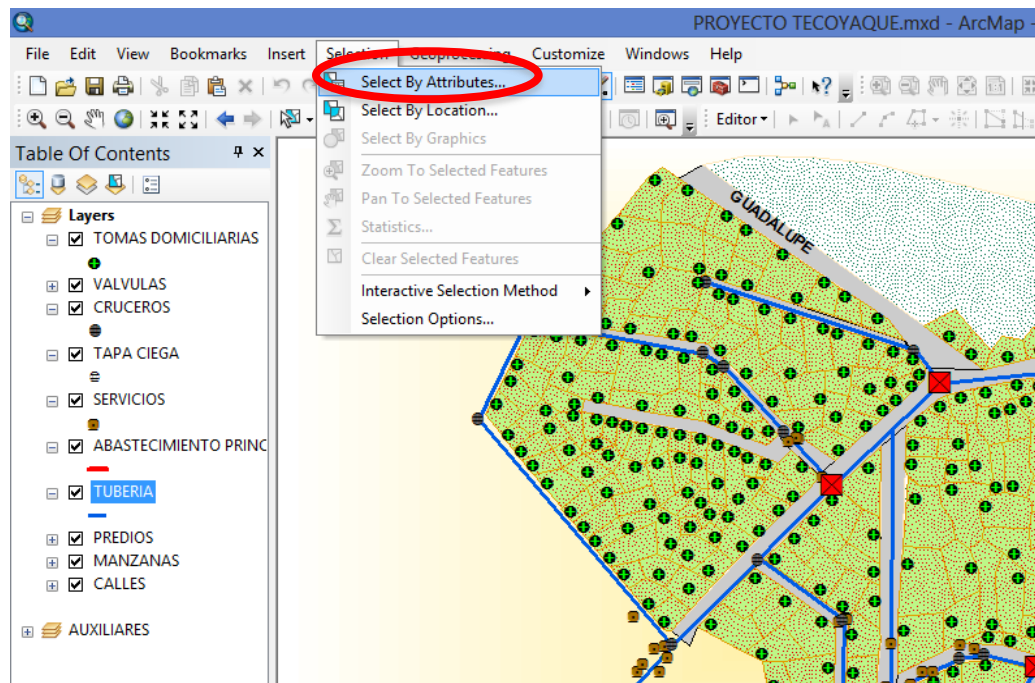


Figura 4.41 Selección por atributos.

En seguida nos despliega un cuadro de texto en el cual seleccionamos la capa “PREDIOS” para conocer que predios reportan el mayor consumo de agua potable en la colonia.

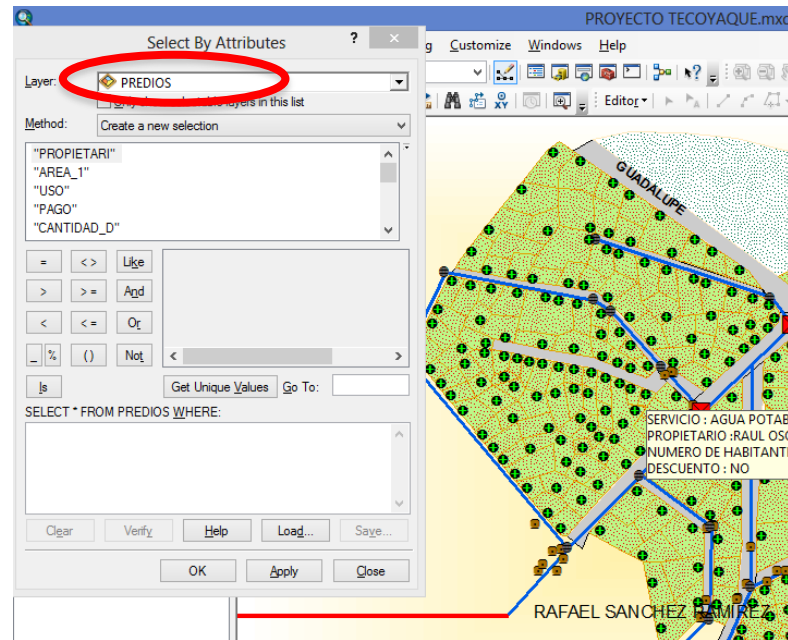


Figura 4.42 Selección de capa “Predios”.

Ya que seleccionamos la capa “PREDIOS” la capa se desplegarán las propiedades de la capa del menu “Method”, en la cual se seleccionará “DESCUENTO” dando doble click

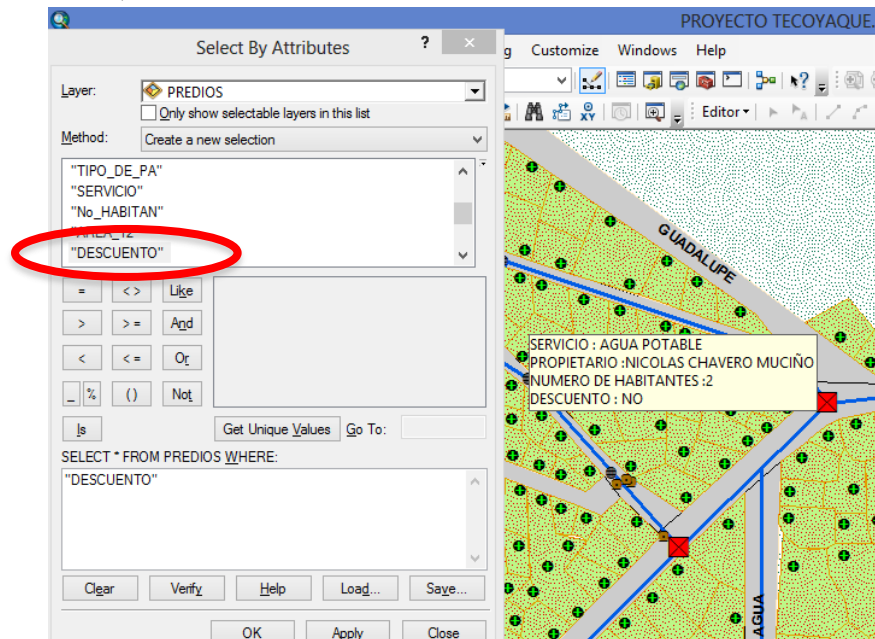


Figura 4.43 Propiedades de capa.

Una vez que aparece el campo en la ventana “SELECT \* FROM Lotes WHERE” se da click en lo signos lógicos que están, en este caso se selecciona el signo “=”, después se da click en “Get Unique Values”, en este botón aparece la base de datos asignada el valor que se desea buscar en este caso tomaremos “SI”, para saber que predios presentan un descuento en el pago del servicio.

