



# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD ZACATENCO

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

TESINA  
SEMINARIO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

PRESENTAN:

CASTILLO REA JUAN ANTONIO  
GARCÍA MATURANO PIERRE  
GONZÁLEZ SALINAS MANUEL  
PÉREZ MERINO JULIO ALBERTO  
RAMÍREZ TANIGUCHI JUAN  
SIERRA SOLÍS BOLÍVAR ALBERTO

ASESORES:

ING. SARA CAROLINA DE AMERICA MARISCAL LÓPEZ  
CED. PROF. 5644395  
ING. JULIÁN MARES VALVERDE  
CED. PROF. 4369717  
ING. MIGUEL ÁNGEL GODÍNEZ ROJAS  
CED. PROF. 2974703



MEXICO, D.F.

FEBRERO 2014

SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
Secretaría Académica  
Dirección de Educación Superior



"2013, Año de la Legitimación Institucional y Centenario del Estado 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 Estudios"  
"50 Aniversario del IICQ" Toluca, Querétaro

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-III/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

M. E. L. Julio Eduardo Morales - Secretario Académico del IPN  
Lic. Yaché Marisol Osuna Ugarte - Directora de Administraciones Especiales del IPN  
Ing. Jorge Luis Sánchez - Jefe de la División de Operación de Unidades Académicas del IPN  
Expediente  
1-10947

EAMC: EMMERH/INCMG/pam

Av. Luis Enrique Erzurum Col. Unidad Politécnica "Adolfo López Mateos", Del Gustavo A. Madero, México, D.F.  
C. P. 07719 Tel. 57296800 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 05 de junio de 2013  
 D.SAC.834.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. Juan Antonio Castillo Rea**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No. **2005310071** 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 Castillo Rea, 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"**



**MTR. 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/MCC/JFR/GA/tob\*

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.1047.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. Pierre García Maturano**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No. **2007310349** 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 García Maturano, 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/  
 PDEMCC/FARGA/100



**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.849.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. Manuel González Salinas**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No. **2007310405** 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 Salinas, 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 EDUCACIÓN"**



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

**ESCUELA SUPERIOR DE**  
**INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ZACATENCO**  
**SUBDIRECCIÓN**

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/106\*

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.1046.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. Julio Alberto Pérez Merino**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No.2008310977 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-III/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 Pérez Merino, 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/MC/JFR/SAC/13

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.1031.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. Juan Ramírez Taniguchi**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No. **2008311215** 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 Ramírez Taniguchi, 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 DURAN 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/MCCJ/RGA/166

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.846.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. Bolívar Alberto Sierra Solís**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No.2007311026 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 Sierra Solís, 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"



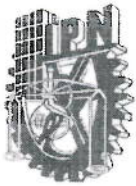
**MTRO. PINO DURÁN ESCAMILLA**  
 DIRECTOR  
 ESCUELA SUPERIOR DE  
 INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ZACATENCO

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/MC/JERGA/100







**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TICOMÁN**  
**Departamento de Formación Profesional Genérica**



**LISTA INICIAL**

ESCUELA: Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán

SEMINARIO: Investigación y Modelación Geográfica de un Catastro Hidráulico para un Sistema de Agua

DURACIÓN: 170 Hrs. PERIODO: Del 11 de junio al 12 de octubre de 2013 DÍAS Y HORARIO: martes y jueves d de 18:00 a 21:00  
 sábados de 14:00 20:00 horas

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

EXPOSITOR(ES) y No. de HRS.: Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas, Ing. Sara Carolina de América Mariscal López, e  
 Ing. Julián Mares Valverde

No	NOMBRE(S)	APELLIDO PATERNO	APELLIDO MATERNO	NO. DE BOLETA	OBSERVACIONES
1	ANTONIO THONATIU	FERNANDEZ	GUZMAN	2004310026	
2	PABLO	GARCIA	MARMOLEJO	2004310226	
3	MARCO ANTONIO	GARCIA	SALDAÑA	2004310913	
4	MANUEL	GONZALEZ	SALINAS	2007310405	
5	ALFREDO	MONTE	PEREZ	2007310703	
6	CARLOS ALBERTO	NAVA	RODRIGUEZ	2007310740	
7	SALOMON SAMUEL	OLGUIN	GARCIA	2005310338	
8	JULIO ALBERTO	PEREZ	MERINO	2008310977	
9	JUAN	RAMIREZ	TANIGUCHI	2008311215	
10	ALBERTO BOLIVAR	SIERRA	SOLIS	2007311026	
11	MARISELA YAZMIN	TREJO	RUIZ	2007311511	
12	LUIS ANGEL	GARCIA	MERINO	2008310873	
13	JUAN ANTONIO	CASTILLO	REA	2005310071	
14	CURICABEL JULIO	PEREZ	MORENO	2006310363	
15	FLORENCIO ANTONIO	MELCHOR	CERCAS	2006390206	
16	DIEGO	CHACON	GUERRERO	2007310190	
18	PIERRE	GARCIA	MATURANO	2007310349	
19	ALEJANDRO	GONZALEZ	GONZALEZ	2007310389	
20	MARIO	MUÑOZ	CERVANTES	2004310754	
21	FACUNDO	IRETA	MEDRANO	2008310242	
17	ALVARO	RIVERA	SAMPEDRO	2005310393	
22	IVAN	TRINIDAD	NAZARIO	2005310634	
23	AUGUSTO	PLASCENCIA	SEGURA	2006311286	
24	ADRIANA ELOISA	LOBATO	ESPINO	2006310297	
25	ANA LAURA	DIAZ	REYES	2005310105	
26	JUAN CARLOS	IABRA	CEDRO	93200056	
27	LUIS RICARDO	HERNÁNDEZ	RODRIGUEZ	2006310145	
28	MIRIAM	MONTAÑEZ	MOXCA ANA	2005310868	
29					
30					



Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas  
**COORDINADOR**

M. en C. Eduardo Pérez Flores  
**SUBDIRECTOR ACADÉMICO**

**UNIDAD TICOMAN**  
**SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**

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	Floréncio	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	Ramírez	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

SELO  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA • O • MEXICO  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA • ESIA  
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	Rea Maturano	Juan Pierre	Antonio
		González Pérez	Salinas Merino	Manuel Julio	Alberto
		Ramírez Sierra	Taniguchi Solís	Juan Bolívar	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	Marmolejo Rodríguez	Pablo Luis	Ricardo
		Melchor Nava	Cercas Rodríguez	Florencio Carlos	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	Saldaña García	Marco Salomón	Antonio Samuel
		Trejo	Moreno Ruiz	Curicabel Marisela	Julio Yazmin
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	González Medrano	Alejandro Facundo	
		Lobato Muñoz	Espino Cervantes	Adriana Mario	Eloísa
		Plascencia	Segura	Augusto	
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

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

C. Matilde Diosdado Valdés  
ENCARGADA DEL DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN  
DEPICFM/DDD/BEPEG/SLG/rjt

M en C. Eduardo Pérez Flores  
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



UNIDAD TICOMÁN  
COMUNICACIÓN ACADÉMICA

Otorga la presente

## CONSTANCIA

a

### Castillo Rea Juan Antonio

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\*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

**García Maturano Pierre**

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/ALE\*MEHG\*pcmg

Documento válido al día 2/diciembre/2014



Otorga la presente

## CONSTANCIA

a

### González Salinas Manuel

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 MERCHAN 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

**Pérez Merino Julio Alberto**

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	8 (OCHO)	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\*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

### Ramirez Taniguchi Juan

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\*/ME\*MEHJ/ocmg

Documento válido al día 2/diciembre/2014

SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
Dirección de Educación Superior



Otorga la presente

## CONSTANCIA

a

**Sierra Solís Bolívar Alberto**

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

CALIFICACION  
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\*MRHG\*pcmg

Documento válido al día 2/diciembre/2014



ESQUEMA DE RECIBIDO  
"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"  
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
"50 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

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  
Presente

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Juan Antonio Castillo Rea con número de boleta 2005310071, 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. Rosalva 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. Rosalva 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

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA U. ZAC.

RECIBIDO

05 FEB 2014

SUBDIRECCION ACADEMICA



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

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  
Presente

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Pierre García Maturano con número de boleta 2007310349, 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. 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.

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

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"

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  
Presente

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Manuel González Salinas con número de boleta 2007310405, 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 Ángeles

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.



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

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. Julio Alberto Pérez Merino con número de boleta 2008310977, 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. Rosalva Pérez Delgado

Primer Vocal

M. en C. María del Rosario Mendoza González

Segundo Vocal

Ing. Jorge Zavala Apulera

Tercer Vocal

Ing. Raúl Manjarrez Angeles

Suplente

Ing. Isela Aguayo Gómez

ATENTAMENTE

Ing. Rosalva Pérez Delgado

Presidente de la Academia de Hidráulica

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

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



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA U. ZAC.  
RECIBIDO  
05 FEB 2014  
SUBDIR. ACADÉMICA

"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"  
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"  
"50 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  
Presente

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Juan Ramírez Taniguchi con número de boleta 2008311215, 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 Ángeles

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.

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

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. Bolívar Alberto Sierra Solís con número de boleta 2007311026, 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 Ángeles

Suplente

Ing. Isela Aguayo Gómez

ATENTAMENTE

Ing. Rosalía Pérez Delgado

Presidente de la Academia de Hidráulica

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA U. ZAC.  
RECIBIDO  
05 FEB 2014  
SUBDIRECCION ACADÉMICA

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



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por acompañarme todos los días, por haberme permitido llegar hasta aquí y cumplir este objetivo personal.

A mis padres y mis hermanas... Gracias por su amor, sus consejos, su comprensión y por ese apoyo incondicional. A ustedes dedico este logro y, por supuesto, a ese ángel que me cuida desde el cielo: Mi hermano Salvador. Los amo. Siempre han estado y seguirán en mi corazón.

A mis amigos, personas extraordinarias que han tocado mi vida, que me impulsaron e inspiraron de diferentes maneras a lo largo de todos estos años. Gracias.

A mi Escuela, el Instituto Politécnico Nacional, por cuanto he recibido ahí, tanto de mis profesores como de mis compañeros.

A todos... Gracias

Ing. Bolívar Alberto Sierra Solís

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por su apoyo y paciencia, a mis hermanos, a mis profesores de toda la carrera y de este seminario.

Ing. Julio Alberto Pérez Merino

## DEDICATORIA

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mi hermana, padrinos, amigos. Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

Ing. Manuel González Salinas

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios, a mis padres, hermanos, amigos y compañeros por haberme acompañado en este largo camino de mi vida de estudiante, les doy gracias por apoyarme, auxiliarme e ir al lado mío, les dedico todo este esfuerzo que sé que en un futuro dará buenas cosas, ahora sé que empezara una nueva etapa de mi vida y sé que todas estas personas estarán a mi lado, es por eso que esta tesina se las dedico a todos ellos.

Ing. Juan Ramírez Taniguchi

## **AGRADECIMIENTOS**

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado la oportunidad de la vida y seguir conmigo durante todo este proceso de mi formación académica. A mi madre quien estuvo siempre conmigo en las buenas y en las malas, sufriendo también las desveladas, quien se levantaba por la madrugada a alimentarme y darme su bendición. A mi padre quien es el pilar de esta familia y quien siempre traía a casa el pan de cada día y dando siempre el ejemplo del trabajo. A mi hermano quien se preocupaba por mis estudios demostrando así siempre apoyo en todos los sentidos. Y a mis sobrinos Carlos y Luis para que lo tomen como ejemplo y sigan los pasos para poder ser también unos profesionistas

Ing. Juan Antonio Castillo Rea

## **AGRADECIMIENTOS**

La presente tesina es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participamos varias personas leyendo, opinando, corrigiendo teniéndonos paciencia, dando animo acompañado en los momentos difíciles y en los momentos de felicidad.

Le doy gracias a las personas que siempre estuvieron cerca de mí por apoyarme en todo momento y que creyeron en mi sin duda alguna, por los valores que me han inculcado, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo a seguir.

Gracias también a mis compañeros, que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida en todo este tiempo en la estancia de la escuela conviviendo dentro y fuera del salón de clases.

Agradezco a mis compañeros que estuvimos juntos en el proyecto de la tesina Julio, Antonio, Manuel, Bolívar, Juan ya que todos en conjunto pudimos concluir este trabajo.

Gracias a todos.

Ing. Pierre García Maturano



## ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN .....	ii
II. JUSTIFICACIÓN .....	iii
III. OBJETIVOS .....	iv
CAPITULO I .....	1
1. MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO .....	2
1.1 Instrumental Topógrafo-Geodésico.....	2
1.1.1 Elementos de los instrumentos topográficos.....	2
1.1.2 Elementos fundamentales .....	3
1.1.3 Equipo topográfico .....	5
1.2 Conceptos de Superficies de Referencia .....	8
1.2.1 El Elipsoide .....	9
1.2.2 La esfera local .....	9
1.2.3 El geoide.....	9
1.2.4 El Datum .....	10
1.3 Sistema de Coordenadas.....	11
1.3.1 Coordenadas geográficas.....	11
1.3.2 Sistema de coordenadas geodésicas .....	11
1.3.3 Sistema de coordenadas astronómicas .....	12
1.3.4 Proyecciones .....	12
1.4 Metodología de levantamientos topográficos.....	13
1.4.1 Clases de levantamientos.....	13
1.4.2 Métodos Topográficos Directos .....	14
1.4.3 Métodos basados en medidas angulares .....	14
1.4.4 Metodología de levantamiento .....	15
1.4.5 Métodos basados en la medida de ángulos y distancias .....	18
1.4.7 Métodos indirectos.....	23
1.5 Metodología de levantamientos geodésicos .....	27
1.5.1 Triangulación .....	27
1.5.2 Trilateración .....	27
1.5.3 Triangulateración .....	27
1.5.4 Poligonación .....	28



1.5.5 Método Astronómico .....	28
1.5.6 Método Inercial .....	28
1.5.7 Técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global .....	28
1.5.8 Diferencia entre métodos de Topografía y Geodesia.....	28
CAPITULO II .....	29
2. SISTEMA DE AGUA .....	30
2.1 Definición de un sistema de agua y cuál es su función.....	30
2.2 Partes que consta un sistema de abastecimiento de agua .....	30
2.2.1 Obras de captación.....	30
2.2.2 Captación de Aguas Superficiales .....	31
2.3 Línea de Conducción .....	34
2.3.1 Clasificación de la Línea de Conducción .....	34
2.4 Línea de Conducción .....	36
2.4.1 Componentes de una Línea de Conducción.....	36
2.5 Obra de regularización.....	39
2.5.1 Clasificación de Tanques.....	40
2.6 Red de distribución .....	41
2.6.1 Componentes de una red de distribución .....	42
2.6.2 Características de Redes de distribución.....	44
2.6.3 División de una Red de Distribución .....	45
2.6.4 Formas de Distribución .....	46
2.7 Potabilización.....	47
2.7.1 Límites permisibles de calidad del Agua.....	47
2.7.2 Tratamientos para la Potabilización del Agua .....	51
2.8 Alcantarillado sanitario .....	54
2.8.1 Componentes de un Sistema de Alcantarillado .....	55
2.8.2 Modelos de trazo de atarjeas.....	58
2.9 Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales .....	59
2.9.1 Tipos de Aguas Residuales .....	59
2.9.2 Tipos de Contaminantes .....	60
2.9.3 Clasificación de los contaminantes .....	60
2.9.4 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales .....	61





2.9.5 Normas que deben de cumplir las Plantas de Tratamiento .....	61
2.9.6 Estructuras que componen las PTAR's .....	64
2.10 Organismos operadores de agua .....	76
2.10.1 Misión .....	77
2.10.2 Principales leyes, normas y reglamentos.....	77
2.10.3 Principios de trabajo .....	78
2.10.4 Funciones operativas.....	78
2.10.5 Responsabilidades.....	78
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>80</b>
<b>3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....</b>	<b>81</b>
3.1 Generalidades.....	81
3.1.1 El concepto SIG .....	81
3.1.2 Componentes de un SIG .....	82
3.1.3 Funciones de los componentes de un SIG .....	84
3.1.4 Representación de la información de un SIG .....	85
3.2 Etapas de implementación de un SIG.....	86
3.2.1 Entrada de datos.....	86
3.2.2 Manipulación y análisis .....	87
3.2.3 Salida y presentación de resultados .....	87
3.3 Modelos vectoriales y ráster .....	88
3.3.1 Formatos ráster y vectorial .....	88
3.3.2 Ventajas y Desventajas Modelo Raster y Vector .....	90
3.3.4 Topología.....	91
3.4 Aplicaciones de los SIG/ servidores de mapas en la WEB. ....	91
3.4.1 Los SIG en Internet.....	91
3.4.2 Servicios de los SIG.....	92
3.4.3 Modelo entidad relación del servidor de mapas WEB.....	93
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>94</b>
<b>4. 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. ....</b>	<b>95</b>
4.1 Levantamiento de coordenadas del sitio.....	95



4.2 Información básica de los sistemas de agua potable y de alcantarillado del fraccionamiento “Ciudad Hábitat”.....	96
4.2.1 Breve descripción del sistema de agua potable.....	96
4.2.2 Breve descripción del sistema de alcantarillado. ....	97
4.3 Creación del Sistema de Información Geográfica .....	98
4.3.1 Limitaciones del SIG .....	99
4.3.2 Diccionario de datos. ....	99
4.3.3 Construcción del SIG en ArcMap 10.....	108
4.3.4 Consultas en el SIG .....	140
IV. RESULTADOS.....	145
V. CONCLUSIONES .....	147
VI. ÍNDICE DE FIGURAS.....	148
VII. ÍNDICE DE CUADROS .....	152
VIII. ÍNDICE DE TABLAS .....	152
IX. BIBLIOGRAFÍA .....	154



“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”



# INTRODUCCIÓN



## I. INTRODUCCIÓN

El manejo adecuado de la información representa un punto vital para la sociedad. Es por esta razón que, mientras más completa y actualizada sea dicha información, mayor será el desarrollo de una comunidad. Para el control, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de cualquier comunidad, la situación no es diferente. La información utilizada adecuadamente, facilita en gran medida el trabajo del organismo operador de agua, agiliza la toma de decisiones y permite un control detallado de los sistemas, susceptible a actualizaciones siempre que sea necesario.

El presente proyecto plantea la creación de un Sistema de Información Geográfica (SIG por sus siglas) que ofrezca al organismo operador del agua una base de datos digitalizada y actualizada de la infraestructura hidráulica y sanitaria de un sitio y que, al mismo tiempo, esta base de datos esté asociada a la información geográfica del mismo.

El trabajo se desarrolla en 4 capítulos, los cuales se describen a continuación: En el capítulo I se explican los métodos de levantamiento para la obtención de información geográfica. Se describe el instrumental y equipo topográfico en general, los conceptos de superficie de referencia, los sistemas de coordenadas y los diferentes tipos de levantamiento.

El capítulo II se enfoca a los sistemas de agua, describiendo las partes que conforman un sistema de abastecimiento de agua potable y un sistema de alcantarillado sanitario. También se hace mención de los organismos operadores de agua, sus principios de trabajo, responsabilidades y funciones, así como las principales leyes, normas y reglamentos que sustentan la administración del agua en México.

El capítulo III describe los componentes de un Sistema de Información Geográfica, las formas de representación de la información en el mismo, sus etapas de implementación, las diferencias entre los modelos vectoriales y los modelos ráster y, finalmente, las aplicaciones y servicios de un SIG.

En el capítulo IV se explica el proceso de modelación de los sistemas de agua del fraccionamiento “Ciudad Hábitat”. Se plantea el proceso mediante el cual se realizó el levantamiento de las coordenadas, se detalla la información de la infraestructura de los sistemas de agua potable y alcantarillado, se presenta el diccionario de datos del modelo y la construcción del mismo en el software ArcMap 10. Finalmente se muestran algunos ejemplos de consulta de información en este SIG.

Al final del trabajo se realiza un breve análisis de los resultados obtenidos a través de la creación del SIG y las conclusiones a las que se llegó con el mismo.



## II. JUSTIFICACIÓN

Actualmente el municipio de Iguala no cuenta con un Sistema de Información Geográfica (por sus siglas SIG) que permita un manejo eficiente de toda la información de la red de agua potable y alcantarillado existente o de la que está en proceso de construcción, lo que dificulta mucho el trabajo del organismo operador municipal.

En virtud de lo anterior, se determinó implementar un SIG en el fraccionamiento “Ciudad Hábitat” ubicado en el municipio de Iguala de la Independencia Guerrero. La elección de este sitio se realizó con la intención de presentar una solución mediante un proyecto piloto, donde se muestre el funcionamiento de un SIG orientado al control, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado del lugar y que sirva como ejemplo para una posible implementación a nivel municipal.

Por otro lado, se eligió este fraccionamiento porque contaba con información de los proyectos de agua potable y alcantarillado en formato .dwg (AutoCAD) y permitió mostrar la manera en que se puede crear un Sistema de Información Geográfica a partir de información trabajada previamente en AutoCAD, como ocurre frecuentemente en este municipio.



### III. OBJETIVOS

#### *General*

Crear un Sistema de Información Geográfica para el fraccionamiento “Ciudad Hábitat” con el fin de apoyar al organismo operador en el control, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado del mismo.

#### *Particulares*

- Permitir la selección y consulta espacial de datos sobre una o varias capas del SIG y/o en las tablas de atributos asociadas a las mismas.
- Detectar posibles fallas en el diseño de los sistemas de agua potable y alcantarillado.
- Contribuir, mediante la información del SIG, a mejorar la toma de decisiones del organismo operador.



“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”



# CAPITULO 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 anteojo, 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 anteojo.



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° a 360° en el sentido de las manecillas del reloj o de 0° a 90° 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 ocular y objetivo*, 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 geode no se puede crear matemáticamente o utilizarse en cálculos porque su forma depende de la distribución irregular de la masa dentro de la tierra.

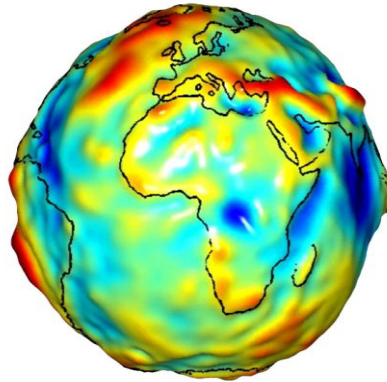


Figura 1. 5 Representación gráfica del geode

#### 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.

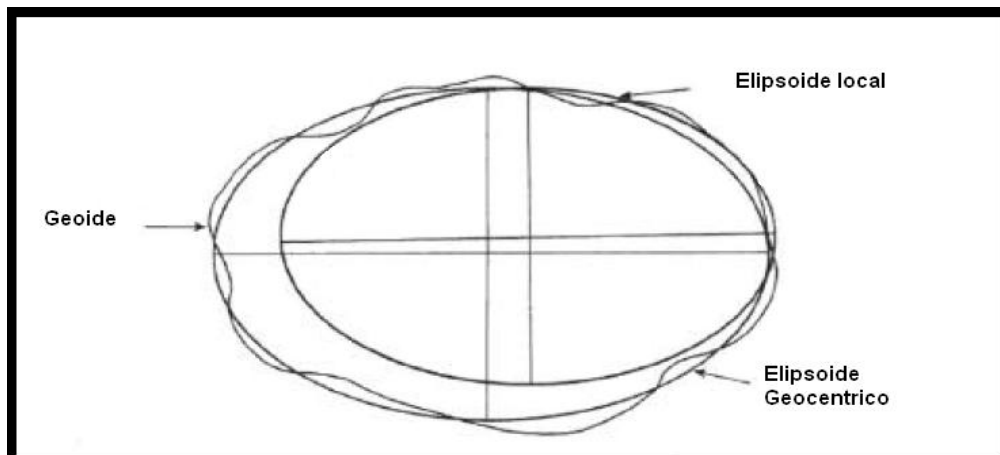


Figura 1. 6 Orientación del datum





### 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.

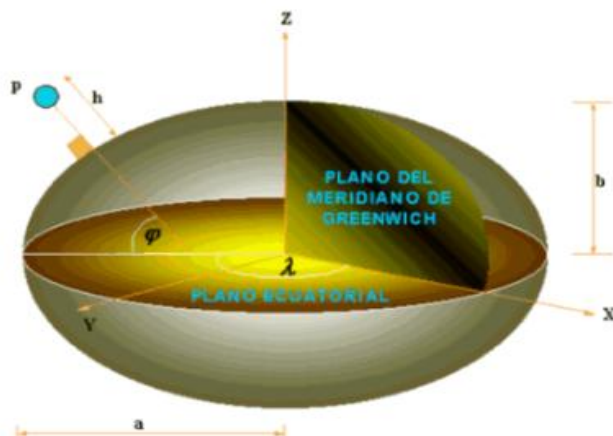


Figura 1. 7 Coordenadas geodésicas

### 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 error 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 de puntos 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.

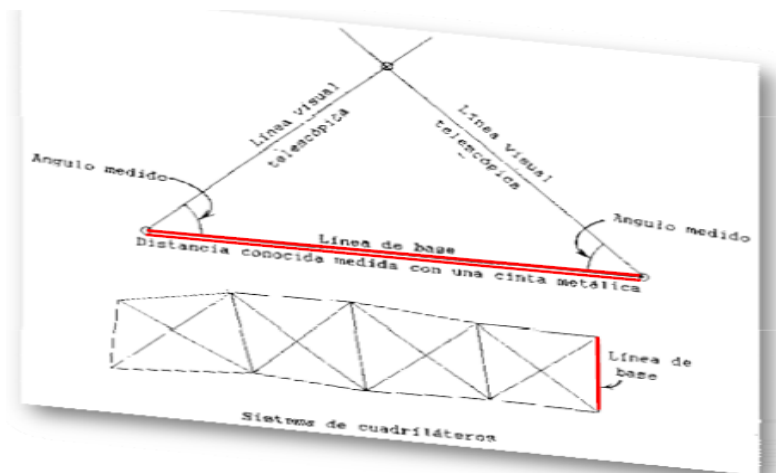


Figura 1. 8 Triangulación topográfica

## 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.

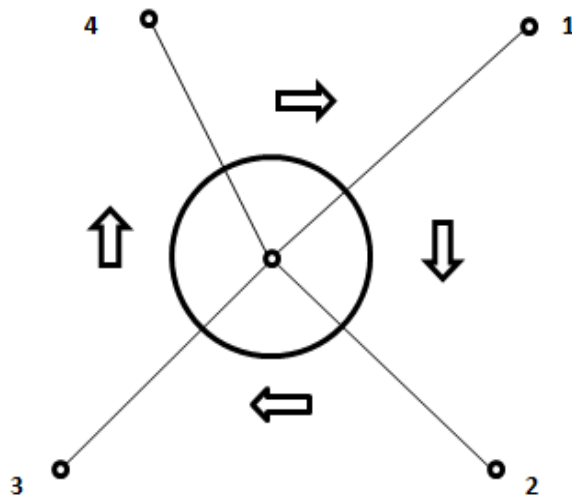


Figura 1. 9 Método de direcciones

#### 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.

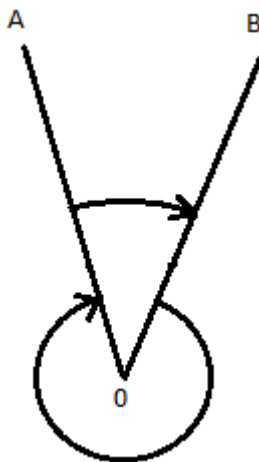


Figura 1. 10 Método de repeticiones

#### 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.

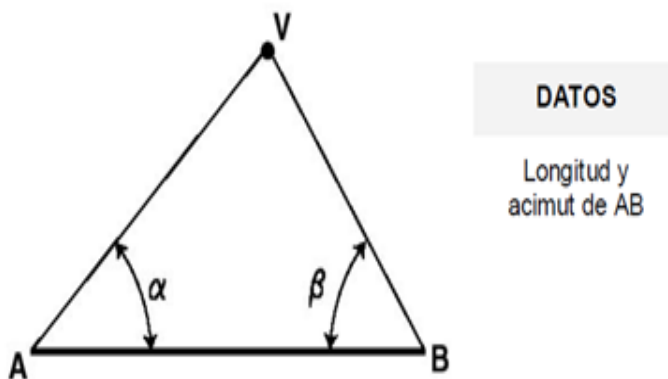


Figura 1. 11 Intersección directa

## 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.

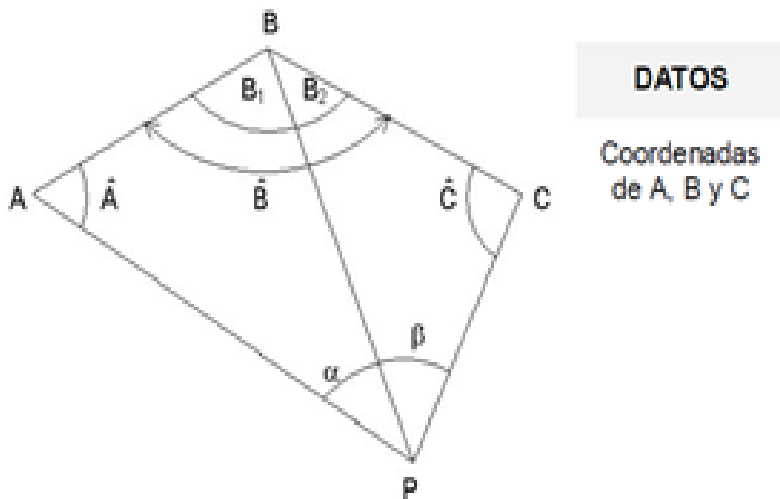


Figura 1. 12 Solución a la intersección inversa simple

### 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.

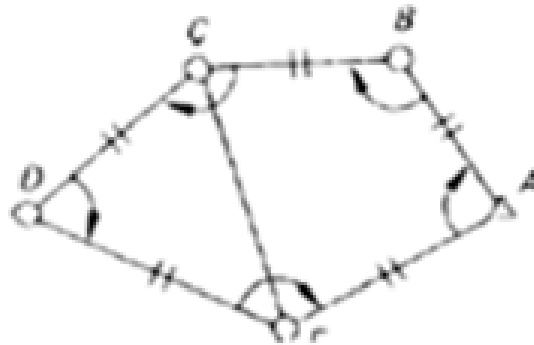


Figura 1. 13 Poligonal cerrada con ángulos interiores

### 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.

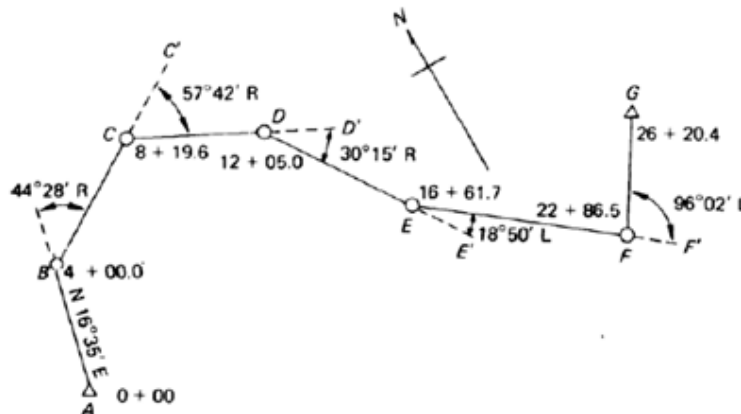


Figura 1. 14 Poligonal abierta con ángulos exteriores

### 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 el 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...

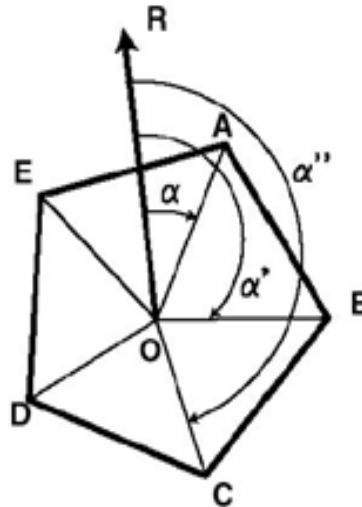


Figura 1. 15 Radiaciones

### 1.4.6 Métodos alimétricos

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.

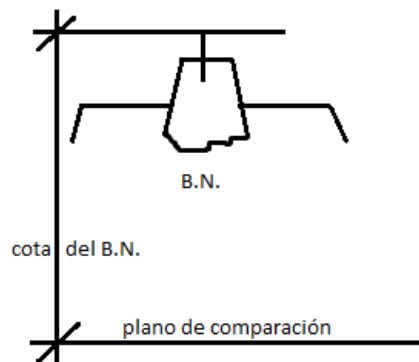


Figura 1. 16 Banco de nivel

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.

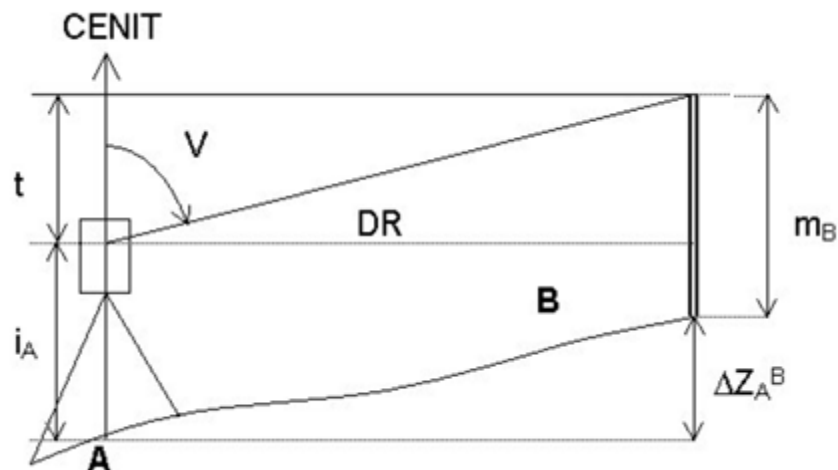


Figura 1. 17 Nivelación trigonométrica

#### 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.

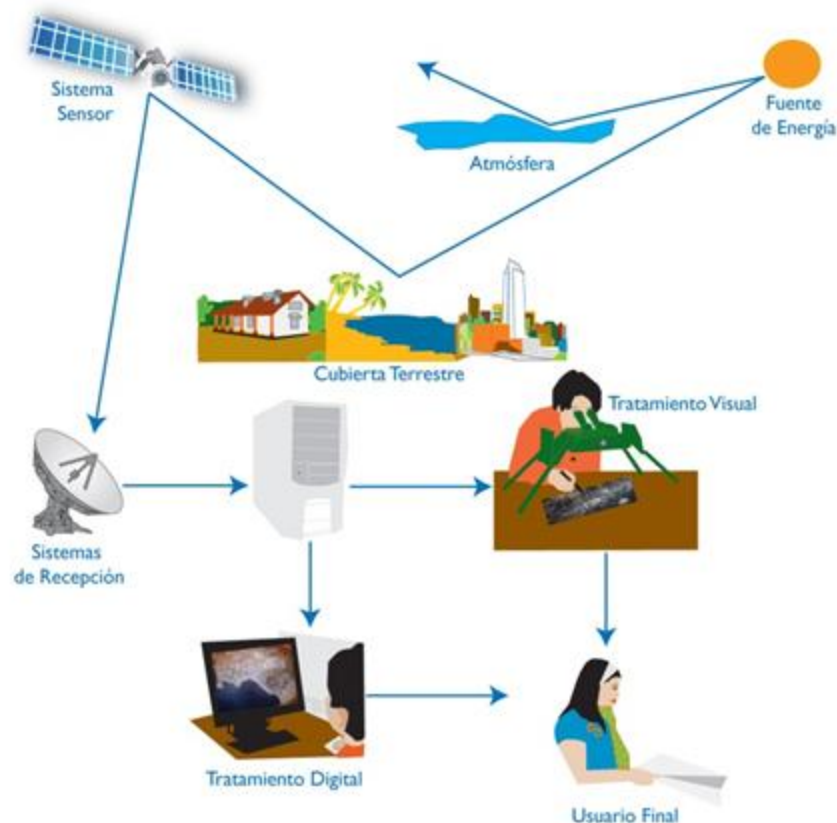


Figura 1. 18 Metodología para el procesamiento de imágenes satelitales

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

pixeles 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 pixel 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.

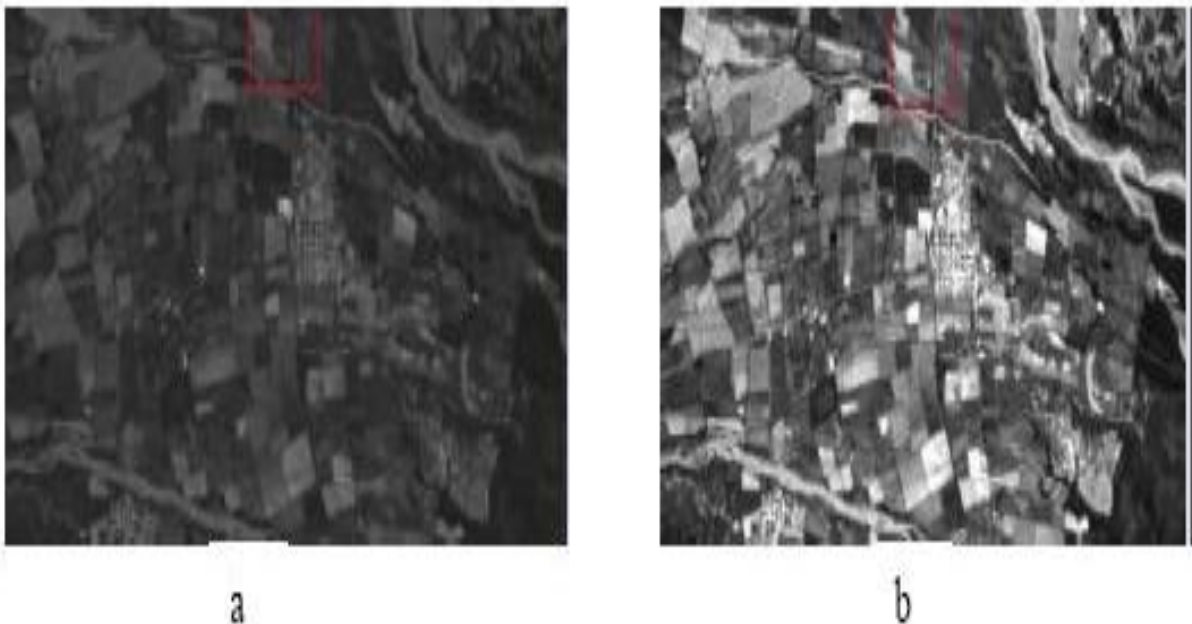


Figura 1. 19 Realce

## 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.



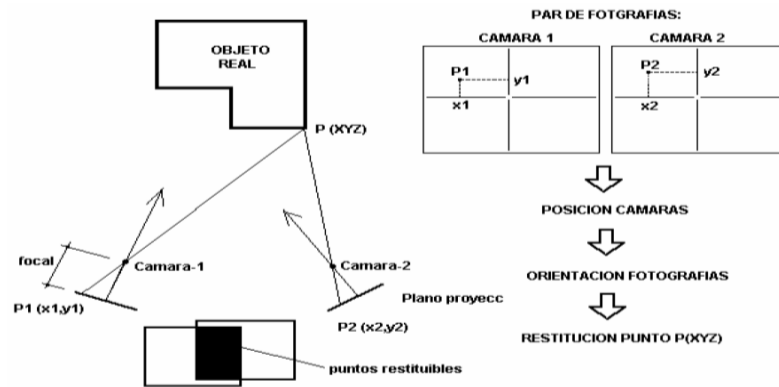


Figura 1. 21 Método intersección directa

## 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.



“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”