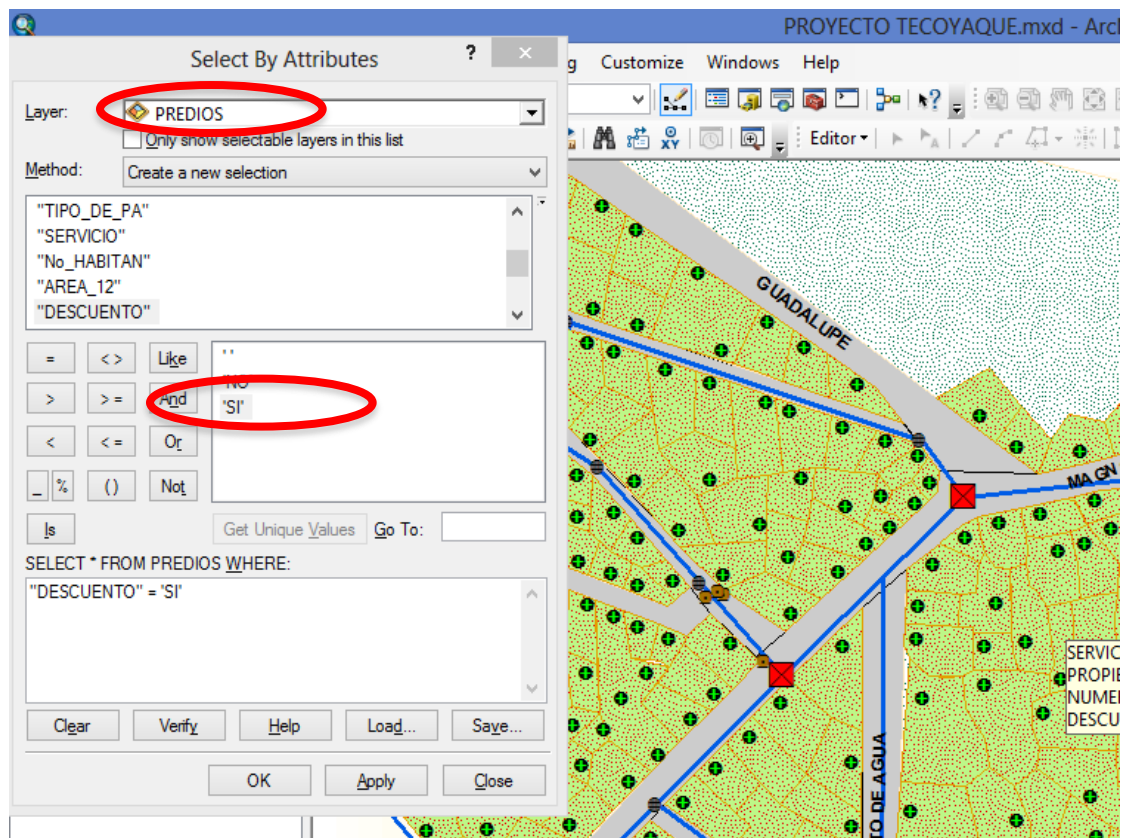


Figura 4.44 Selección de predios con descuento.

Ya teniendo el primer parámetro, se da click en otro signo lógico “AND” con el cual añadimos otra propiedad para hacer más específica la búsqueda, se selecciona la propiedad denominada “ADEUDO” damos doble click y agregamos el signológico “=”, después se da click en “Get Unique Values” y se selecciona el campo “SI” que son los que cuentan con dicho adeudo.



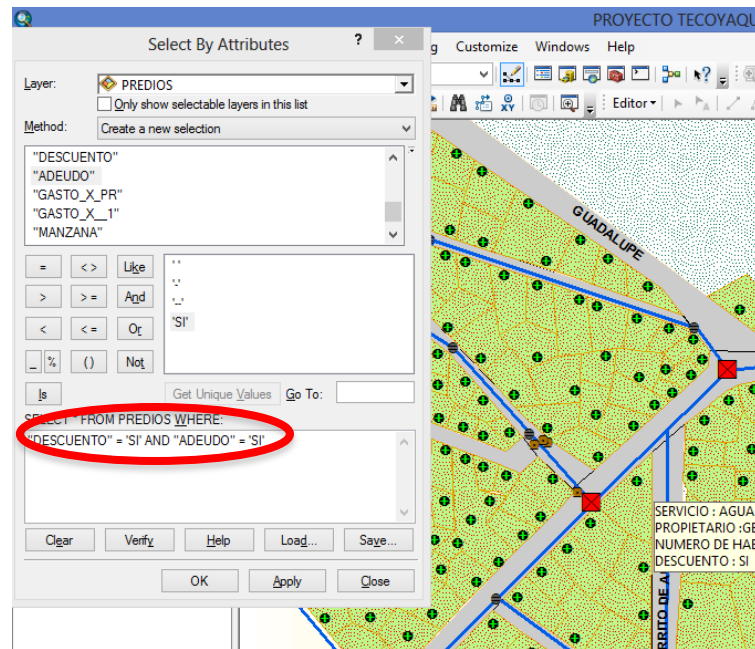


Figura 4.45 Selección de predios con adeudo.

Una vez que está listo se selecciona Apply para que aplique la selección que se definió, inmediatamente ok, al hacer esto se selecciona el lote en color azul y automáticamente se cierra la venta de selección.