## CAPITULO 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.

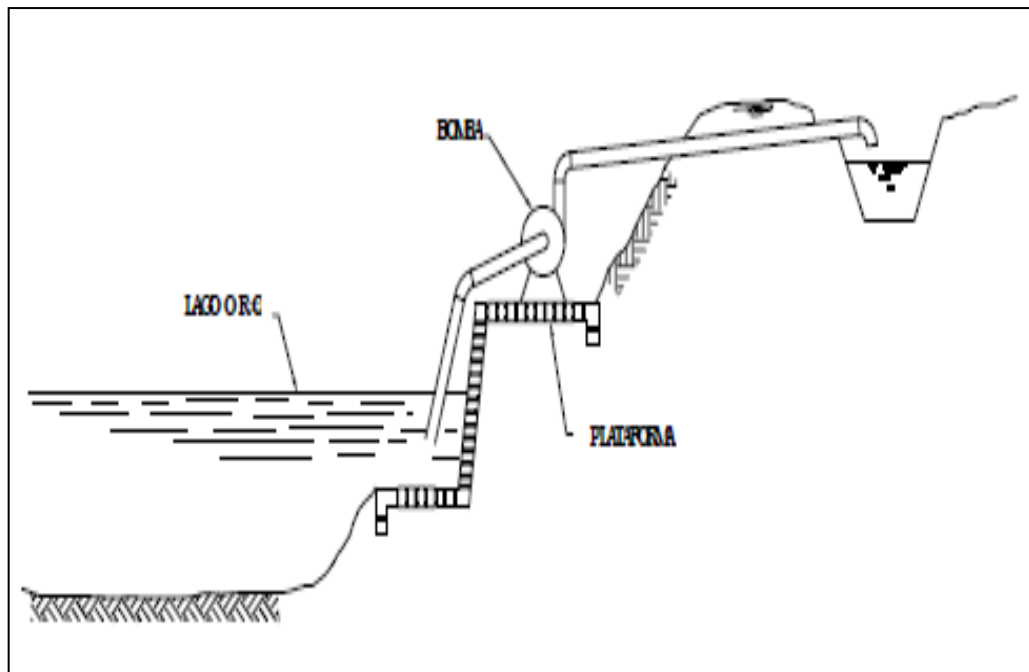


Figura 2. 1 Captación directa con bomba centrífuga horizontal

### 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.

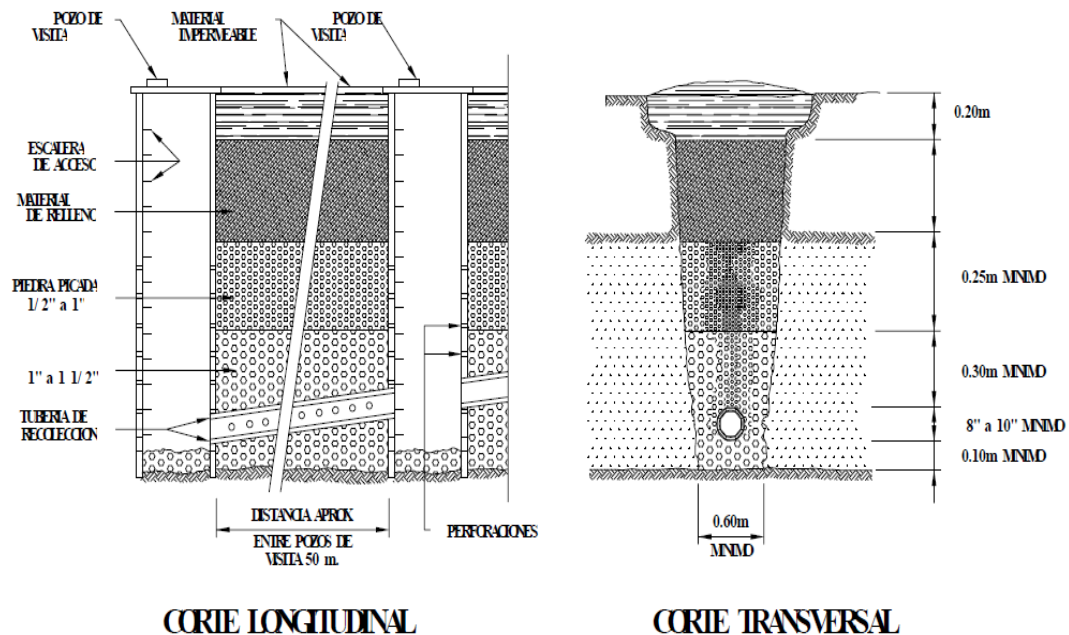


Figura 2. 2 Detalle de una galería de infiltración

### 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.

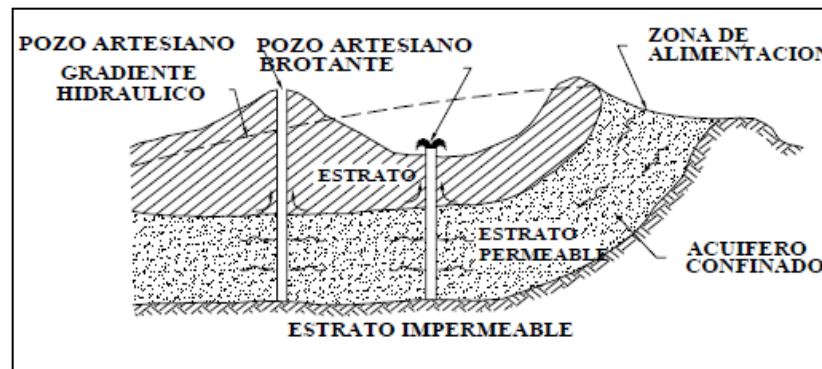


Figura 2. 3 Esquema de pozos artesianos

## 2.3 Línea de Conducción

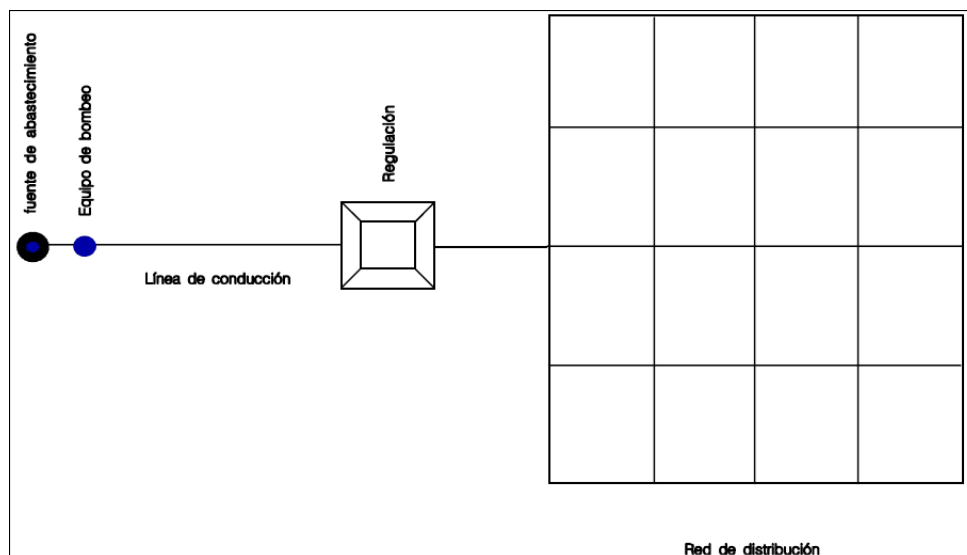
Dentro de un sistema de abastecimiento de agua potable se llama línea de conducción al conjunto integrado por tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control que permiten el transporte del agua desde una sola fuente de abastecimiento, hasta un solo sitio donde será distribuida en condiciones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

### 2.3.1 Clasificación de la Línea de Conducción

#### Tipo de entrega

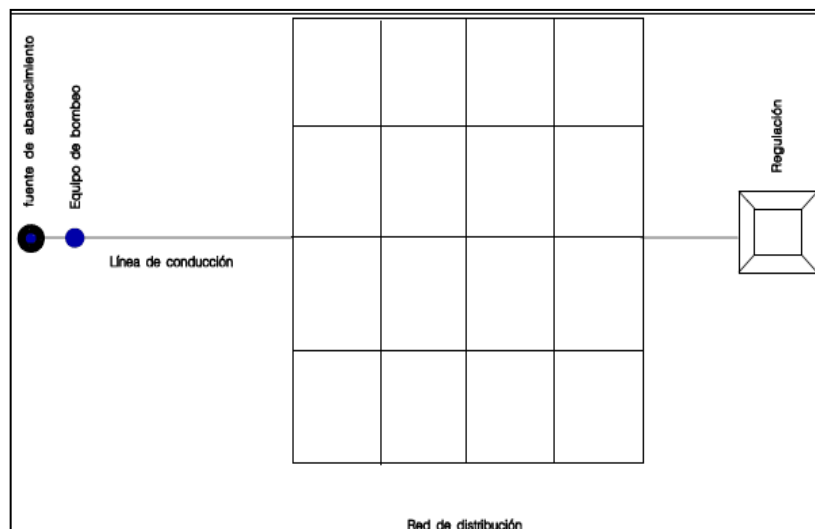
Las conducciones deberán entregar el agua a un tanque de regularización, como se indica en la figura 2.4 y así facilitar el procedimiento de diseño hidráulico de los sistemas de agua potable.





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

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

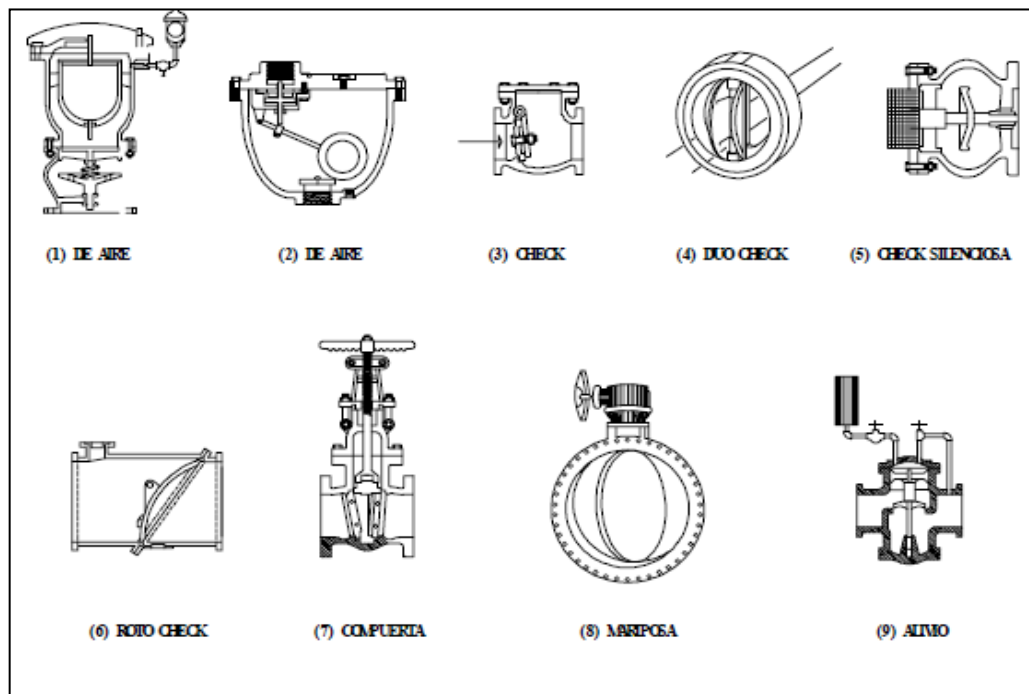


Figura 2. 6 Tipos de válvulas

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.

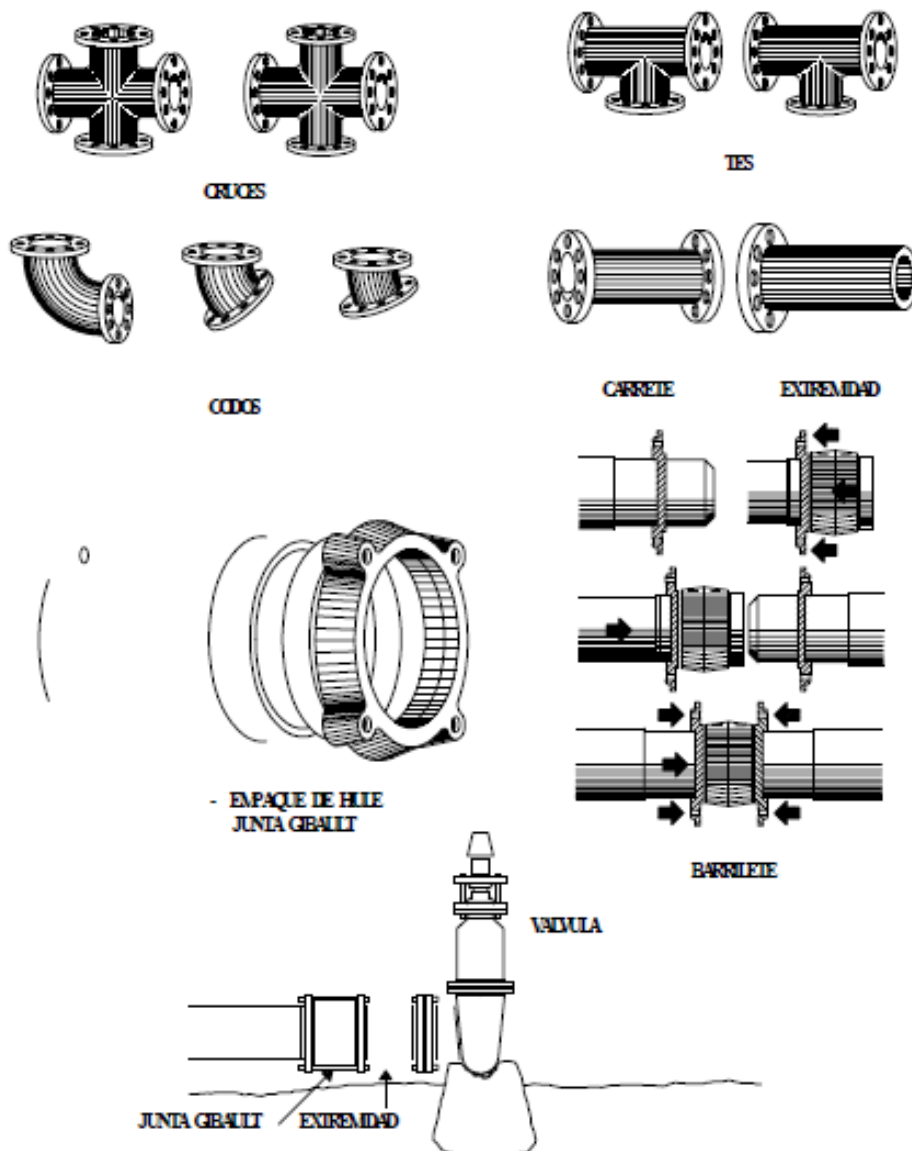


Figura 2. 7 Piezas especiales de Hierro fundido

## 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.

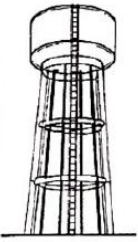
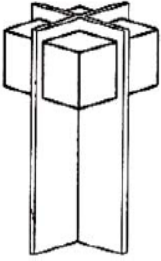
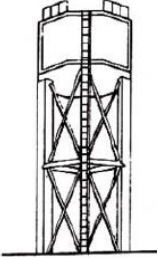
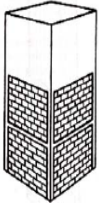
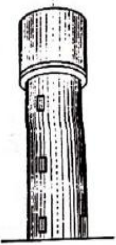



<p>Tanque elevado de concreto contraventeado</p> 	<p>Tanque elevado de concreto con muros de concreto</p> 	<p>Tanque elevado de concreto con traveses rigidizantes</p> 	<p>Tanque elevado de concreto con muros de mampostería</p> 
<p>Tanque elevado cilíndrico de concreto con subestructura cilíndrica</p> 	<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 doméstico, 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.

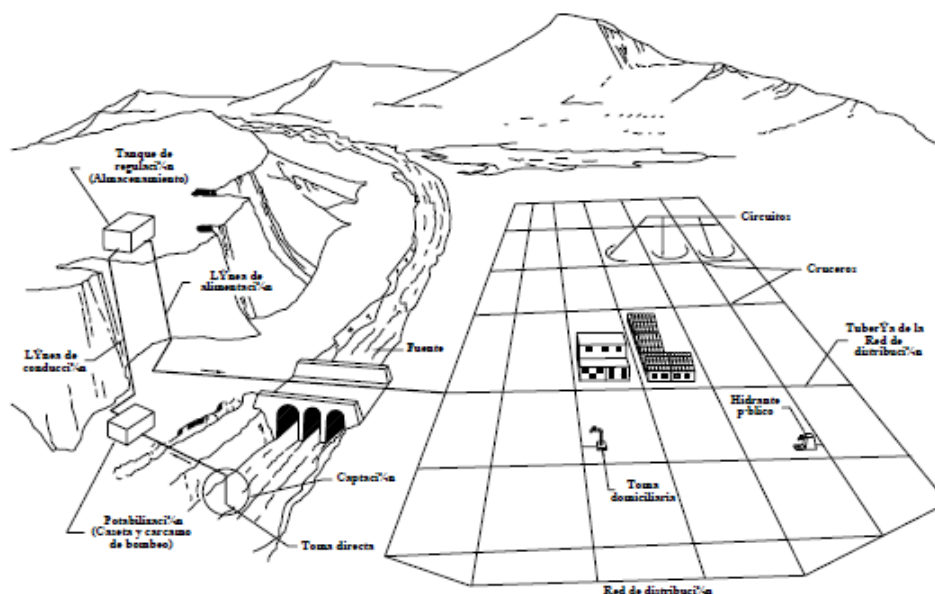


Figura 2. 9 Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable

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 Mexicana 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 bombeo 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 crucesos de la secundaria.

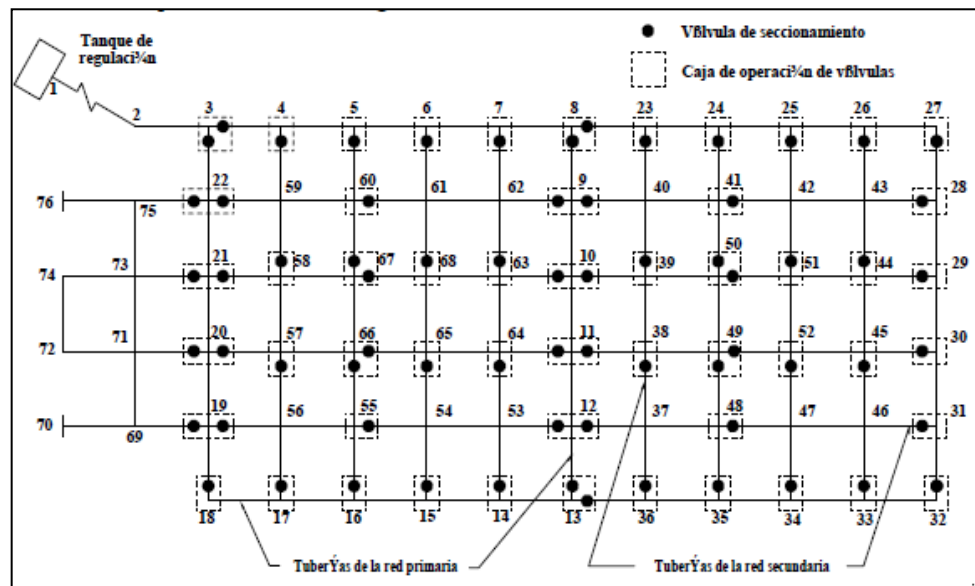


Figura 2. 10 Red secundaria convencional

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 cruceo de las tuberías primarias en los casos de líneas exteriores a ellos (funcionando como líneas abiertas).

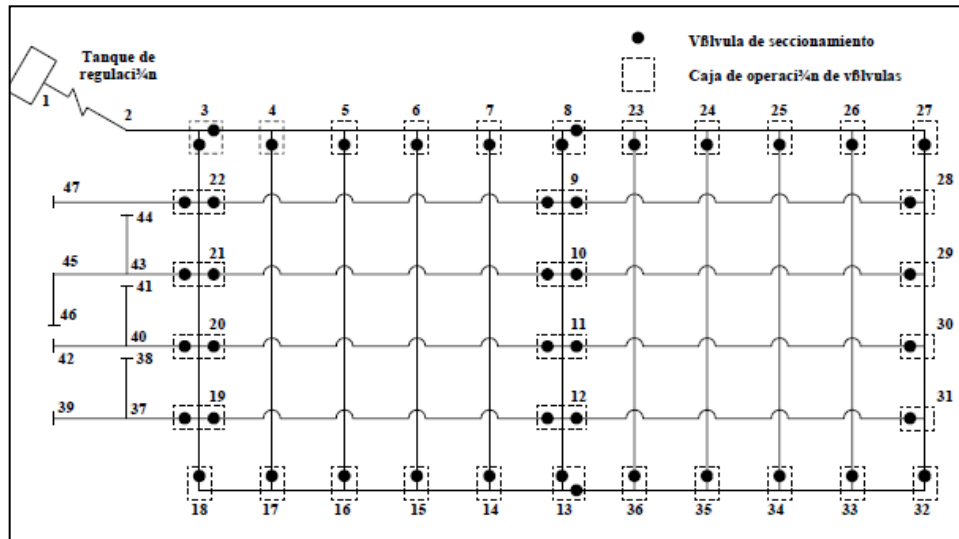


Figura 2. 11 Red secundaria en dos planos

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

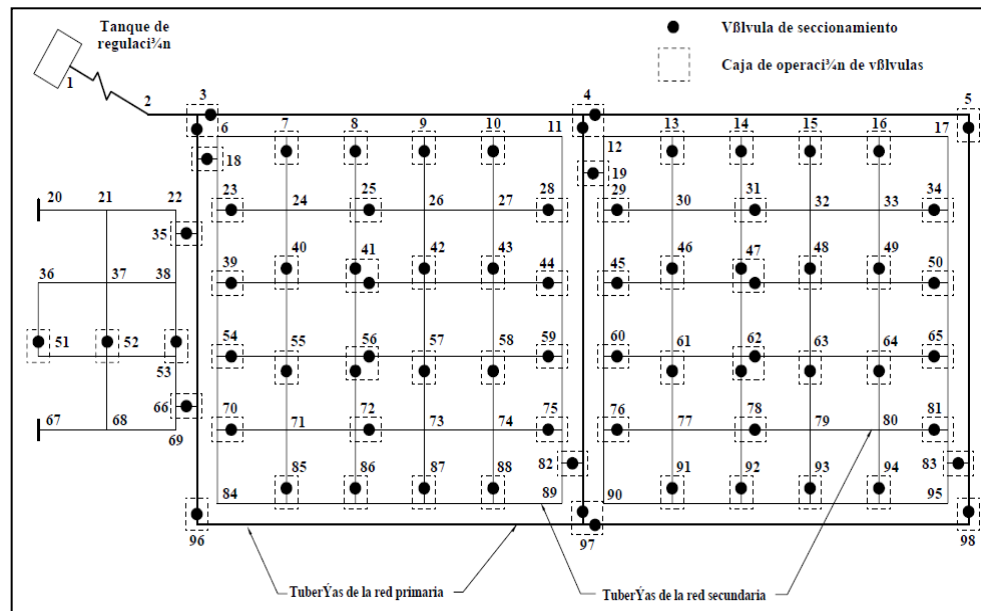


Figura 2. 12 Red secundaria convencional en bloques

### 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.

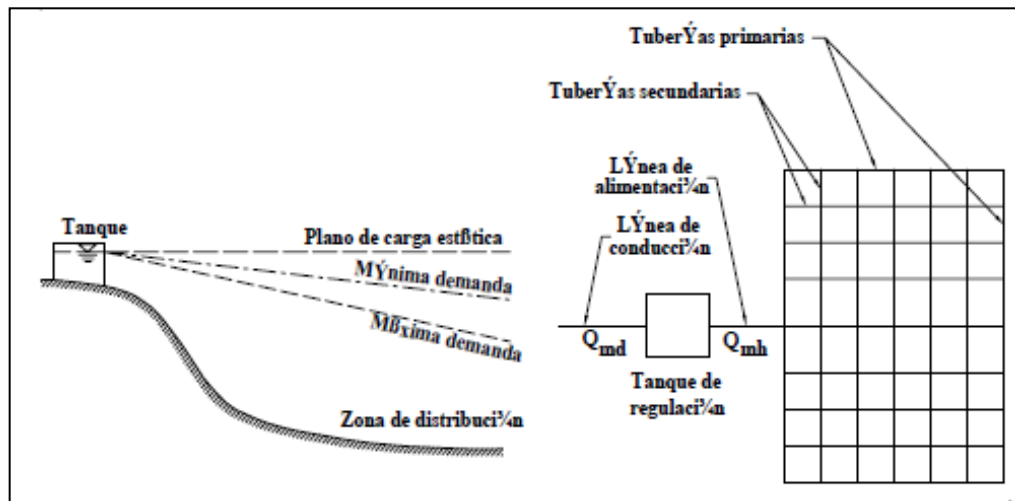


Figura 2. 13 Distribución por gravedad

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.



CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	Ausencia
E. coli	Ausencia

**Tabla 2.1 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.

Característica	LIMITE PERMISIBLE
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 2.2 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.

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0.20
Arsénico	0.01
Bario	0.70
Cadmio	0.005



Cianuros (como CN)	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.00
Cloruros (como Cl-)	250.00
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	500.00
Fenoles o compuestos fenólicos	0.001
<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE</b>
Fierro	0.30
Fluoruros (como F-)	1.50
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00
Nitritos (como N)	0.05
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrín y dieldrín separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.20
DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	1.00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
Metoxicloro	20.00



2,4-D	30.00
Plomo	0.01
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00
sulfatos (como SO <sub>4</sub> =)	400.00
Substancias activas al azul del metileno (SAAM)	0.50
<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE</b>
Trihalometanos totales	0.20
Zinc	5.00

Tabla 2.3 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>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE</b>
Radiactividad alfa global	0.1
Radiactividad beta global	1.00

Tabla 2.4 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.



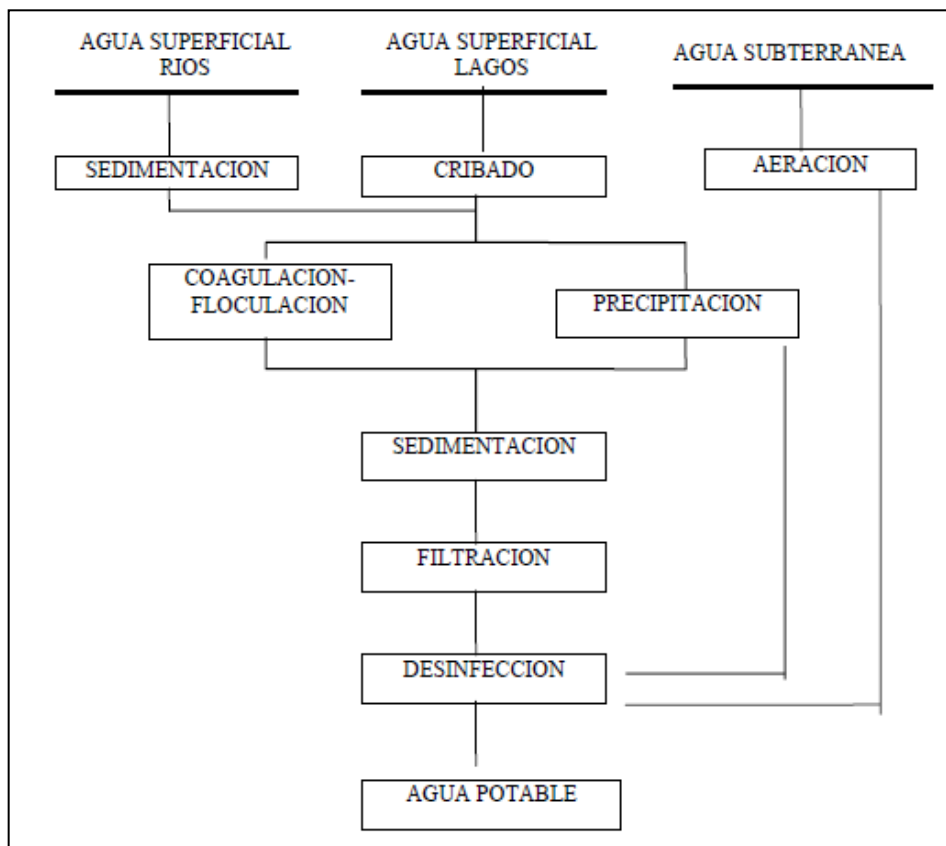


Figura 2. 14 Diagrama de flujo de una planta de tratamiento convencional para agua potable

## 2.7.2 Tratamientos para la Potabilización del Agua

Para muchos contaminantes, pueden ser adecuados, en teoría, varios procesos diferentes, y la elección de uno u otro debe realizarse en función de complejidad técnica y el costo. A continuación se describen algunos de los tipos de tratamiento del Agua.

### 2.7.2.1 Cloración

La cloración puede realizarse mediante gas cloro licuado, solución de hipoclorito sódico o gránulos de hipoclorito cálcico, y mediante generadores de cloro in situ. El gas cloro licuado se suministra comprimido en recipientes a presión. Un clorador extrae el gas del cilindro y lo añade al agua de forma dosificada mediante una bomba dosificadora eléctrica de desplazamiento positivo o mediante un sistema de suministro por gravedad. El hipoclorito cálcico debe disolverse en una porción de agua y luego mezclarse con el caudal principal. El cloro ya sea en forma de gas cloro de un cilindro, de hipoclorito sódico o de hipoclorito cálcico, se disuelve en el agua y forma hipoclorito y ácido hipocloroso.

La finalidad principal de la cloración es la desinfección microbiana. Un inconveniente del cloro es su capacidad de reaccionar con materia orgánica natural. No obstante, la formación de subproductos puede controlarse optimizando el sistema de tratamiento.



### 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 flóculo 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 flóculo 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 «descalcificación». 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.

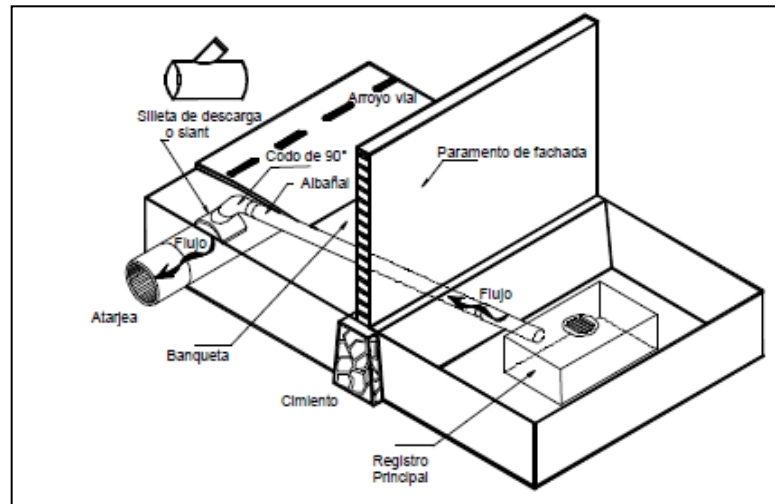
Los colectores son las tuberías que reciben las aguas negras de las atarjeas, pueden terminar en un interceptor, un emisor o en la planta de tratamiento.

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), platico-policlorito 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.

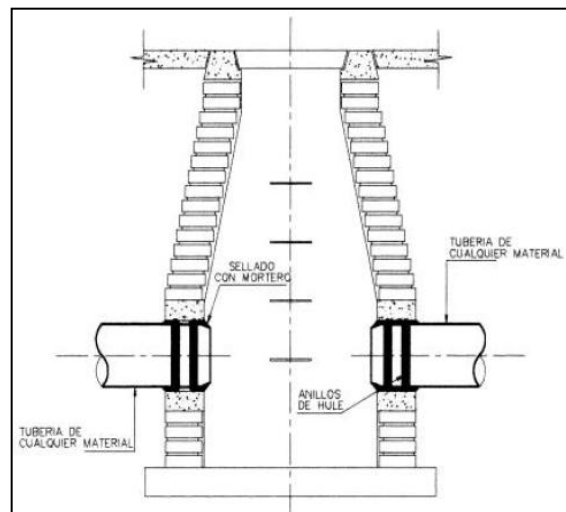


**Figura 2. 15 Descarga domiciliaria con tubería de PVC**

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.

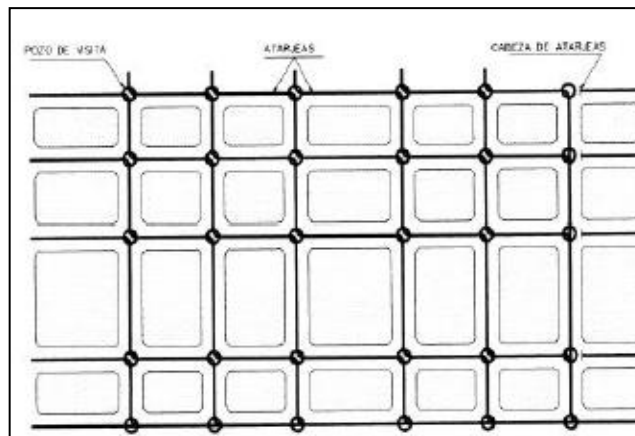


Figura 2. 17 Trazo de la red de atarjeas en bayoneta

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.



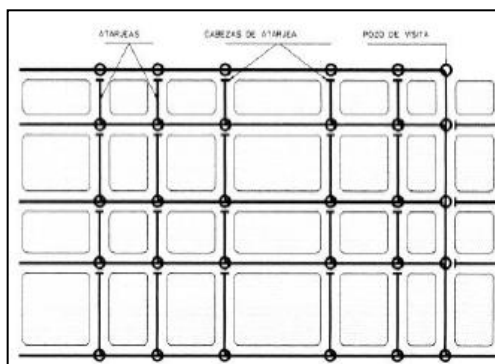


Figura 2. 18 Trazo de la red de atarjeas en peine

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

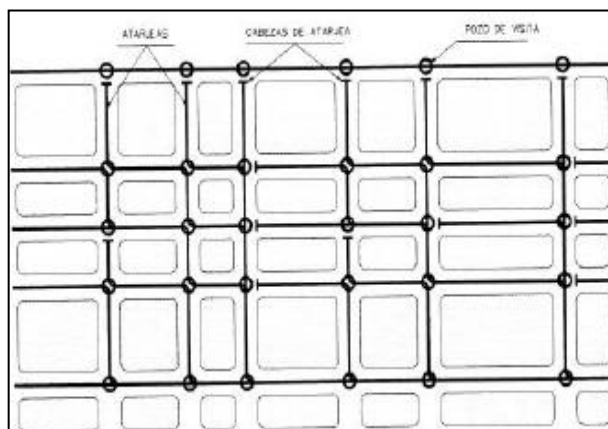


Figura 2. 19 Trazo de la red de atarjeas combinado

## 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 otra, 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
	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te
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	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 2.5 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 2.6 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
SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	≤ 1	15	20	20
SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL	1,000	≤ 5	15	30	30

Tabla 2.7 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

### Desarenación

La desarenación 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 desarenación 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.

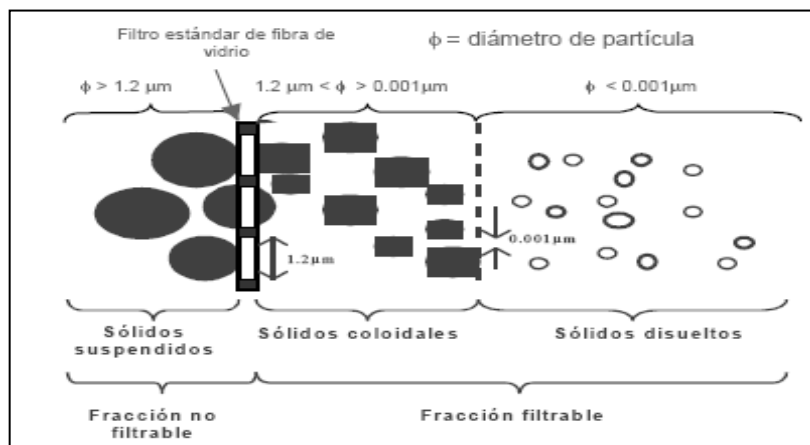


Figura 2. 21 Dimensiones de los sólidos suspendidos, coloidales y disueltos

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).

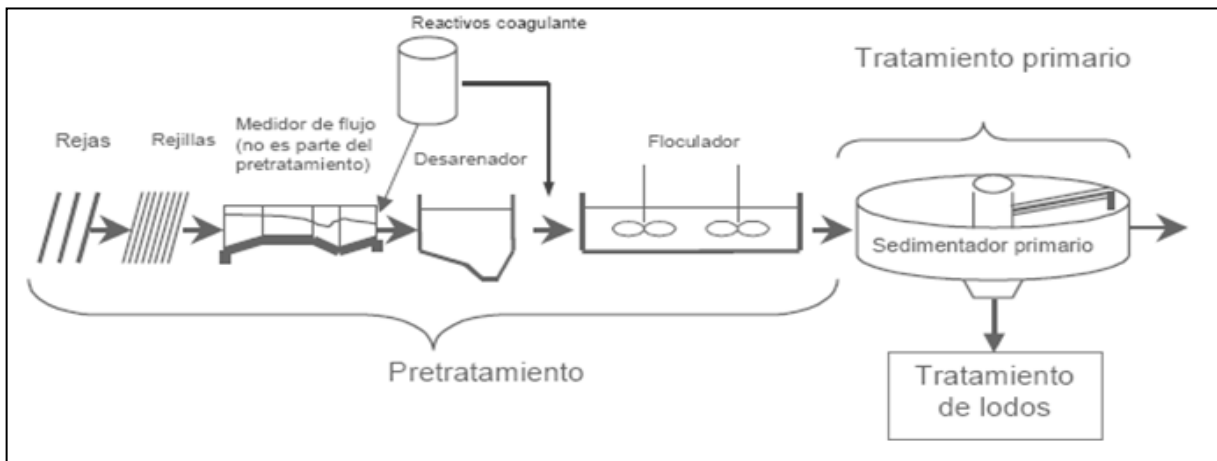


Figura 2. 22 Planta típica de Tratamiento de aguas residuales Tipo Primario

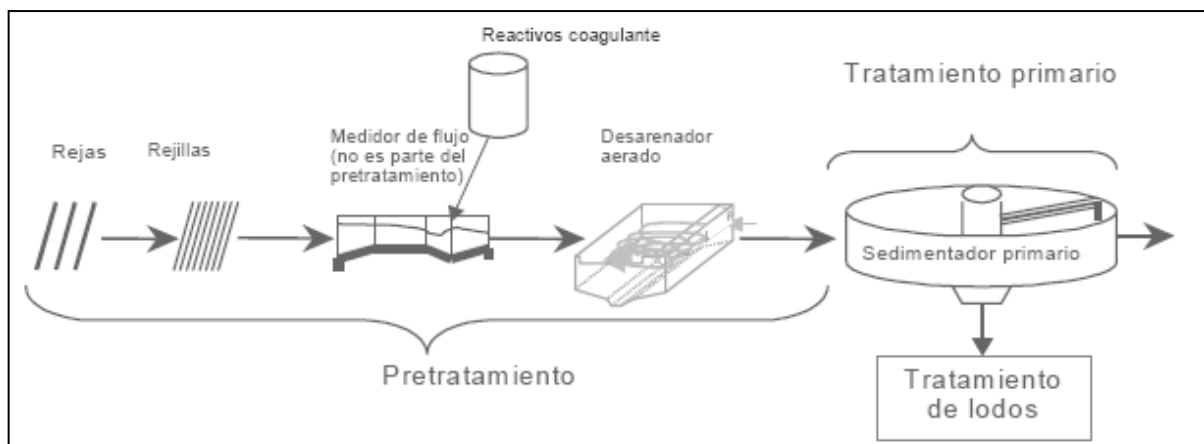


Figura 2. 23 Planta de tratamiento del tipo primario avanzado o fisicoquímico





Figura 2. 24 Tren Industrial de Tratamiento Primario

### Sedimentación primaria tanques circulares

La sedimentación es una operación que se emplea para remover las partículas en suspensión más pesadas que el agua. Esta operación es la más ampliamente usada en el tratamiento de aguas residuales. En la ingeniería sanitaria se distinguen cuatro categorías de sedimentación:

1. Sedimentación Discreta; tal como ocurre en un tanque desarenador. Las partículas se sedimentan independientes unas de otras, conservando su identidad durante el proceso de sedimentación. La eficiencia del proceso está en función de la carga hidráulica por unidad de superficie (CHS).
2. Sedimentación Floculante ocurre en los tanques de sedimentación primaria y se caracteriza porque durante su descenso las partículas se adhieren entre sí, modificando su tamaño, forma y densidad. La eficiencia del proceso es función de la CHS y del tiempo de retención (t) que, para una cierta CHS, es función lineal de la profundidad del tanque.
3. Sedimentación por Zonas; ocurre en la sedimentación de lodos biológicos. Se caracteriza porque los sólidos se adhieren entre sí en las capas superficiales del tanque y descienden en forma de manto, formando una clara interfase agua-lodos. La eficiencia del proceso es función de la CHS, el t y la carga de sólidos por unidad de superficie (CSS).
4. Compresión; en este caso la carga de sólidos es tan grande que las partículas descansan unas encima de las otras y la sedimentación depende de la compresión de las capas inferiores. Este proceso tiene lugar en los tanques de espesamiento de lodos.

### Sedimentación primaria tanques rectangulares

En los tanques rectangulares el influente es distribuido a la entrada de la unidad por medio de baffles verticales o vertedores sumergidos; el objetivo de estas estructuras es lograr una mejor distribución del influente a lo ancho de la unidad. El efluente se recolecta por medio 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 (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub><sup>=</sup>) y agua (H<sub>2</sub>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.

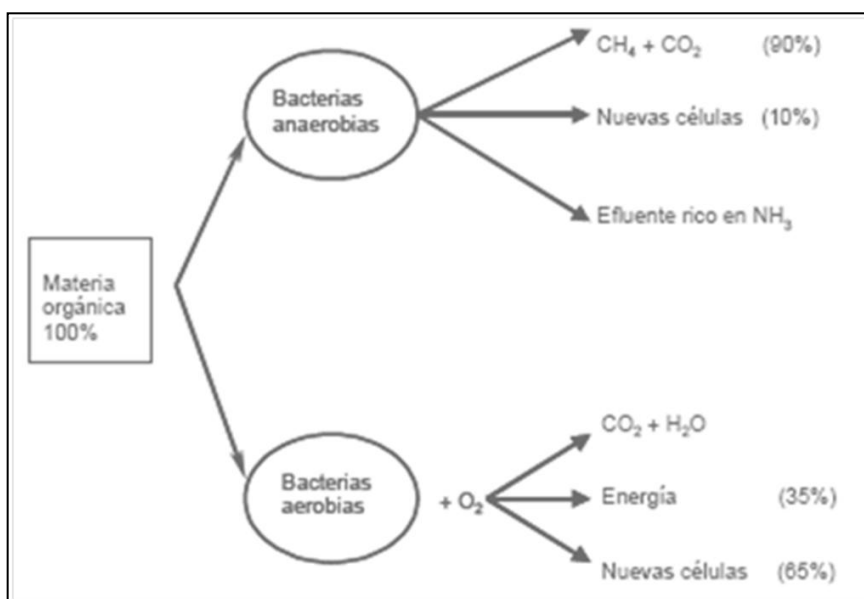


Figura 2. 25 Productos finales de la digestión anaerobia y aerobia

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 (CO<sub>2</sub>) y nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>). 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.