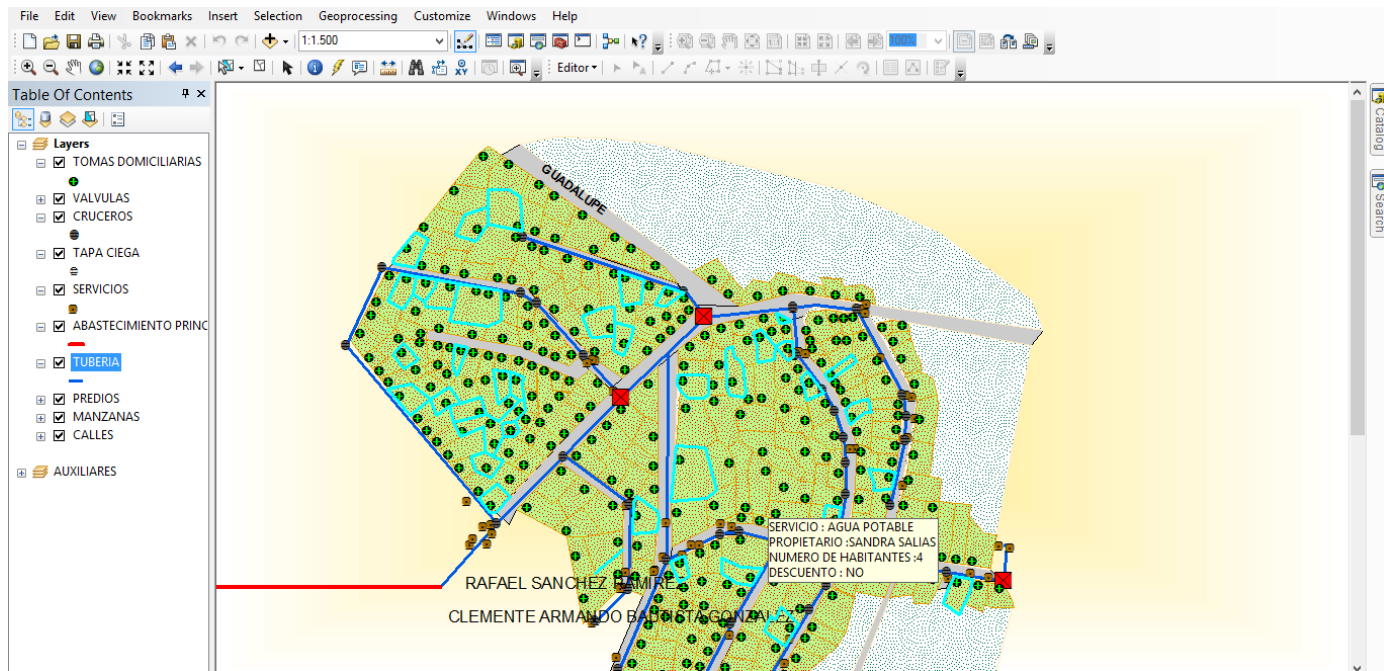


Figura 4.46 Predios con adeudo.

#### d) Cuanto tipos de CRUCERO TIPO “E” existen en la red

En este caso de igual manera para poder localizar un predio que ha reportado alguna fuga o desperfecto deberá ir a la barra de herramientas y ahí buscaremos “Selection” el cual nos desplegará un menú.

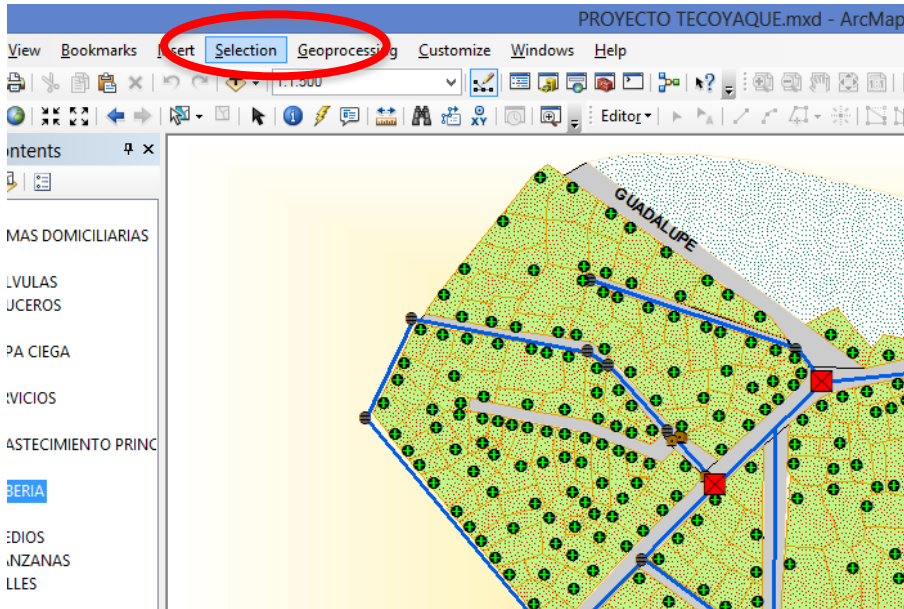


Figura 4.47 Búsqueda por atributos.

Aquí nos despliega un menú donde seleccionamos damos click en “Select By Attributes”

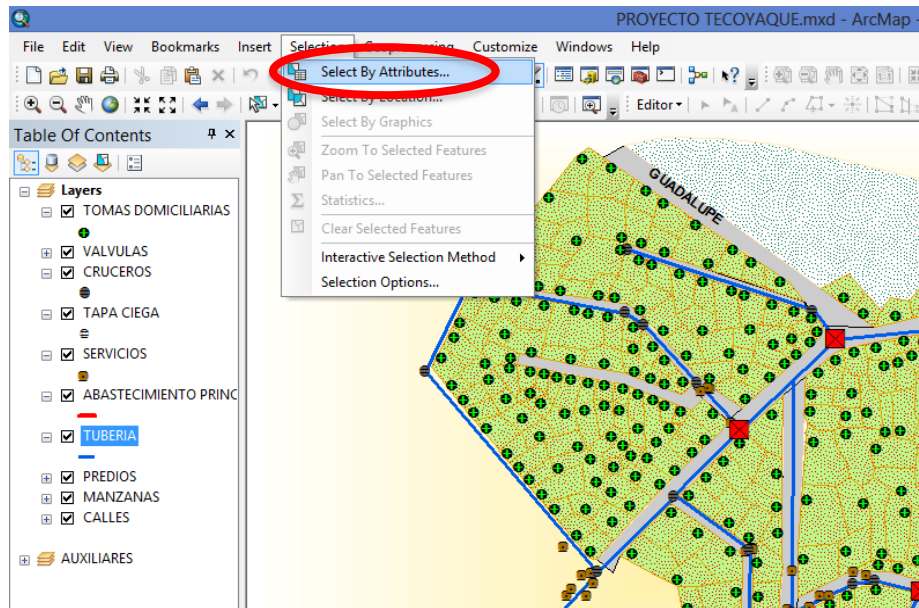


Figura 4.48 Selección por atributos.



En seguida nos despliega un cuadro de texto en el cual seleccionamos la capa “CRUCEROS” para conocer que predios reportan el mayor consumo de agua potable en la colonia.

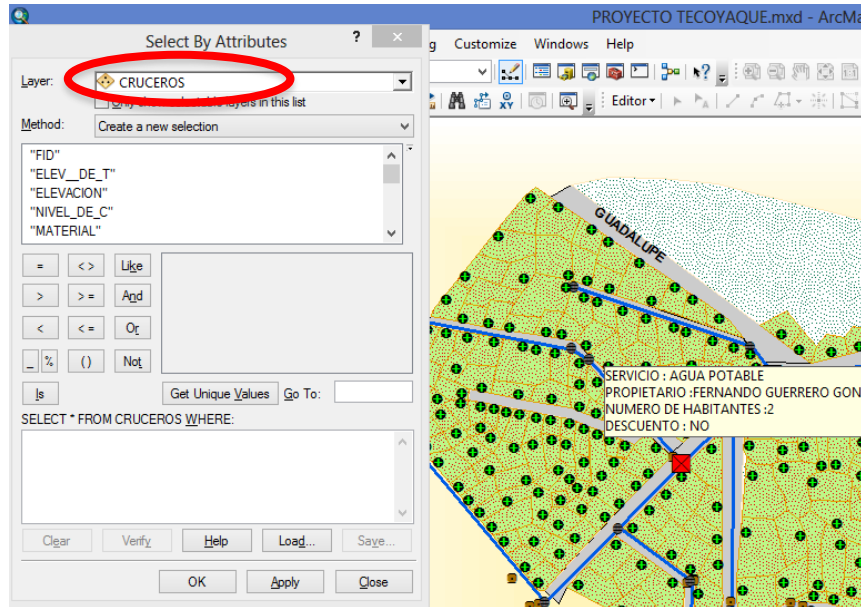


Figura 4.49 Selección de capa “Cruceros”.