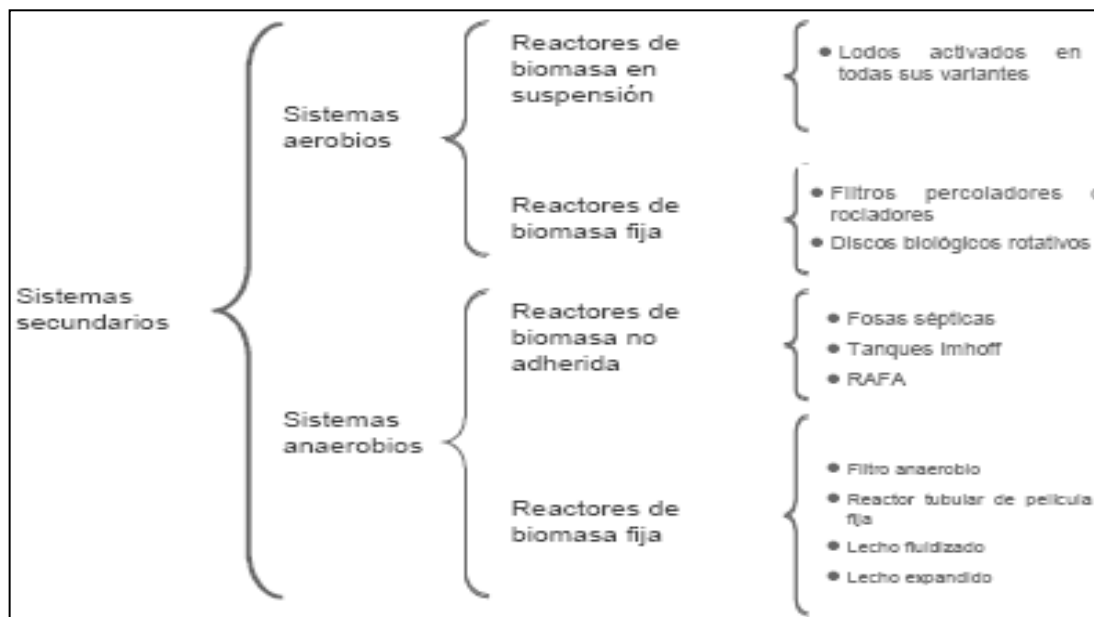


Figura 2. 26 Clasificación de los reactores

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.

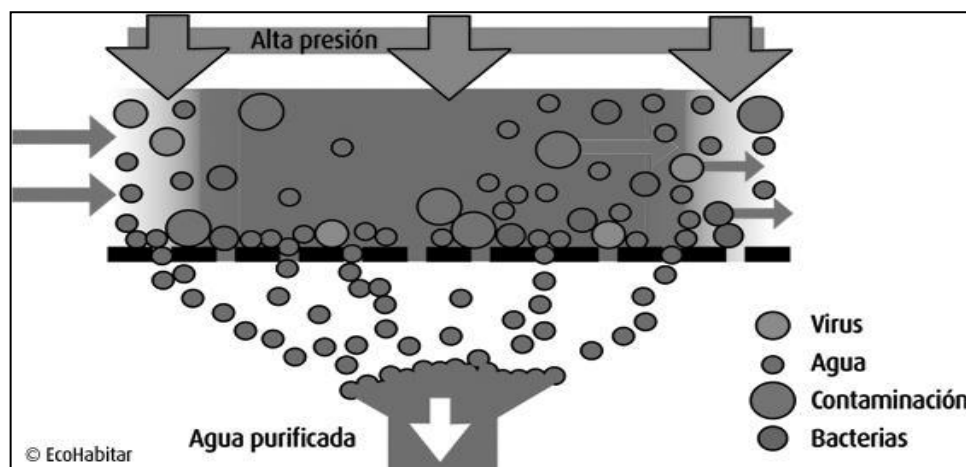


Figura 2. 27 Proceso de Osmosis Inversa

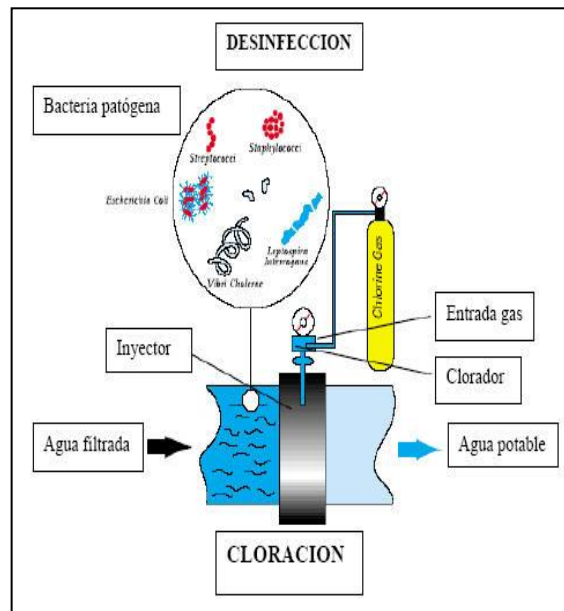


Figura 2. 28 Proceso de Cloración.

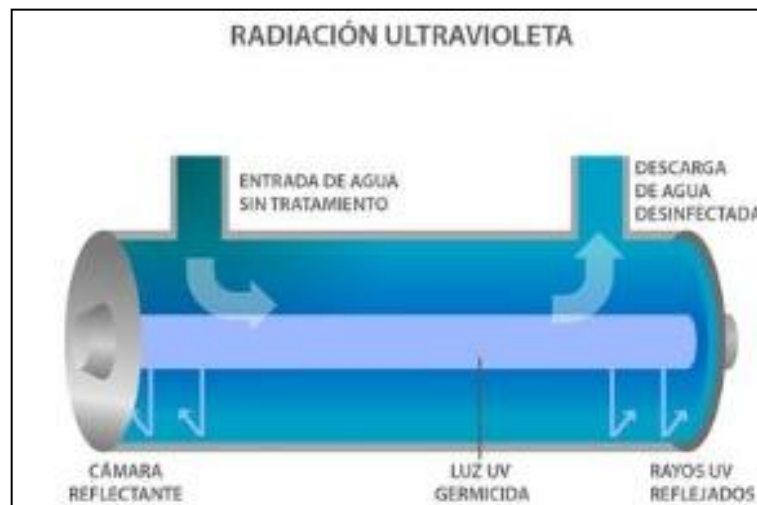


Figura 2. 29 Proceso de Radiación Ultravioleta

## 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<sub>3</sub>) 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 asegurar 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 digestor. 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 República 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 recursos humanos. No es dueño del agua ni de la infraestructura, y está 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



“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”



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.



“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”



## CAPITULO 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.

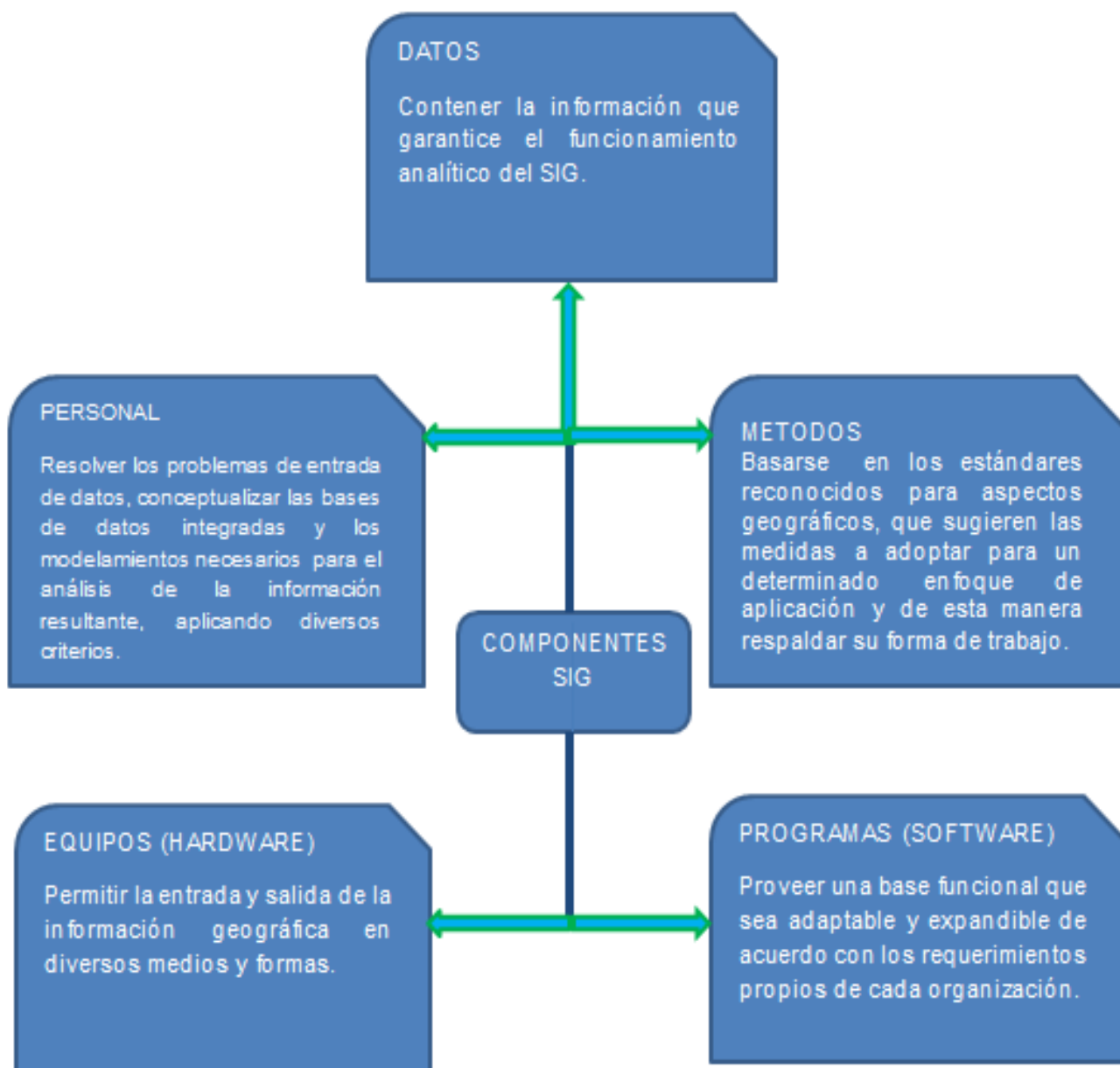
### **3.1.2.4 Personal**

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



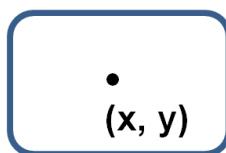
### 3.1.4 Representación de la información de un SIG

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

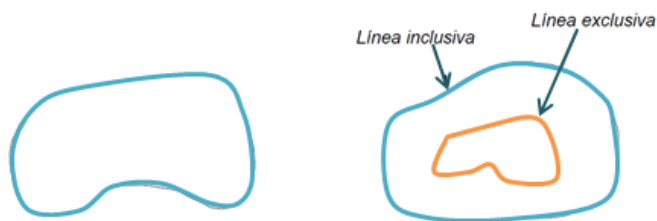
Es la representación geométrica constituida por una serie de dos o más pares distintos de coordenadas (vértices) ligados secuencialmente. Una línea se usa para describir total o parcialmente la geometría de un rasgo geográfico, considerado como línea para propósito de la base de datos geográfica (BDG). 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 barredores, 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 ráster**

#### 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.

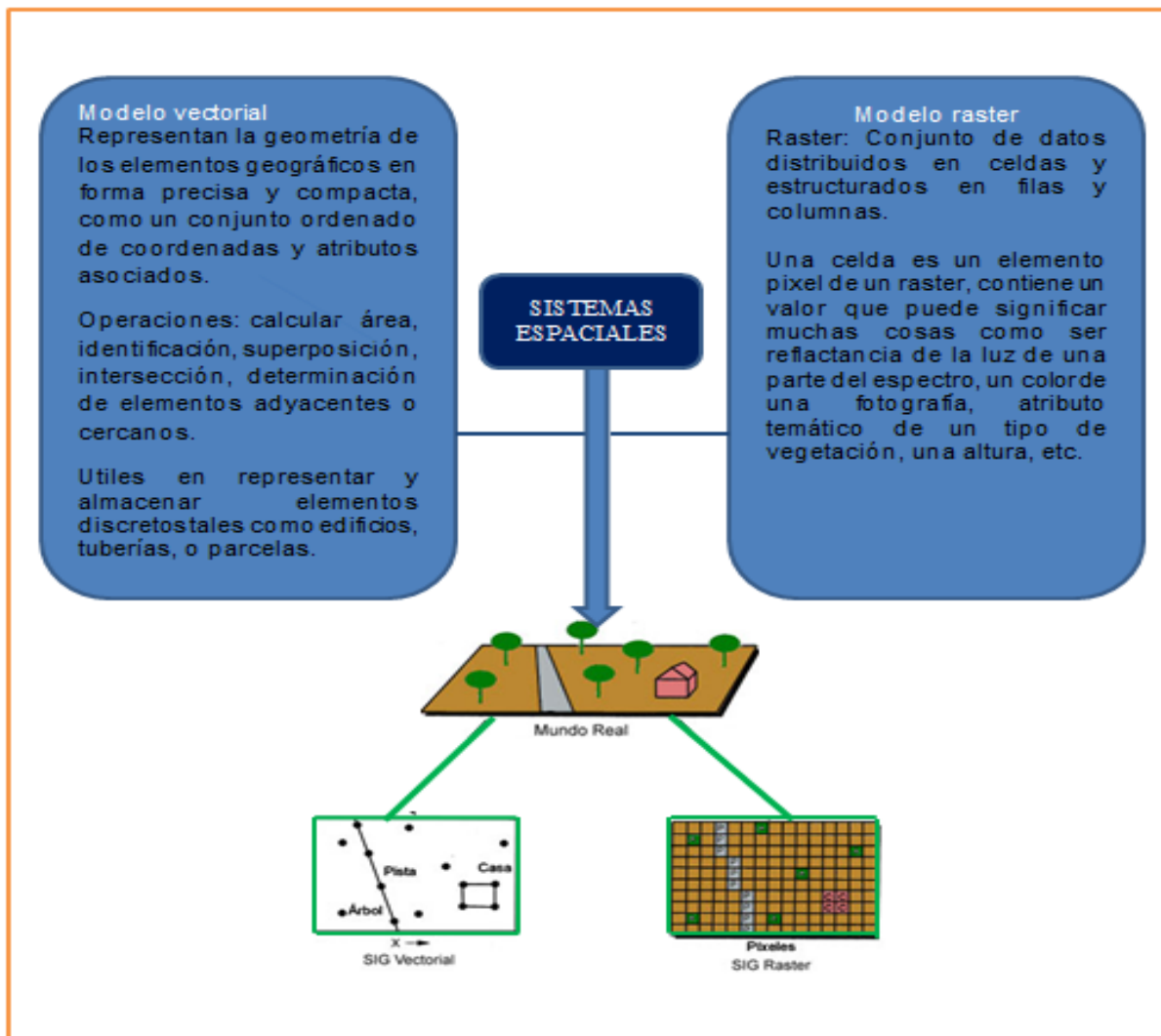
#### **3.3.1 Formatos ráster y vectorial**

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).

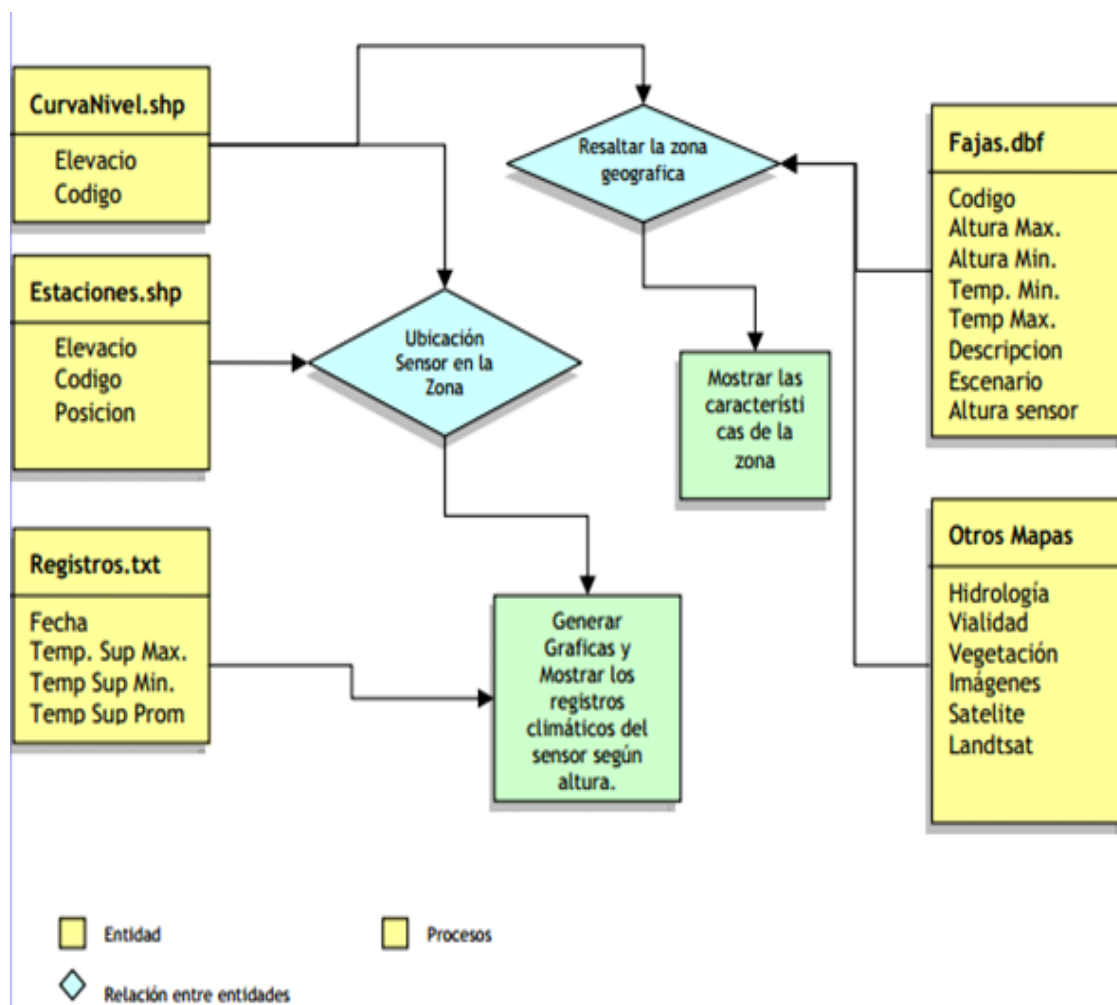
Servicio WCS: Utilizando el Web Coverage Service (WCS) podemos acceder a capas ráster en distintos formatos SIG (no sólo como simples imágenes). Mapas producto de un procesamiento de datos geográficos. El SIG en el servidor procesa o transforma los datos almacenados como respuesta a la petición del usuario. 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



“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”



## CAPITULO IV

#### 4. 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.

##### 4.1 Levantamiento de coordenadas del sitio.

Una vez que se seleccionó la zona de estudio, se procede al levantamiento de las coordenadas del sitio. Para este fin, se decidió utilizar el método de levantamiento topográfico indirecto mediante el uso de fotografías satelitales, debido a que se contaba ya con el trazo de manzanas, calles y de ambos sistemas de aguas en formato .dwg. El levantamiento de las coordenadas del fraccionamiento “Ciudad Hábitat” se logró con el apoyo de Google Earth de la siguiente manera:

1.- Se ubicó en el software a la ciudad de Iguala de la Independencia, Guerrero y una vez localizada, se busca la posición del fraccionamiento dentro de la ciudad para tomar de esa imagen algunos puntos (en este caso 5 puntos) que permitan georreferenciar el trazo del mismo.

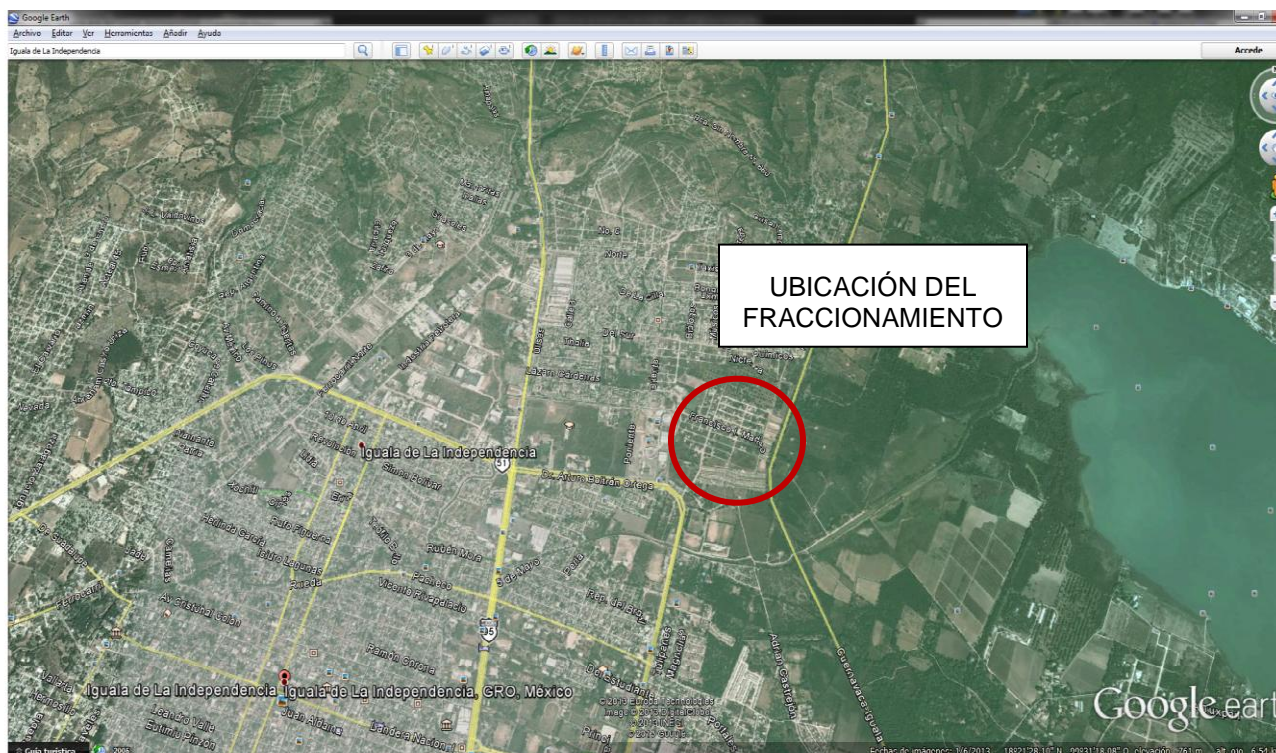


Figura 4.1 Ubicacion del fraccionamiento “Ciudad Hábitat”

2.- Se determinan las coordenadas UTM de cada uno de los puntos.

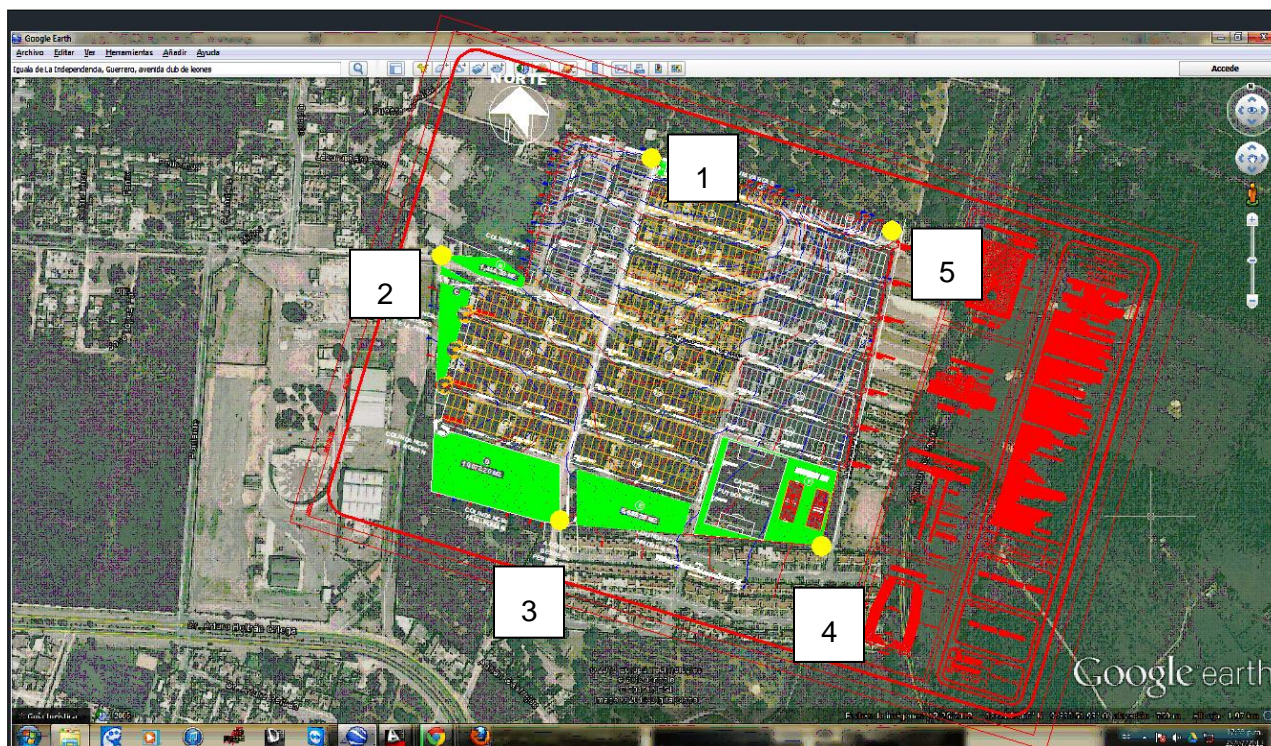


Figura 4. 2 Localización de puntos para proyección de coordenadas UTM

Punto 1:	<b>X= 445352.55;</b>	<b>Y=2029478.42</b>
Punto 2:	<b>X= 445095.85;</b>	<b>Y=2029414.56</b>
Punto 3:	<b>X= 445152.40;</b>	<b>Y=2029097.10</b>
Punto 4:	<b>X= 445468.15;</b>	<b>Y=2029003.64</b>
Punto 5:	<b>X= 445617.12;</b>	<b>Y=2029338.69</b>

3.- Una vez obtenidas estas coordenadas se traslapa el plano sobre la imagen importada de Google Earth en AutoCAD y se hace que coincidan los puntos de la fotografía satelital con los mismos puntos en el plano. Logrado esto, cualquier punto del mapa esta referenciado en una proyección de coordenadas UTM.

## 4.2 Información básica de los sistemas de agua potable y de alcantarillado del fraccionamiento “Ciudad Hábitat”.

### 4.2.1 Breve descripción del sistema de agua potable.

Para el abastecimiento de “Ciudad Hábitat” el agua se bombea desde una planta potabilizadora hasta una estación de bombeo la cual conduce el agua hacia distintas colonias de la ciudad de Iguala entre las cuales se encuentra el fraccionamiento, dicho bombeo se lleva a cabo los días miércoles y sábados. El agua que llega a la planta potabilizadora (también a través de bombeo), proviene de la presa “Valerio Trujano” localizada a aproximadamente 11 kilómetros de Iguala, en el municipio de Tepecoacuilco, Guerrero.

El sistema de agua potable cuenta con tuberías de PVC de alta resistencia con diámetros de 4”, 3” y 2 ½” y los datos de proyecto siguientes:

- Dotación = 150 Lts/Ha/Día, Gasto total diario (Lts.) = 484,760 Lts/Día y
- Gasto total diario (Lps.) = 5.6 Lts/Seg.

Consta de 38 cruceros dentro de los cuales encontramos los siguientes elementos (todos de PVC):

- 15 tees.
- 10 cruces.
- 15 válvulas.
- 4 codos de 90°.

#### 4.2.2 Breve descripción del sistema de alcantarillado.

El sistema de drenaje y alcantarillado funciona por gravedad, es un trazo perpendicular con interceptores, tuberías de cemento con diámetros de 15” para la red principal, 10” para la red secundaria y 5” para domiciliaria.

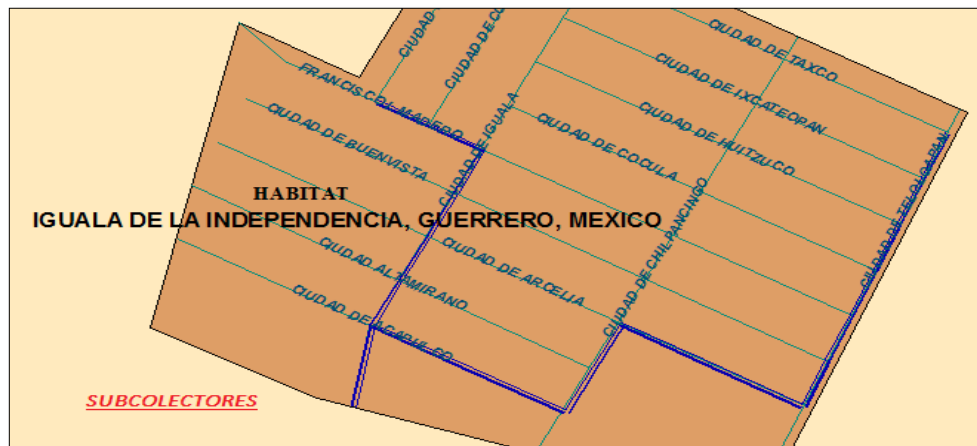


Figura 4.3 Ubicación de subcolectores de la red de alcantarillado

Cuenta con 60 pozos de visita elaborados de tabicón de concreto y sus paredes de un espesor de 0.28 mts, con un diámetro interior de 1.20 mts, forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en su parte superior.

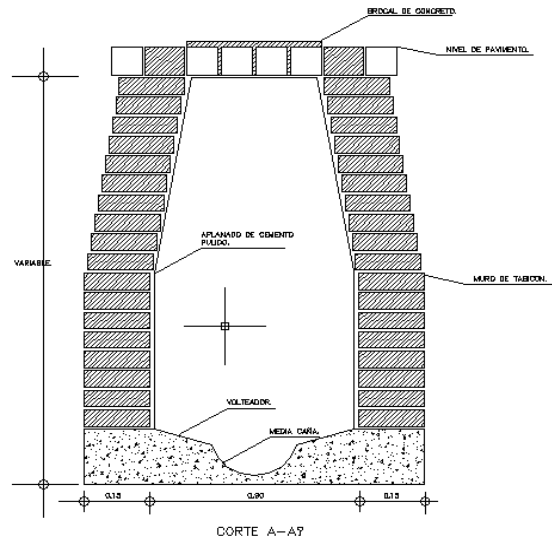


Figura 4. 4 Esquema de pozo de visita tipo en la red de alcantarillado

### 4.3 Creación del Sistema de Información Geográfica

El SIG del fraccionamiento “Ciudad Hábitat” se diseñó considerando lo siguiente:

1. El SIG suministra información geográfica sobre los sistemas de agua potable y alcantarillado del fraccionamiento, ubicando elementos de interés tales como tuberías, piezas especiales, cruceros, pozos de vista, trazo de manzanas y calles, entre otros, con el fin de apoyar en las labores de mantenimiento y operación del organismo operador responsable de prestar dicho servicio.
2. Ofrece información de tipo alfanumérica asociada a los elementos de interés, de acuerdo al tipo de consulta que se necesite para prestar el servicio.

Es importante mencionar que este SIG despliega dos tipos de información: información espacial e información alfanumérica.

La información espacial se representa sobre un mapa correspondiente a la zona de estudio. Dentro de esta información se encuentran elementos de tipo shape que van desde el perímetro de la ciudad, la delimitación del fraccionamiento, las manzanas, lotes, tuberías, piezas, etc.

La información alfanumérica son aquellos datos que van asociados a cada uno de los shapes y que se localizan en las tablas de atributos de cada shape.

Es así que este SIG ofrece al organismo operador dos tipos de consulta: visualización directa y búsqueda o consulta alfanumérica en base de datos. En la primera, el usuario podrá conocer las características generales del mapa encendiendo o apagando las diversas capas. Mientras que en la segunda, el usuario podrá realizar búsquedas en la base de datos asociada a cada capa, ya sea por los atributos del elemento o por su localización.





### 4.3.1 Limitaciones del SIG

Es muy importante aclarar que el sistema presenta las siguientes limitaciones:

- El fraccionamiento actualmente se encuentra en proceso de construcción por lo que existe información que no está contenida en el SIG, específicamente las fotografías de muchos de los elementos de la red de agua potable y de la red de alcantarillado.
- El SIG está planteado para que sea operado por personal con conocimientos técnicos en el mantenimiento y operación de un catastro hidráulico.
- El SIG no está diseñado para el público con limitaciones visuales, debido a que la información se presenta a través de imágenes, tablas, cifras y colores.

### 4.3.2 Diccionario de datos.

El mapa que presenta el SIG contiene características y formas que representan objetos de la realidad. Estos objetos se representan con tres tipos básicos de formas: puntos, líneas y polígonos.

El diseño e implementación del SIG se realizó con el apoyo del software ArcMap versión 10, esta soportado sobre formato shape y las capas quedaron definidas como se observa en el siguiente diccionario de datos.

#### *DICCIONARIO DE DATOS*

Diccionario de datos desarrollado para el Sistema de Información Geográfica de la red de agua potable y alcantarillado del Fraccionamiento “Ciudad Hábitat”, ubicado en la ciudad de Iguala de la Independencia, Guerrero, México.

#### ***Elementos del sistema***

<b>ELEMENTO</b>	<b>SHAPE</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>Iguala</b>	<i>Polígono</i>	Almacena información de la delimitación territorial de la ciudad de Iguala.
<b>Fraccionamiento</b>	<i>Polígono</i>	Almacena información del fraccionamiento “Hábitat”.
<b>Manzanas</b>	<i>Polígono</i>	Almacena información sobre las manzanas que constituyen el fraccionamiento “Hábitat”.
<b>Áreas comunes</b>	<i>Polígono</i>	Almacena información sobre las áreas de uso común dentro del fraccionamiento “Hábitat”.
<b>Lotes</b>	<i>Polígono</i>	Almacena información sobre todos los lotes del fraccionamiento “Hábitat”.
<b>Eje de calle</b>	<i>Línea</i>	Almacena información de las calles del fraccionamiento “Hábitat”.
<b>Atarjea 10 pulg</b>	<i>Línea</i>	Almacena información de la atarjea de 10 pulgadas de la red de alcantarillado del fraccionamiento “Hábitat”.



<b>Subcolector 15 pulg</b>	<i>Línea</i>	Almacena información del subcolector de 15 pulgadas de la red de alcantarillado del fraccionamiento “Hábitat”.
<b>Tubería agua potable 2 1/2 pulg</b>	<i>Línea</i>	Almacena información de la tubería de 2 y media pulgadas de la red de agua potable del fraccionamiento “Hábitat”.
<b>Tubería agua potable 3 pulg</b>	<i>Línea</i>	Almacena información de la tubería de 3 pulgadas de la red de agua potable del fraccionamiento “Hábitat”.
<b>Tubería agua potable 4 pulg</b>	<i>Línea</i>	Almacena información de la tubería de 4 pulgadas de la red de agua potable del fraccionamiento “Hábitat”.
<b>Curvas de nivel</b>	<i>Línea</i>	Almacena información de las curvas de nivel del terreno donde se ubica el fraccionamiento “Hábitat”.
<b>Tapones</b>	<i>Punto</i>	Almacena información de los tapones hidráulicos en la red de agua potable del fraccionamiento.
<b>Tees</b>	<i>Punto</i>	Almacena información de las tees en la red de agua potable del fraccionamiento.
<b>Cruces</b>	<i>Punto</i>	Almacena información de las cruces en la red de agua potable del fraccionamiento.
<b>Codos</b>	<i>Punto</i>	Almacena información de los codos en la red de agua potable del fraccionamiento.
<b>Válvulas</b>	<i>Punto</i>	Almacena información de las válvulas en la red de agua potable del fraccionamiento.
<b>Reducciones</b>	<i>Punto</i>	Almacena información de las reducciones en la red de agua potable del fraccionamiento.
<b>Cruceros</b>	<i>Punto</i>	Almacena información de los cruceros de la red de agua potable.
<b>Registro Hidráulico</b>	<i>Punto</i>	Almacena información de los registros hidráulicos de la red de agua potable.
<b>Pozos de visita</b>	<i>Punto</i>	Almacena información de los pozos de visita en la red de alcantarillado del fraccionamiento.
<b>Estación de rebombeo</b>	<i>Punto</i>	Almacena información de la estación de rebombeo de la red de agua del fraccionamiento.
<b>Planta Potabilizadora</b>	<i>Punto</i>	Almacena información de la Planta Potabilizadora que abastece de agua a la ciudad de Iguala.

Tabla 4. 1 Tabla de shapefiles en el SIG, con los nombres de cada elemento y su descripción

La estructura de la base de datos de los anteriores shapes es la siguiente:

- Iguala

ATRIBUTO	DESCRIPCION
<b>NOMBRE</b>	Almacena el nombre de la ciudad. Formato tipo Text.
<b>SUPERFICIE</b>	Almacena la superficie de la ciudad en metros cuadrados. Formato tipo Double.

Tabla 4. 2 Atributos de la capa “Iguala”

- Fraccionamiento



ATRIBUTO	DESCRIPCION
<b>NOMBRE</b>	Almacena el nombre del fraccionamiento. Formato tipo Text.
<b>NUM_LOTES</b>	Almacena el número de lotes del fraccionamiento. Formato tipo Double.
<b>DENSIDAD_POB</b>	Almacena la densidad de población de proyecto del fraccionamiento en Habitantes/Lote. Formato tipo Double
<b>HABITANTES</b>	Almacena el número de habitantes de proyecto del fraccionamiento. Formato tipo Double.
<b>DOTACION</b>	Almacena la dotación para cada habitante del fraccionamiento por día. Unidad litros/habitante/día. Formato tipo Double.
<b>GASTO_DIAR</b>	Almacena el gasto total diario de agua potable para el fraccionamiento en litros por segundo. Formato tipo Double.
<b>DIAS_BOMBEO</b>	Almacena los días que se abastece de agua por bombeo al fraccionamiento. Formato tipo Text.
<b>SUPERFICIE</b>	Almacena la superficie del fraccionamiento en metros cuadrados. Formato tipo Double.

Tabla 4. 3 Atributos de la capa “Fraccionamiento”

- Manzanas

ATRIBUTO	DESCRIPCION
<b>MANZANA</b>	Almacena el número de manzana. Formato tipo Text.
<b>SUPERFICIE</b>	Almacena la superficie de cada manzana en metros cuadrados. Formato tipo Double.

Tabla 4. 4 Atributos de la capa “Manzana”

- Áreas comunes

ATRIBUTO	DESCRIPCION
<b>TIPO</b>	Almacena el tipo de área común (área verde o canchas). Formato tipo Text.
<b>SUPERFICIE</b>	Almacena la superficie de cada área común en metros cuadrados. Formato tipo Double.

Tabla 4. 5 Atributos de la capa “Áreas comunes”

- Lotes

ATRIBUTO	DESCRIPCION
<b>NOMBRE</b>	Almacena el número de lote y manzana donde se ubica. Formato tipo Text.
<b>HABITANTES</b>	Almacena información de los habitantes por lote. Formato tipo Double.
<b>SUPERFICIE</b>	Almacena la superficie de cada lote en metros cuadrados. Formato tipo Double.

Tabla 4. 6 Atributos de la capa “Lotes”



- Eje de calle

ATRIBUTO	DESCRIPCION
NOMBRE	Almacena el nombre de las calles. Formato tipo Text.
LONGITUD	Almacena la longitud de las calles en metros. Formato tipo Double.

Tabla 4. 7 Atributos de la capa “Eje de calle”

- Atarjea 10 pulg

ATRIBUTO	DESCRIPCION
MATERIAL	Almacena el material de la tubería. Formato tipo Text.
CLASE	Almacena la clase de la tubería. Formato tipo Text.
DIAMETRO	Almacena el diámetro de la tubería en pulgadas. Formato tipo Double.
DIAM_MM	Almacena el diámetro de la tubería en mm. Formato tipo Double.
PENDIENTE	Almacena la pendiente en milésimas de la tubería. Formato tipo Double
LONGITUD	Almacena la longitud de la tubería en metros. Formato tipo Double.
CALLE	Almacena el nombre de la calle donde se ubica la tubería. Formato tipo Text.

Tabla 4. 8 Atributos de la capa “Atarjea 10 pulg”

- Subcolector 15 pulg

ATRIBUTO	DESCRIPCION
MATERIAL	Almacena el material de la tubería. Formato tipo Text.
CLASE	Almacena la clase de la tubería. Formato tipo Text.
DIAMETRO	Almacena el diámetro de la tubería en pulgadas. Formato tipo Double.
DIAM_MM	Almacena el diámetro de la tubería en mm. Formato tipo Double.
PENDIENTE	Almacena la pendiente en milésimas de la tubería. Formato tipo Double
LONGITUD	Almacena la longitud de la tubería en metros. Formato tipo Double.
CALLE	Almacena el nombre de la calle donde se ubica la tubería. Formato tipo Text.