Ya que seleccionamos la capa “CRUCEROS” la capa se desplegarán las propiedades de la capa del menu “Method”, en la cual se seleccionará “TIPO\_DE\_CR” dando doble click

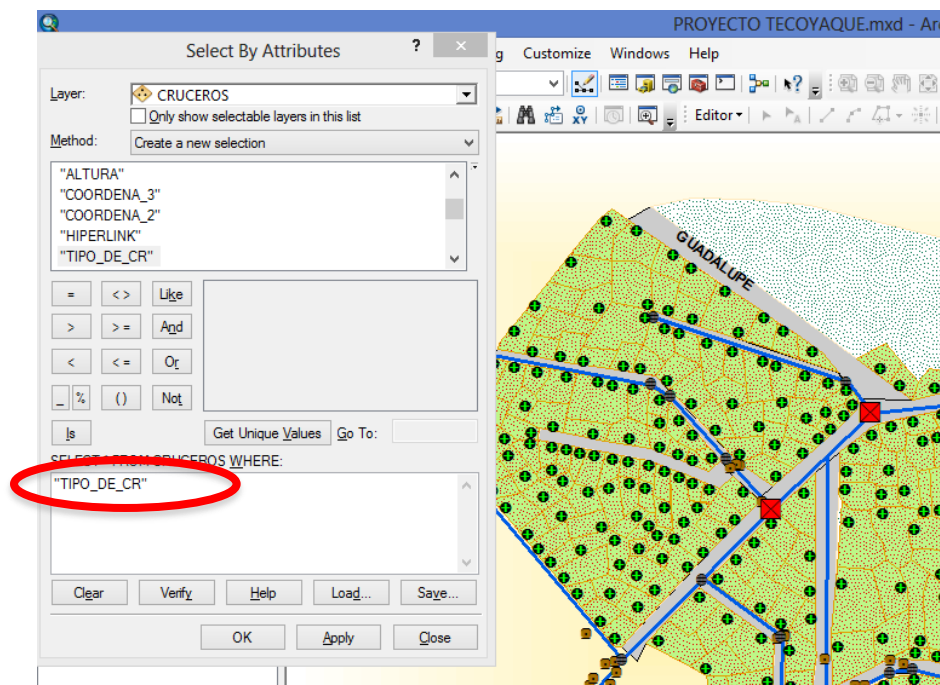


Figura 4.50 Propiedades de capa.

Una vez que aparece el campo en la ventana “SELECT \* FROM Lotes WHERE” se dará click en lo signos lógicos que están, en este caso se selecciona el signo “=”, después se da click en “Get Unique Values”, en este botón aparece la base de datos asignada el valor que se desea buscar en este caso tomaremos “TIPO E”, para saber cuántos cruceros de este tipo existen en la red.

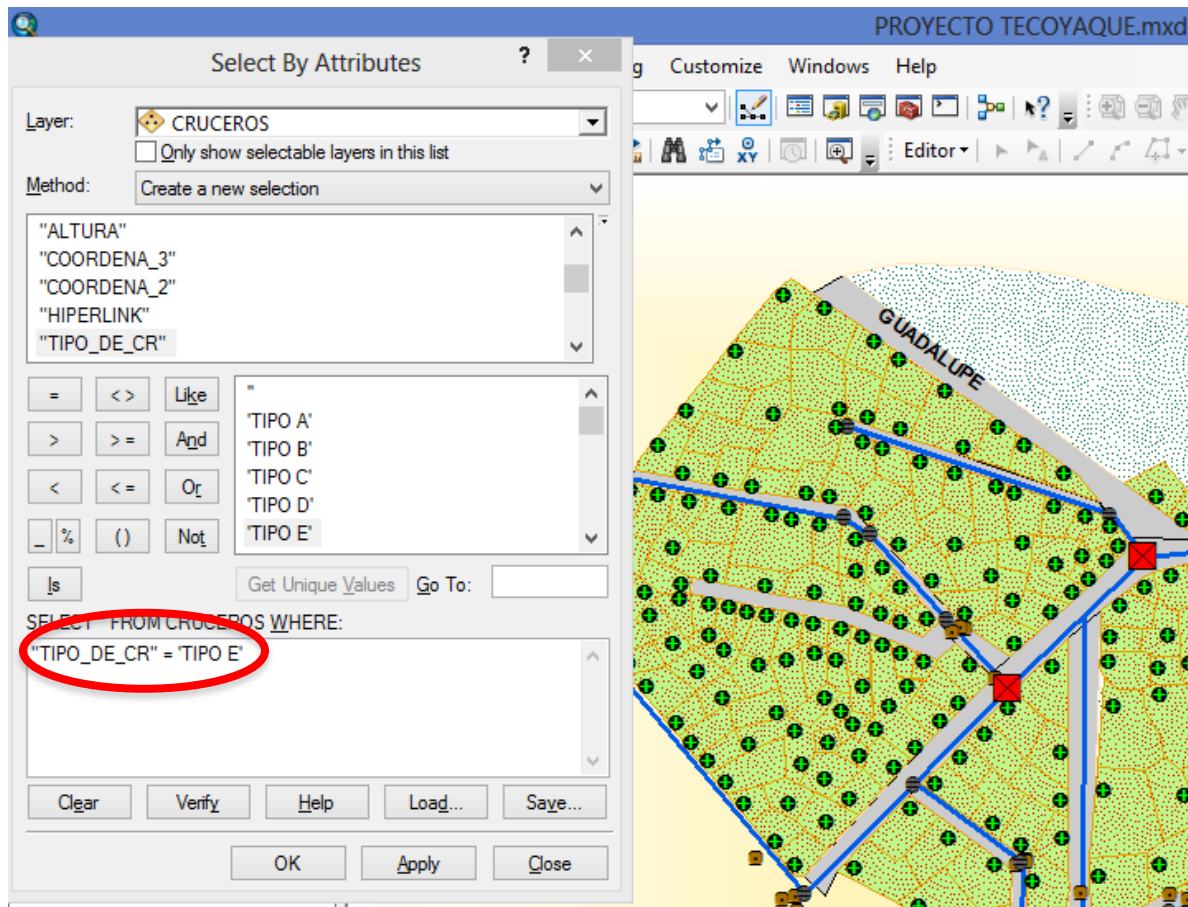


Figura 4.51 Selección de tipo de cruceo.

Una vez que está listo se selecciona Apply para que aplique la selección que se definió, inmediatamente ok, al hacer esto se selecciona el lote en color azul y automáticamente se cierra la venta de selección.

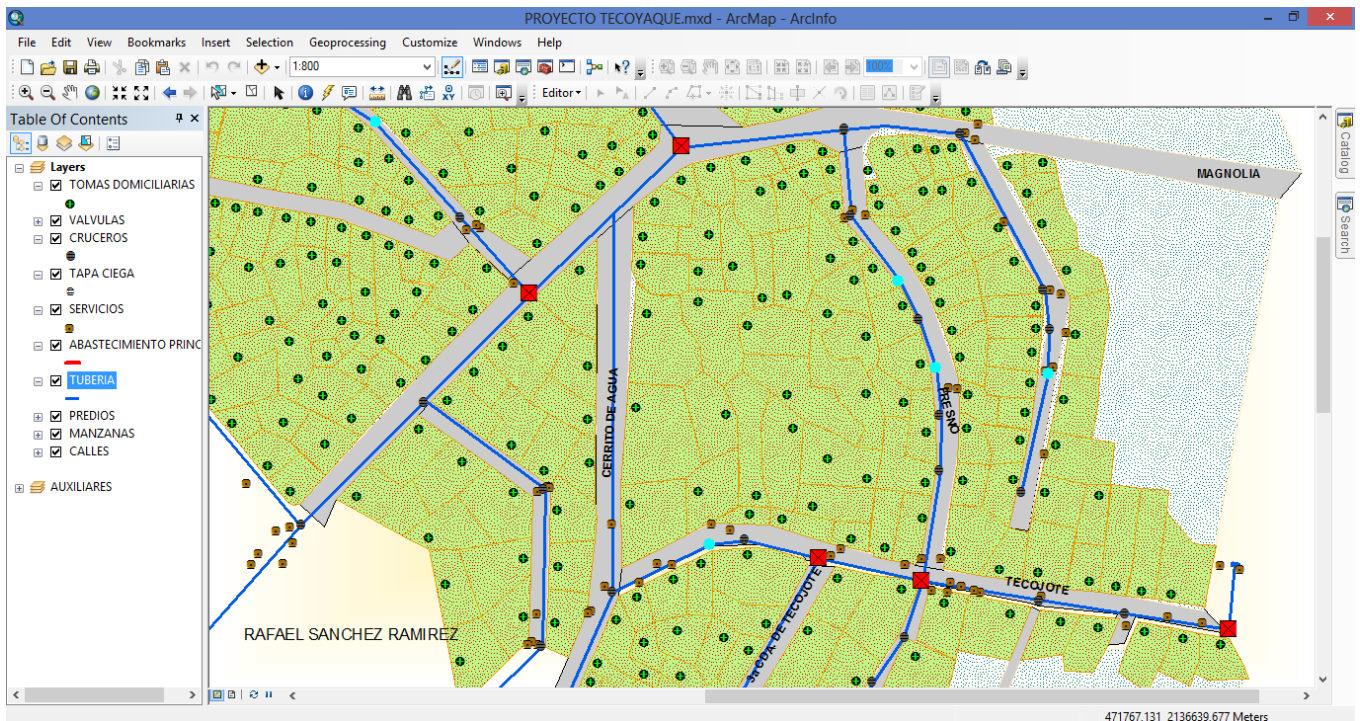


Figura 4.52 Tipo de cruceo.

## CASO 2. SELECCIÓN POR LOCALIZACIÓN

Este tipo de selección permite seleccionar objetos que estén ubicados a una distancia determinada, la cual el usuario podrá proponer. Ejemplo:

- a) Suponga que se necesita arreglar una toma domiciliaria o hacer una re-conexión a la red principal para ello se necesita saber la distancia a la que se encuentra la red principal de la toma domiciliaria.
- b) Para saber dónde hay se encuentran poste de servicios como poste de teléfono (TELMEX) y servicio de luz (CFE).

**a) Suponga que se necesita arreglar una toma domiciliaria o hacer una re-conexión a la red principal para ello se necesita saber la distancia a la que se encuentra la red principal de la toma domiciliaria.**

Para esto nuevamente nos vamos al icono Selección pero esta vez elegimos Selección por Localización, tal cual lo muestra la figura siguiente.

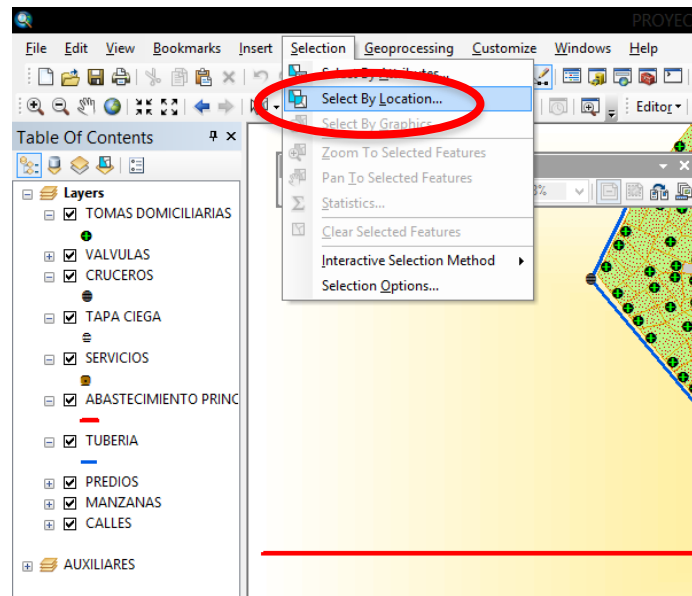


Figura 4.53 Select by location.

Al seleccionar por localización aparecerá un menú en el cual se seleccionara la capa en la que se hará la búsqueda (Target layer), en este caso es la capa de “TOMAS DOMICILIARIAS”, ya que se desea saber la distancia a la que se encuentra la red del predio que se va a trabajar, y la capa que servirá de pivote para la búsqueda (Source layer) pondremos “TUBERIA”, ya que es la distancia que buscamos.