Tabla 4. 9 Atributos de la capa “Subcolector 15 pulg”



- Tubería agua potable 2 1/2 pulg

ATRIBUTO	DESCRIPCION
MATERIAL	Almacena el material de la tubería. Formato tipo Text.
CLASE	Almacena la clase de la tubería. Formato tipo Text.
DIAM_PULG	Almacena el diámetro de la tubería en pulgadas. Formato tipo Double.
DIAM_MM	Almacena el diámetro de la tubería en mm. Formato tipo Double.
LONGITUD	Almacena la longitud de la tubería en metros. Formato tipo Double.
CALLE	Almacena el nombre de la calle donde se ubica la tubería. Formato tipo Text.

Tabla 4. 10 Atributos de la capa “Tubería agua potable 2 ½ pulg”

- Tubería agua potable 3 pulg

ATRIBUTO	DESCRIPCION
MATERIAL	Almacena el material de la tubería. Formato tipo Text.
CLASE	Almacena la clase de la tubería. Formato tipo Text.
DIAM_PULG	Almacena el diámetro de la tubería en pulgadas. Formato tipo Double.
DIAM_MM	Almacena el diámetro de la tubería en mm. Formato tipo Double.
LONGITUD	Almacena la longitud de la tubería en metros. Formato tipo Double.
CALLE	Almacena el nombre de la calle donde se ubica la tubería. Formato tipo Text.

Tabla 4. 11 Atributos de la capa “Tubería agua potable 3 pulg”

- Tubería agua potable 4 pulg

ATRIBUTO	DESCRIPCION
MATERIAL	Almacena el material de la tubería. Formato tipo Text.
CLASE	Almacena la clase de la tubería. Formato tipo Text.
DIAM_PULG	Almacena el diámetro de la tubería en pulgadas. Formato tipo Double.
DIAM_MM	Almacena el diámetro de la tubería en mm. Formato tipo Double.
LONGITUD	Almacena la longitud de la tubería en metros. Formato tipo Double.
CALLE	Almacena el nombre de la calle donde se ubica la tubería. Formato tipo Text.

Tabla 4. 12 Atributos de la capa “Tubería agua potable 4 pulg”



- Curvas de nivel

ATRIBUTO	DESCRIPCION
COTA	Almacena las cotas de las curvas de nivel del terreno. Formato tipo Double.

Tabla 4. 13 Atributos de la capa “Curvas de nivel”

- Tapones

ATRIBUTO	DESCRIPCION
MATERIAL	Almacena el material de los tapones de la red de agua potable. Formato tipo Text.
TAMAÑO	Almacena el tamaño de los tapones en pulgadas. Formato tipo Text.
X	Almacena la coordenada en X. Formato tipo Double.
Y	Almacena la coordenada en Y. Formato tipo Double.

Tabla 4. 14 Atributos de la capa “Tapones”

- Tees

ATRIBUTO	DESCRIPCION
MATERIAL	Almacena el material de las tees de la red de agua potable. Formato tipo Text.
TAMAÑO	Almacena el tamaño de las tees en pulgadas. Formato tipo Text.

Tabla 4. 15 Atributos de la capa “Tees”

- Cruces

ATRIBUTO	DESCRIPCION
MATERIAL	Almacena el material de las cruces de la red de agua potable. Formato tipo Text.
TAMAÑO	Almacena el tamaño de las cruces en pulgadas. Formato tipo Text.

Tabla 4. 16 Atributos de la capa “Cruces”

- Codos

ATRIBUTO	DESCRIPCION
MATERIAL	Almacena el material de los codos de la red de agua potable. Formato tipo Text.
TAMAÑO	Almacena el tamaño de los codos en pulgadas. Formato tipo Text.

Tabla 4. 17 Atributos de la capa “Codos”



- Reducciones

ATRIBUTO	DESCRIPCION
<b>MATERIAL</b>	Almacena el material de las reducciones de la red de agua potable. Formato tipo Text.
<b>TAMAÑO</b>	Almacena el tamaño de las reducciones en pulgadas. Formato tipo Text.

Tabla 4. 18 Atributos de la capa “Reducciones”

- Cruceros

ATRIBUTO	DESCRIPCION
<b>NUMERO</b>	Almacena el número de cruceo de la red. Formato tipo Double.
<b>IMAGEN</b>	Almacena hipervínculo con la imagen del cruceo. Formato tipo Text.
<b>X</b>	Almacena la coordenada en X. Formato tipo Double.
<b>Y</b>	Almacena la coordenada en Y. Formato tipo Double.

Tabla 4. 19 Atributos de la capa “Cruceros”

- Válvulas

ATRIBUTO	DESCRIPCION
<b>MATERIAL</b>	Almacena el material de las válvulas de la red de agua potable. Formato tipo Text.
<b>PRESION</b>	Almacena la presión de trabajo de la válvula en PSI (lb/pulg <sup>2</sup> ). Formato tipo Text.
<b>TIPO</b>	Almacena el tipo de válvula. Formato tipo Text.
<b>TAMAÑO</b>	Almacena el tamaño de las válvulas en pulgadas. Formato tipo Text.
<b>REGISTRO</b>	Almacena el número de registro donde se ubica la válvula. Formato tipo Double.

Tabla 4. 20 Atributos de la capa “Válvulas”

- Registro Hidráulico

ATRIBUTO	DESCRIPCION
<b>NUMERO</b>	Almacena el número de registro hidráulico de la red. Formato tipo Double.
<b>IMAGEN</b>	Almacena hipervínculo con la imagen del registro hidráulico. Formato tipo Text.
<b>NUM_VALVULA</b>	Almacena el número de válvulas en el registro hidráulico. Formato tipo Double.
<b>X</b>	Almacena la coordenada en X. Formato tipo Double.
<b>Y</b>	Almacena la coordenada en Y. Formato tipo Double.

Tabla 4. 21 Atributos de la capa “Registro Hidráulico”



- Pozos de visita

ATRIBUTO	DESCRIPCION
POZO	Almacena el número de pozo. Formato tipo Text.
COTA_TERR	Almacena la cota de terreno del pozo en metros. Formato tipo Double.
PLANTILLA	Almacena la cota de plantilla del pozo en metros. Formato tipo Double.
DIAM_POZO	Almacena el diámetro interior de los pozos en metros. Formato tipo Double.
DIAM_ENTRA	Almacena el diámetro de tubería que entra al pozo en pulgadas. Formato tipo Double.
DIAM_SALE	Almacena el diámetro de tubería que sale del pozo en pulgadas. Formato tipo Double.
X	Almacena la coordenada en X. Formato tipo Double.
Y	Almacena la coordenada en Y. Formato tipo Double.
PROFUNDIDAD	Almacena la profundidad de los pozos en metros. Formato Tipo Double.

Tabla 4. 22 Atributos de la capa “Pozos de visita”

- Estación de rebombeo

ATRIBUTO	DESCRIPCION
NOMBRE	Almacena el nombre de la estación. Formato tipo Text.
X	Almacena la coordenada en X. Formato tipo Double.
Y	Almacena la coordenada en Y. Formato tipo Double.
NUM_BOMBAS	Almacena el número de bombas que operan en serie. Formato tipo Double.
PLANTA	Almacena hipervínculo con imagen de la estación. Formato tipo Text.

Tabla 4. 23 Atributos de la capa “Estación de rebombeo”

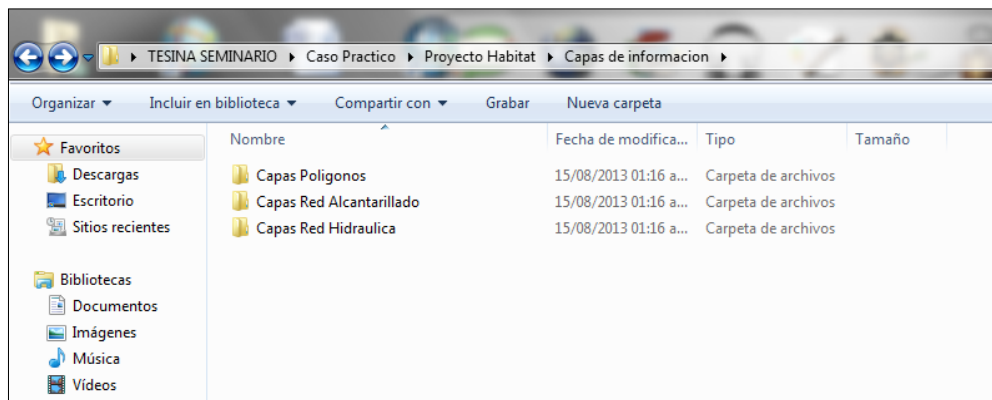
- Planta Potabilizadora

ATRIBUTO	DESCRIPCION
NOMBRE	Almacena el nombre de la planta. Formato tipo Text.
PLANTA	Almacena hipervínculo con imagen de la planta. Formato tipo Text.

Tabla 4. 24 Atributos de la capa “Planta Potabilizadora”

Como se comentó con anterioridad, la información fue obtenida de planos en formato .dwg del proyecto de agua potable y del proyecto de alcantarillado sanitario del fraccionamiento “Ciudad Hábitat” (Ver anexos). Esta información se organizó en varias capas, guardadas en archivos independientes con el fin de facilitar el ingreso de dicha información al SIG. Las carpetas con las capas se observan en la siguiente imagen:

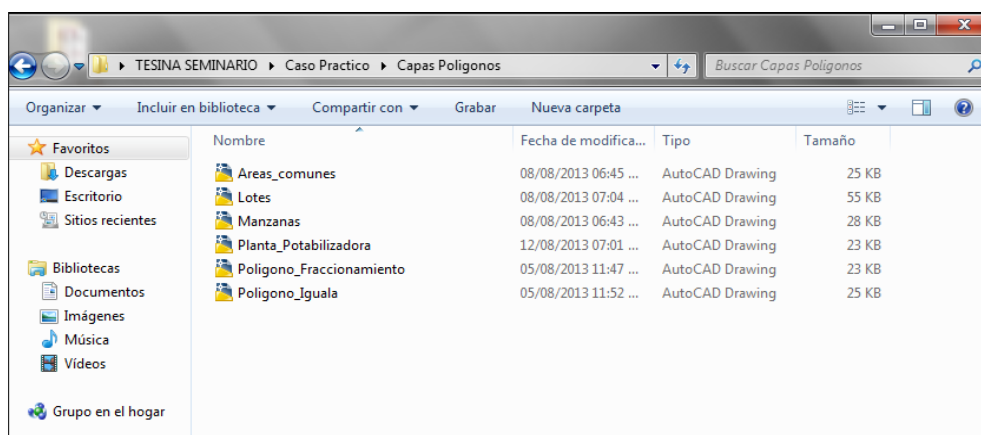




**Figura 4.5** Carpetas con información en .dwg de las capas del SIG

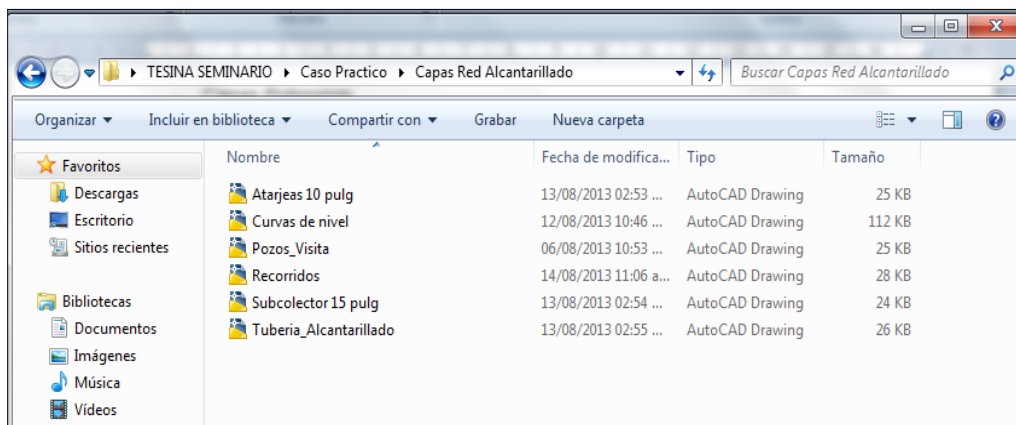
En las siguientes imágenes se observa el contenido de las carpetas:

- Capas Polígonos



**Figura 4.6** Archivos en la carpeta “Capas Polígonos”

- Capas Red Alcantarillado.



**Figura 4.7** Archivos en la carpeta “Capas Red Alcantarillado”

- Capas Red Hidráulica.

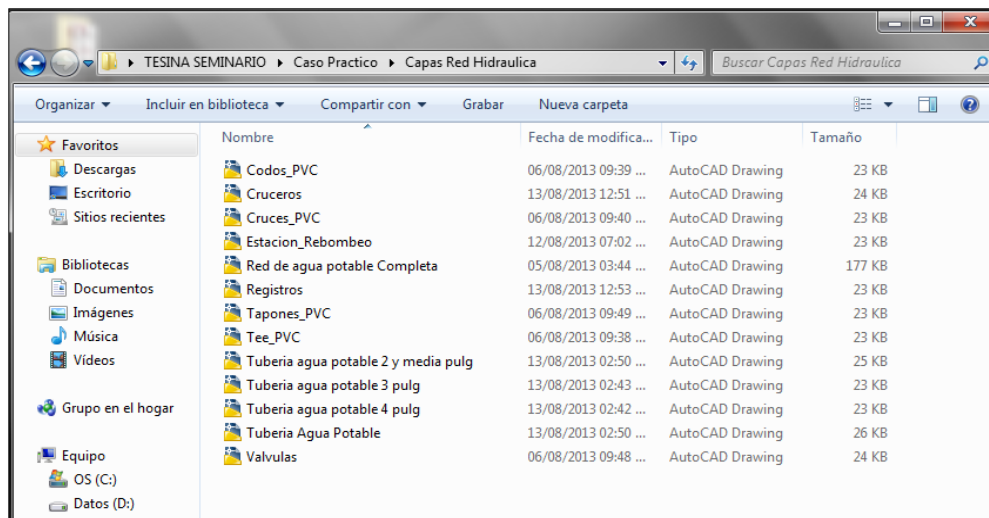


Figura 4. 8 Archivos en la carpeta “Capas Red Hidráulica”

Una vez organizada la información se está en condiciones de ingresarla en el sistema.

### 4.3.3 Construcción del SIG en ArcMap 10.

A continuación se indica el proceso de construcción del SIG a partir de archivos en formato .dwg. Se desarrollan en cada punto, para fines prácticos, los ejemplos más representativos.

#### 1.- Creación de shapefiles de tipo polígono.

La información de este punto representa una especial importancia para el organismo operador cuando se requiera actualizar el SIG y se necesite crear shapefiles de tipo *Polígono*.

- En la barra de herramientas del ArcMap se da clic en el icono Add Data (Figura 4.9).

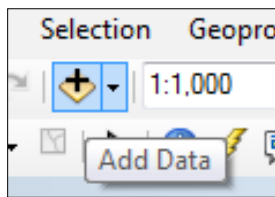


Figura 4. 9 Ícono Add Data

- Se despliega la siguiente ventana, donde se elige el archivo en formato .dwg que contiene la información del polígono que se quiere transformar en shapefile. Se elige y se da clic en el botón Add (Figura 4.10).

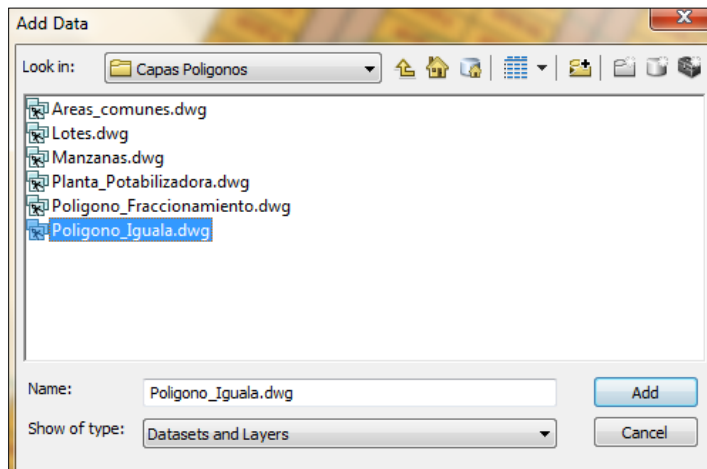


Figura 4. 10 Secuencia del comando Add Data

- Una vez que se agrego el archivo, aparece en la tabla de contenidos que se ubica a la izquierda de la pantalla los componentes del archivo .dwg (Figura 4.11)

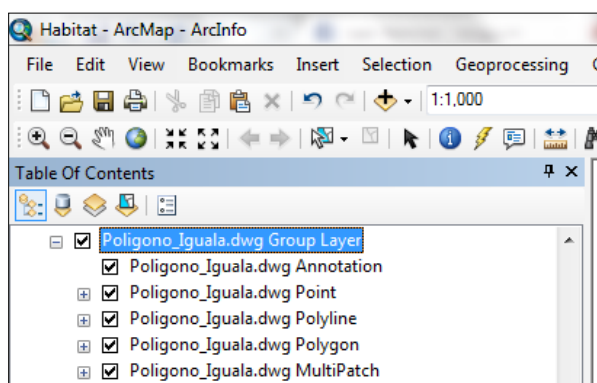


Figura 4. 11 Vista en la tabla de contenidos de elementos agregados

- Se selecciona solo la componente Polygon y se da clic con botón derecho sobre la misma, desplegándose la siguiente barra (Figura 4.12):

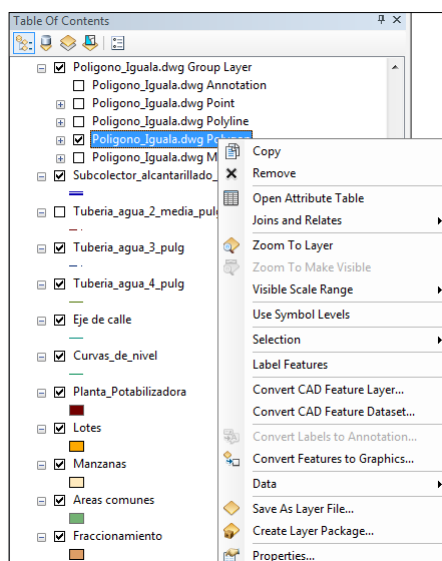


Figura 4. 12 Menú emergente al dar clic derecho sobre el elemento

- Se selecciona la herramienta Data, desplegándose una nueva barra. Se elige la herramienta Export Data (Figura 4.13).

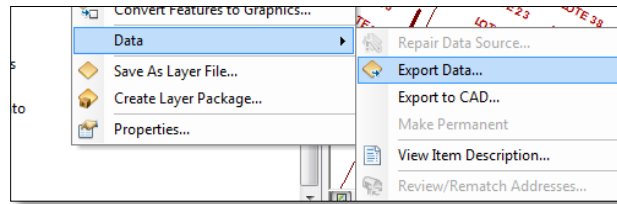


Figura 4.13 Secuencia del comando Data

- Aparece la siguiente ventana, en la cual se da clic en el icono con la carpeta para elegir la dirección donde se guardará el shapefile que se creará (Figura 4.14).

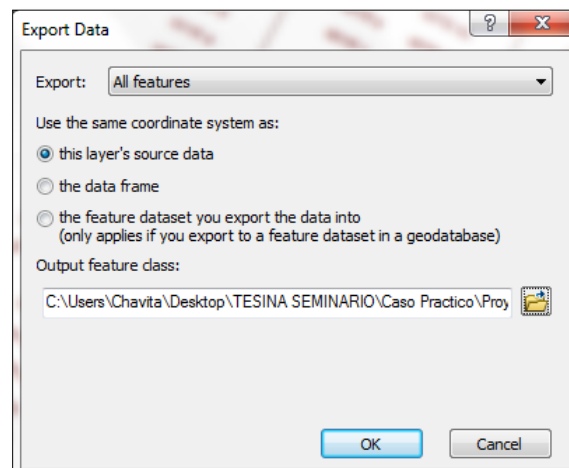


Figura 4.14 Ventana Export Data

- Se despliega la siguiente ventana desde donde se busca la carpeta donde se quiere guardar el shapefile, se nombra el archivo y se da clic en el botón Save. Inmediatamente se da clic en el botón OK de la ventana anterior (Figs. 4.15 y 4.16).