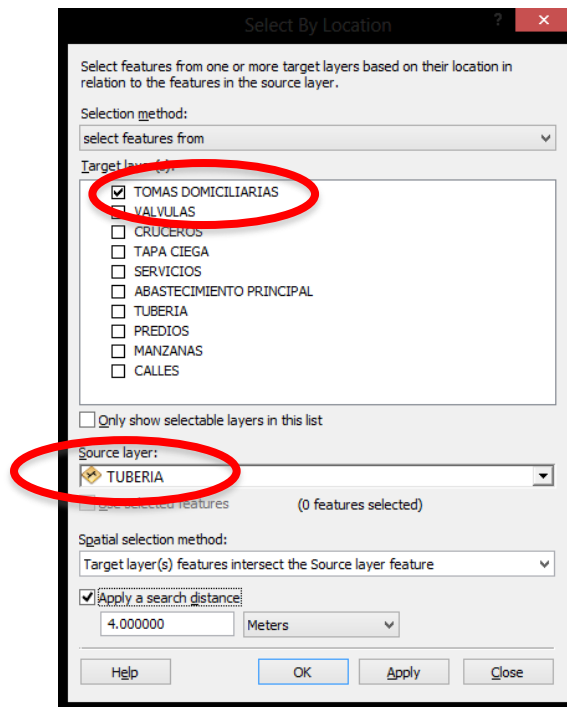


Figura 4.54 Menú (Selección de layers a consultar).



Después de definir las capas se palomea la opción Apply a search distance, para poder meter distancias, en este caso se requieren 4 metros, por lo tanto se pone la distancia deseada en el recuadro, una vez hecho esto se procede a aplicar y aceptar.

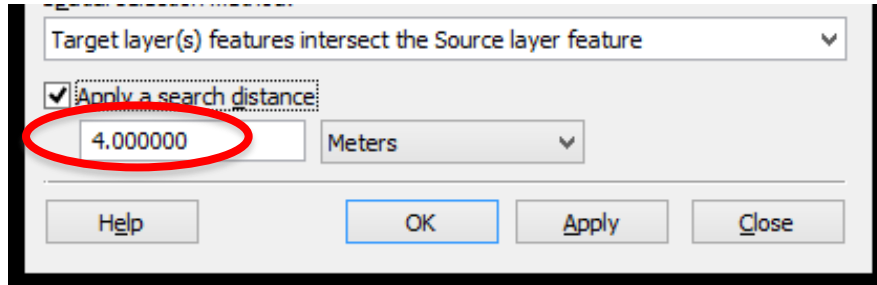


Figura 4.55 Aplicación de la distancia requerida por el usuario.

Al aplicar la selección y aceptar la operación quedarán seleccionadas las tomas domiciliarias que tengan a 4 metros o cualquier distancia que deseemos conocer para llegar a la red principal, de esta forma se sabrá la distancia a la cual se encuentra cada toma domiciliaría de los predios para dar el mantenimiento correspondiente tal y como se muestra en la siguiente imagen.

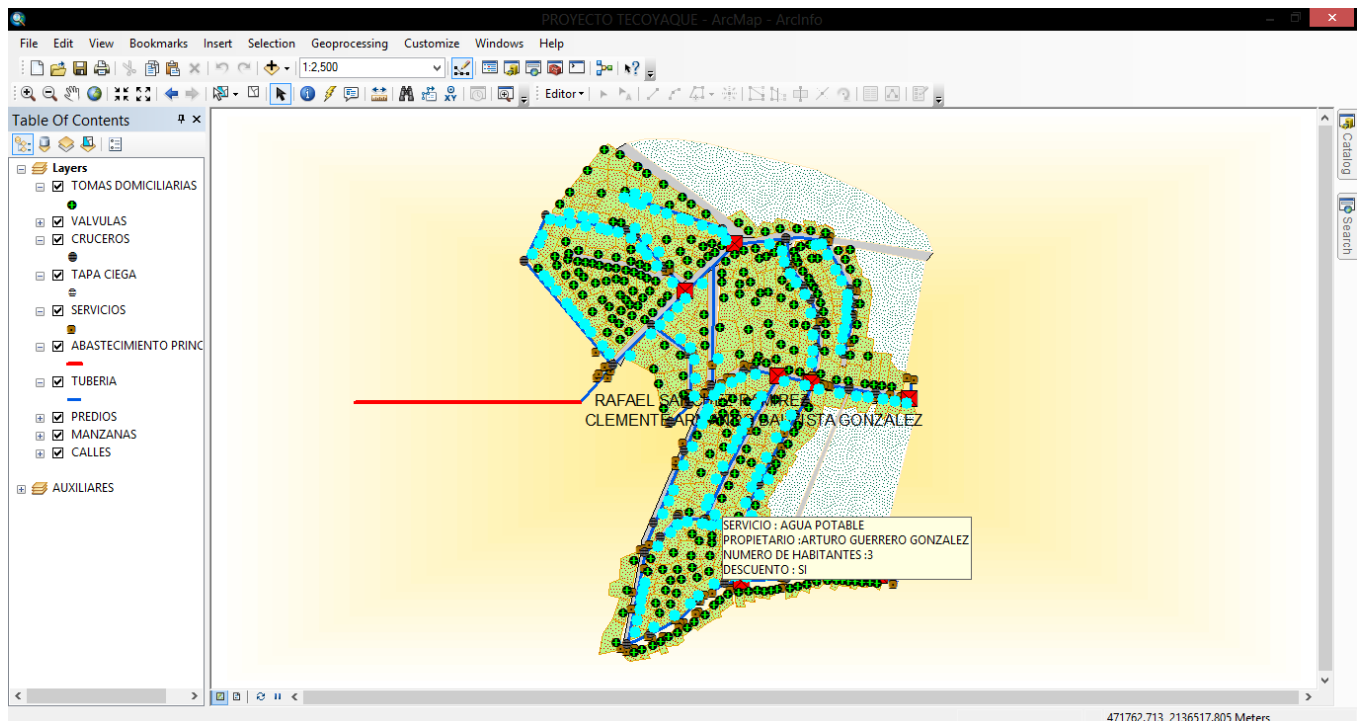


Figura 4.56 Distancia requerida por el usuario.



b) Para saber dónde hay se encuentran poste de servicios como poste de teléfono (TELMEX) y servicio de luz (CFE).

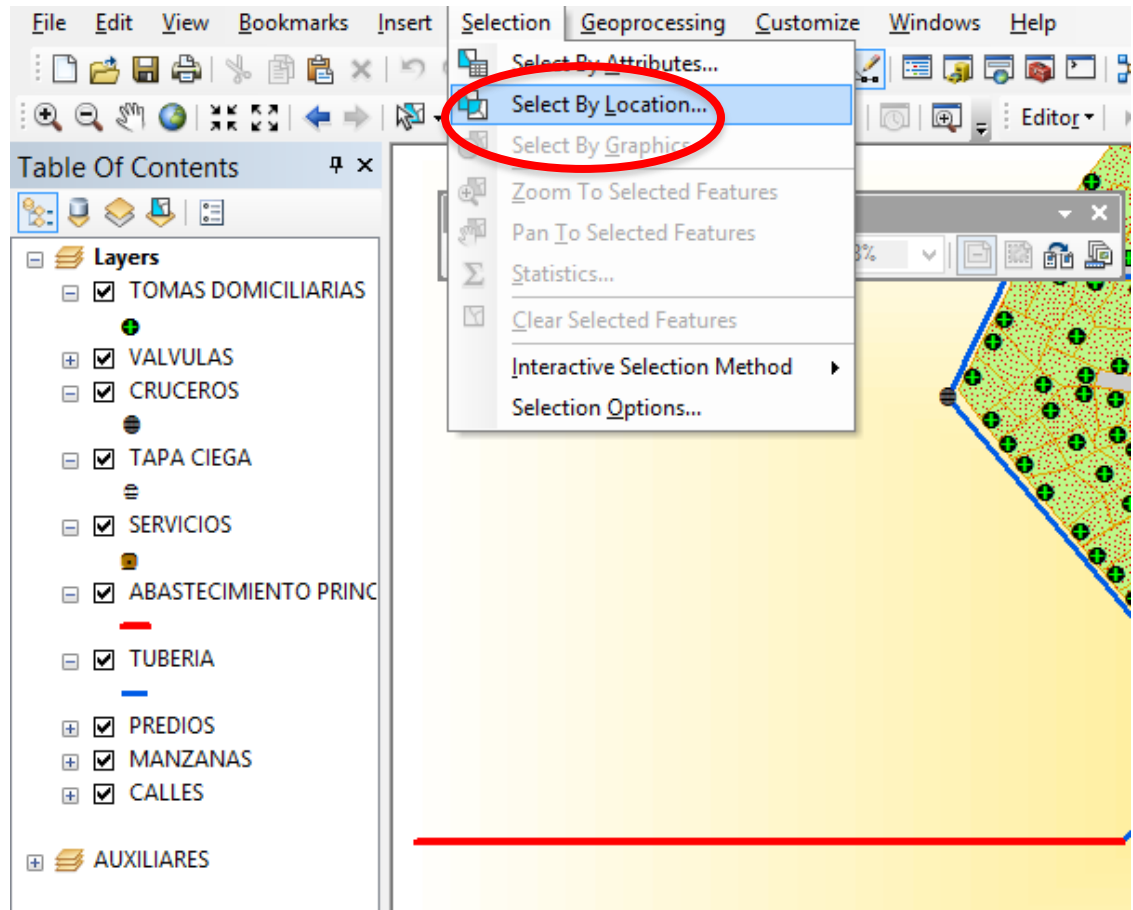


Figura 4.57 Select by location.

Al seleccionar por localización aparecerá un menú en el cual se seleccionara la capa en la que se hará la búsqueda (Target layer), en este caso es la capa de “SERVICIOS”, ya que se desea saber cuáles donde se localizan y de que predios están cercanos y la capa que servirá de pivote para la búsqueda (Source layer) pondremos “PREDIOS”, ya que es la referencia que necesitamos para ubicar estos objetos que buscamos.}

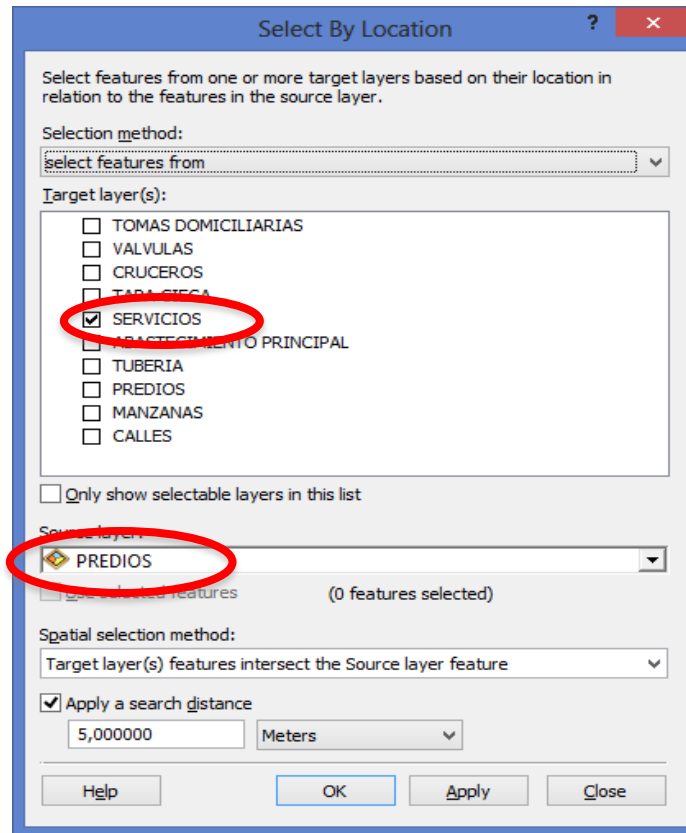


Figura 4.58 Menú (Selección de layers a consultar).

Después de definir las capas se palomea la opción Apply a search distance, para poder meter distancias, en este caso se requieren 5 metros, por lo tanto se pone la distancia deseada en el recuadro, una vez hecho esto se procede a aplicar y aceptar.

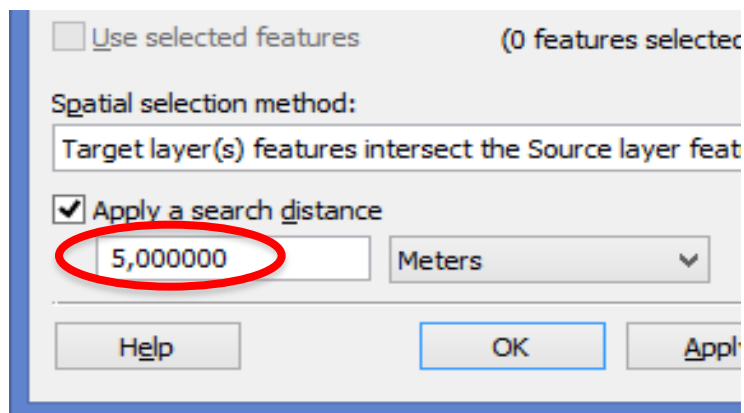


Figura 4.59 Aplicación de la distancia requerida por el usuario.

De la misma manera se aplica la selección y aceptar la operación quedaran seleccionadas los postes de servicio que se encuentren a una distancia de 5 metros de cualquier predio aparecerá reflejado tal y como se muestra en la siguiente imagen.

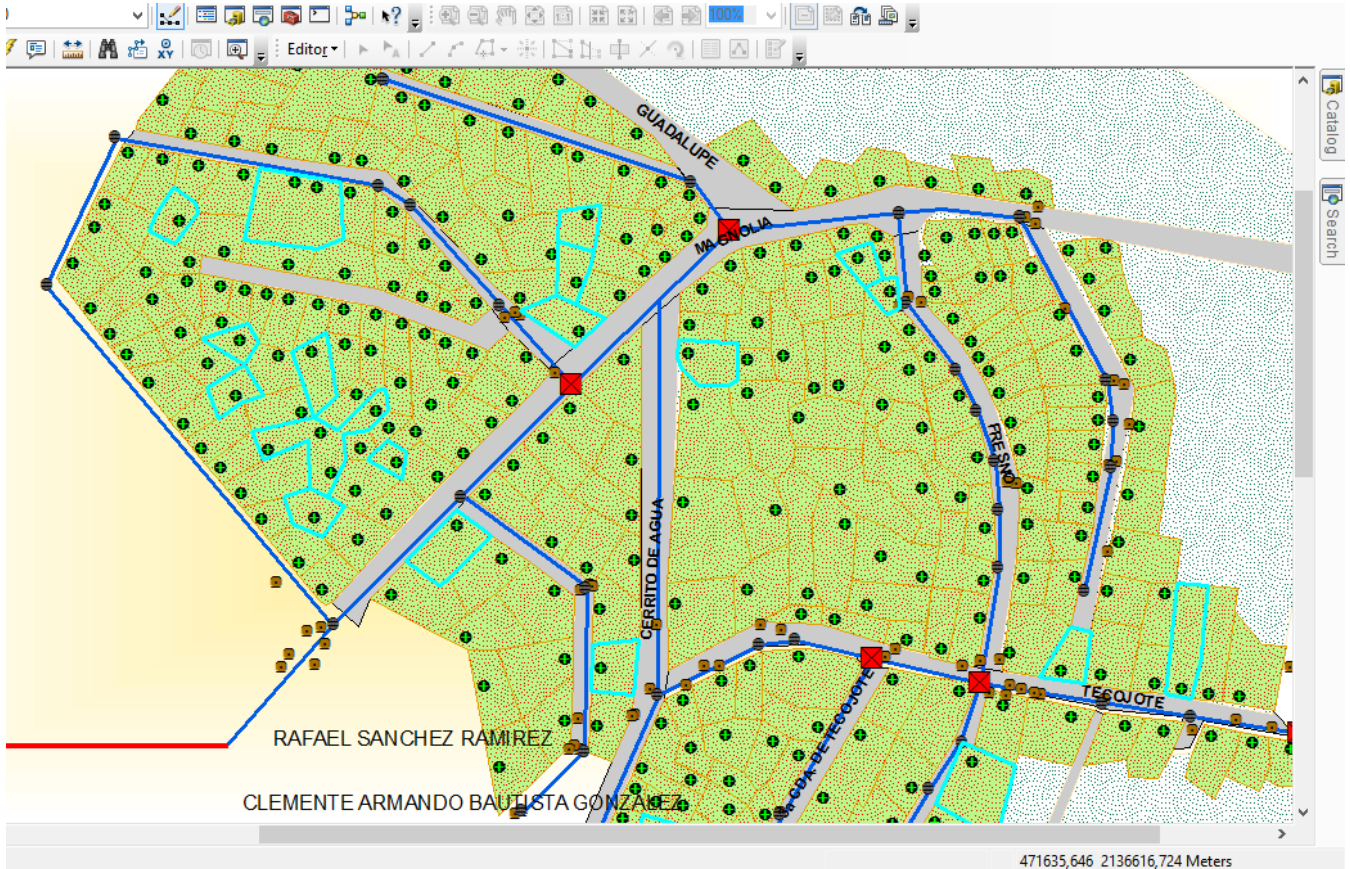


Figura 4.60 Distancia requerida por el usuario.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los SIGs se están convirtiendo en herramientas indispensables en la toma de decisiones en las que la información espacial tiene una especial relevancia. De alguna de estas decisiones depende en muchos casos el éxito o el fracaso de un negocio o bien la mejora considerable de la productividad de una empresa. Teniendo en cuenta esto resulta fácil comprender la relevancia que estas tecnologías están adquiriendo para el mundo empresarial. El área de trabajo de un SIG es muy vasta y entre las áreas en las que se puede desarrollar es en la planificación urbana y regional, ingeniería de transporte, explotación de recursos, análisis de nuevos mercados, aplicaciones de seguridad pública, aplicaciones de salud pública, turismo, prevención de riesgos naturales y sistemas de Información del suelo.

De igual manera este programa nos ayuda a agilizar los trabajos o estudios en su caso para delegación o municipio, como en dicho programa se muestra se le ha agregado bases de datos como propietarios o dueños de predios que intervienen en la red de agua potable con ello facilita la búsqueda, por otra parte se han agregado despiece de cruceros piezas especiales que ocupada dicha tubería así en caso de algún problema es más fácil saber que pieza se debe reparar.

En conclusión este programa nos beneficia mucho debido a la facilidad con la que cualquier usuario puede encontrar la información deseada.





## BIBLIOGRAFIA



## BIBLIOGRAFÍA.

- Bosques Sendra, J. (1992). *Sistemas de Información Geográficos*. Madrid: Rialp.
- Buenfil Rodríguez, M. O. (Septiembre de 2009). AGUA Guía para Organismos Operadores Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México, D.F., México.
- C.N.A. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. D.F, México.
- C.N.A, S. (Diciembre de 2005). *Comision Nacional del Agua*. Recuperado el 12 de Junio de 2013, de <http://www.cna.gob.mx>
- De la Fuente, S. J. (2000). *Planeación y Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable*. México, D.F.
- García Márquez, F. (1994). *Curso Básico de Topografía: Planimetría, Agrimensura y Altimetría*. México: Árbol.
- García Márquez, F. (2005). *El topógrafo descalzo*. México: PaxMéxico.
- Gutiérrez Puebla, J., & Gould, M. (1994). *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Síntesis.
- Montes de Oca, M. (1996). *Topografía*. México: Alfaomega.
- Sánchez, S. A. (2001). *Proyecto de Sistemas de Alcantarillado*. México, D.F.: IPN.
- Toscano, R. (1970). *Métodos Topográficos*. México: Porrúa.
- Secretaría del Medio Ambiente. Sistemas de la Ciudad de México*.  
José María Izazaga 89, Colonia Centro, Delegación Cuauhtémoc, Distrito Federal.
- López Alegría, Alfredo. “*Abastecimiento de Agua Potable y su Disposición y Eliminación de Excretas*”. 1ª. Ed. México: Tresguerras, 1990. 295p.  
ISBN: 968-29-2655-6.