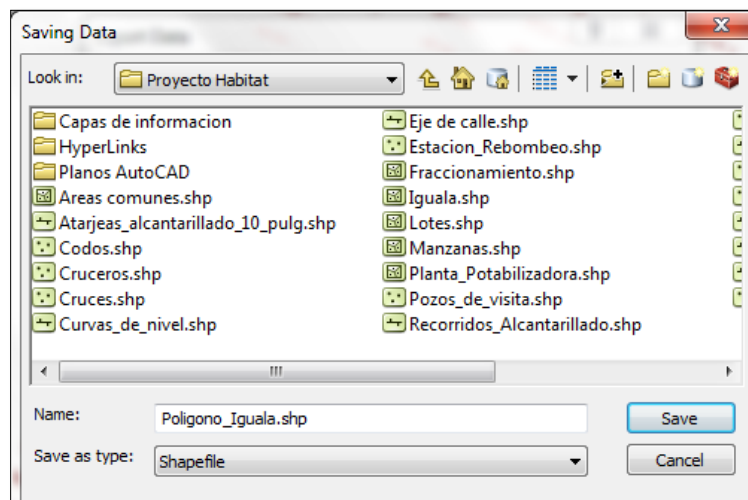


Figura 4.15 Ventana que muestra la carpeta de destino para guardar el shapefile

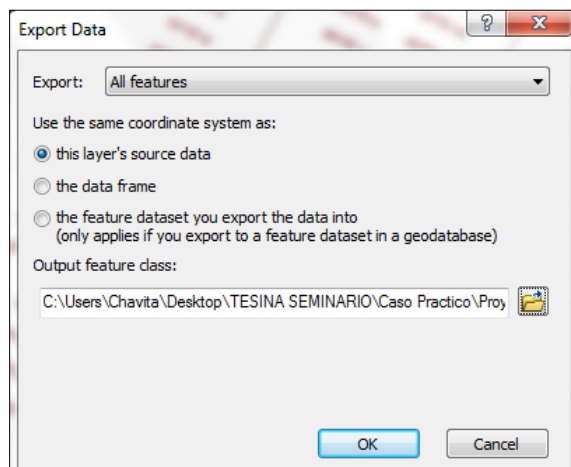


Figura 4. 16 Ventana “Export Data”

- La nueva capa creada, aparecerá en la tabla de contenidos con el nombre que se guardó en la carpeta.

## 2.- Creación de shapefiles de tipo polilínea.

La información de este punto representa una especial importancia para el organismo operador cuando se requiera actualizar el SIG y se necesite crear shapefiles de tipo *Polilínea*.

- En la barra de herramientas del ArcMap se da clic en el icono Add Data (Figura 4.17).

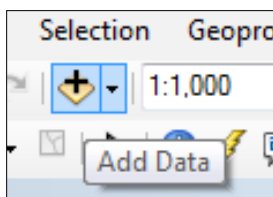


Figura 4. 17 Ícono Add Data

- Se despliega la siguiente ventana, donde se elige el archivo en formato .dwg que contiene la información de la polilínea que se quiere transformar en shapefile. Se elige y se da clic en el botón Add (Figura 4.18).

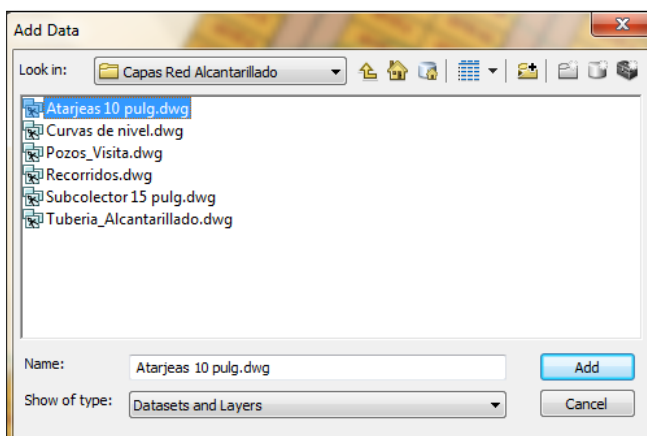


Figura 4. 18 Secuencia del comando Add Data

- Una vez que se agregó el archivo, aparece en la tabla de contenidos que se ubica a la izquierda de la pantalla los componentes del archivo .dwg (Figura 4.19).

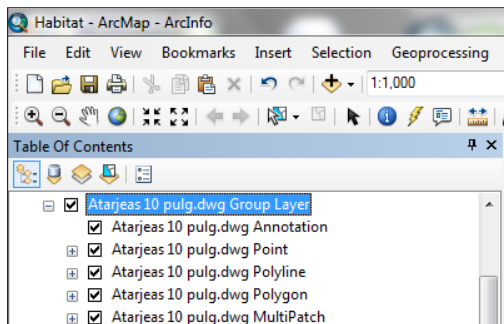


Figura 4.19 Vista en la tabla de contenidos de los elementos agregados

- Se selecciona solo la componente Polyline y se da clic con botón derecho sobre la misma, desplegándose la siguiente barra (Figura 4.20):

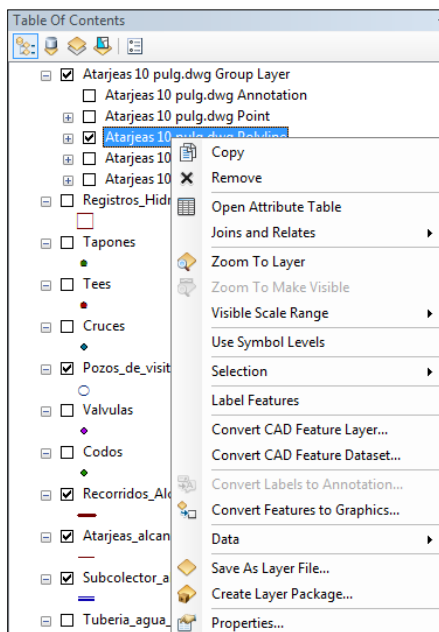


Figura 4.20 Menú emergente al dar clic derecho sobre el elemento

- Se selecciona la herramienta Data, desplegándose una nueva barra. Se elige la herramienta Export Data (Figura 4.21).

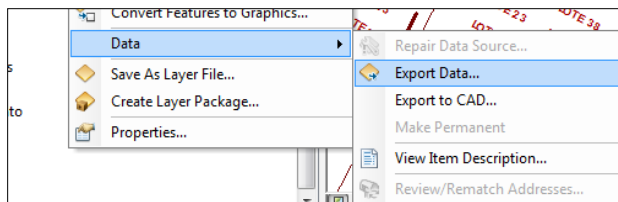
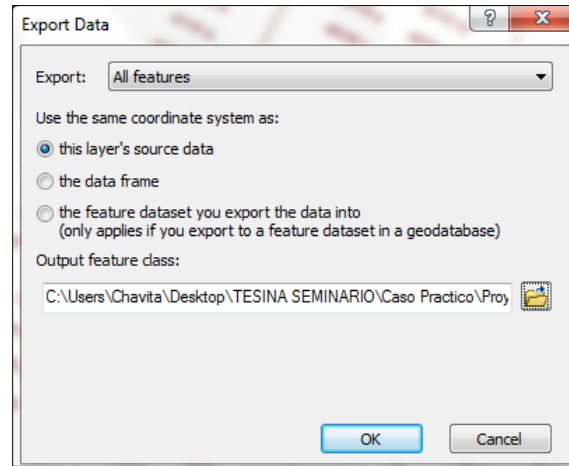


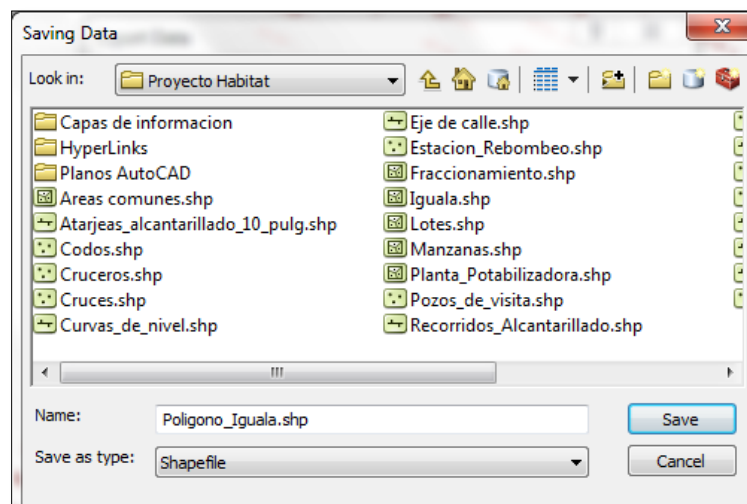
Figura 4.21 Secuencia del comando Data

- Aparece la siguiente ventana, en la cual se da clic en el icono con la carpeta para elegir la dirección donde se guardará el shapefile que se creará (Figura 4.22).

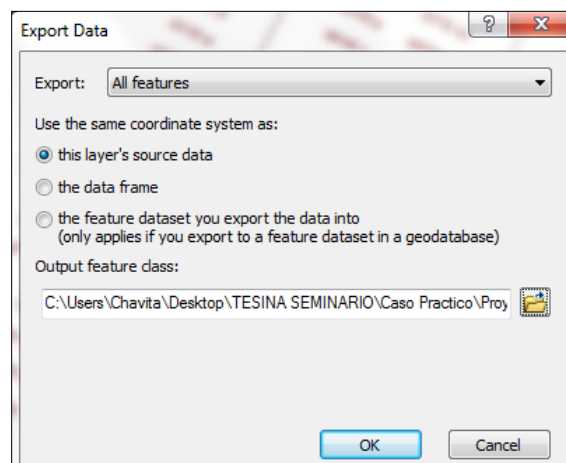


**Figura 4. 22 Ventana Export Data**

- Se despliega la siguiente ventana desde donde se busca la carpeta donde se quiere guardar el shapefile, se nombra el archivo y se da clic en el botón Save. Inmediatamente se da clic en el botón OK de la ventana anterior (Figs. 4.23 y 4.24).



**Figura 4. 23 Ventana que muestra la carpeta de destino para guardar el shapefile**



**Figura 4. 24 Ventana Export Data**

- La nueva capa creada, aparecerá en la tabla de contenidos con el nombre que se guardó en la carpeta.

### 3.- Creación de shapefiles de tipo punto.

La información de este punto representa una especial importancia para el organismo operador cuando se requiera actualizar el SIG y se necesite crear shapefiles de tipo *Punto*.

- En la barra de herramientas del ArcMap se da clic en el icono Add Data (Figura 4.25).

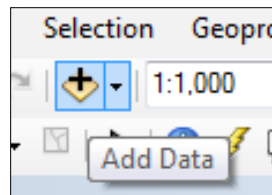


Figura 4. 25 Icono Add Data

- Se despliega la siguiente ventana, donde se elige el archivo en formato .dwg que contiene la información del o los puntos que se quieren transformar en shapefile. Se elige y se da clic en el botón Add (Figura 4.26).

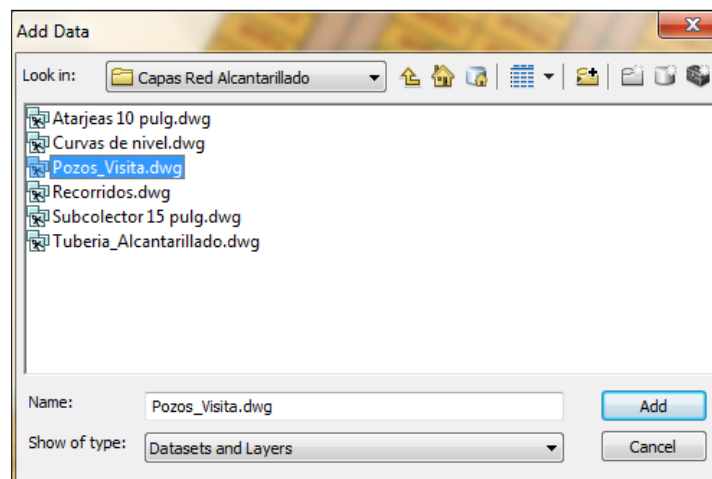


Figura 4. 26 Secuencia del comando Add Data

- Una vez que se agregó el archivo, aparece en la tabla de contenidos que se ubica a la izquierda de la pantalla los componentes del archivo .dwg (Figura 4.27)

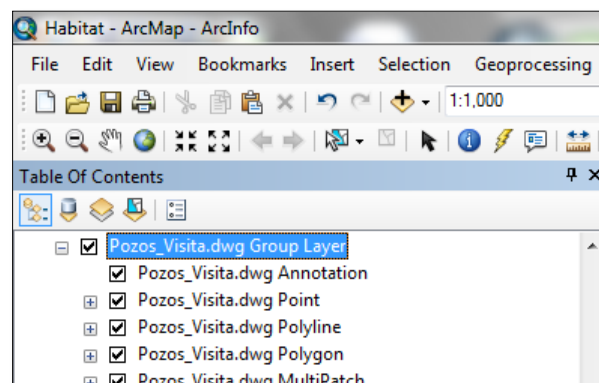
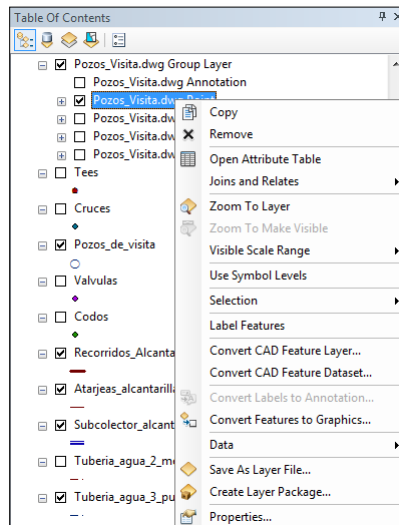


Figura 4. 27 Vista en la tabla de contenidos de los elementos agregados

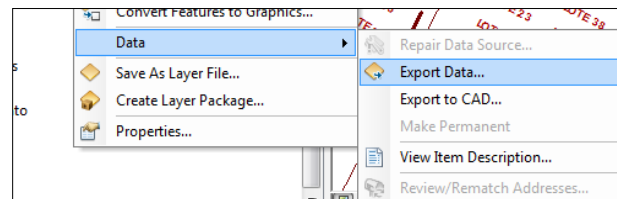


- Se selecciona solo la componente Point y se da clic con botón derecho sobre la misma, desplegándose la siguiente barra (Figura 4.28):



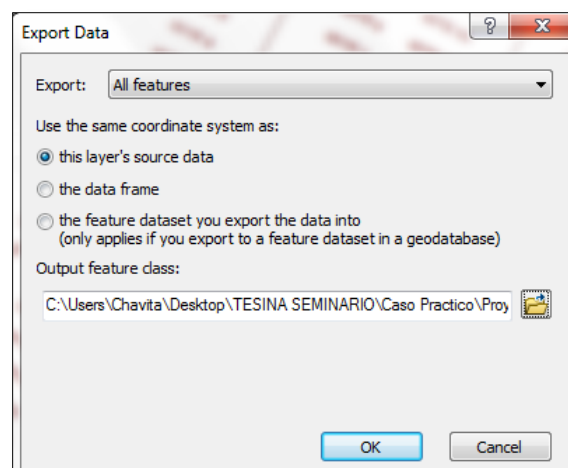
**Figura 4. 28 Menú emergente al dar clic derecho sobre el elemento**

- Se selecciona la herramienta Data, desplegándose una nueva barra. Se elige la herramienta Export Data (Figura 4.29)



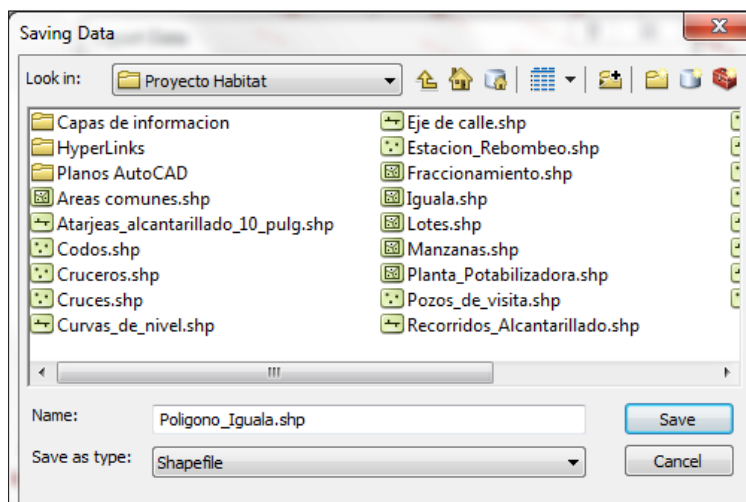
**Figura 4. 29 Secuencia del comando Data**

- Aparece la siguiente ventana, en la cual se da clic en el icono con la carpeta para elegir la dirección donde se guardará el shapefile que se creará (Figura 4.30).

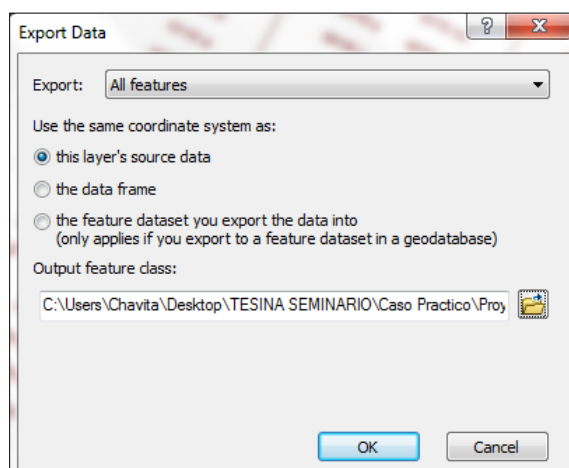


**Figura 4. 30 Ventana Export Data**

- Se despliega la siguiente ventana desde donde se busca la carpeta donde se quiere guardar el shapefile, se nombra el archivo y se da clic en el botón Save. Inmediatamente se da clic en el botón OK de la ventana anterior (Figs. 4.31 y 4.32).



**Figura 4. 31** Ventana que muestra la carpeta de destino para guardar el shapefile

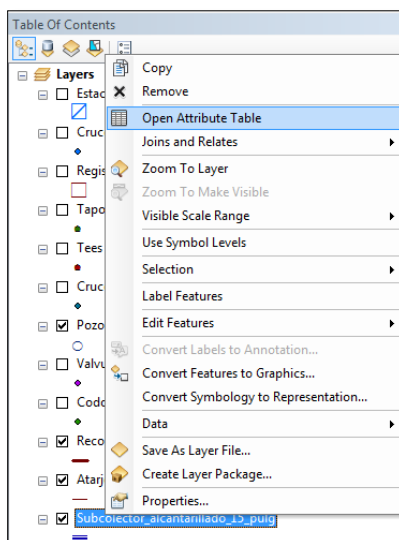


**Figura 4. 32** Ventana Export Data

#### 4.- Creación de campos en tabla de atributos para ingreso de información adicional asociada a los shapefiles.

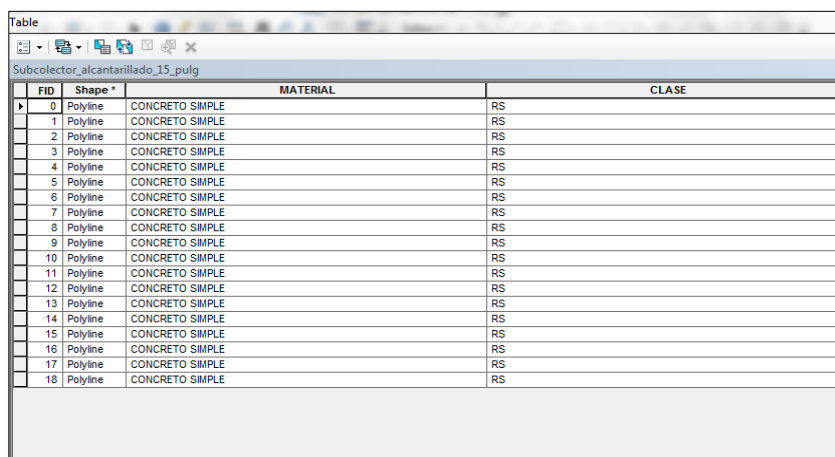
Un organismo operador maneja información específica que no se representa directamente en el mapa, pero que se encuentra asociada a los diversos shapefiles en el SIG. De ahí la importancia de este punto, en el cual se muestra la forma de agregar más campos o columnas en la tabla de atributos de cada shapefile, que permita un posterior ingreso de datos para un eventual proceso de actualización de datos de los sistemas de agua potable y alcantarillado del fraccionamiento.

- Se da clic con botón derecho en la capa donde se quiera agregar información adicional en una tabla de atributos y aparece la siguiente barra, se coloca el cursor donde dice Open Attribute Table y se da clic ahí (Figura 4.33).



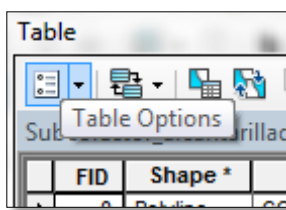
**Figura 4. 33 Menú emergente al dar clic derecho sobre la capa**

- Se abre la siguiente ventana donde aparecen los campos con que la tabla cuenta en ese momento. Para agregar un campo adicional se da clic en el icono superior izquierdo que se llama Table Options (Figs. 4.34 y 4.35).



FID	Shape *	MATERIAL	CLASE
0	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
1	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
2	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
3	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
4	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
5	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
6	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
7	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
8	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
9	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
10	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
11	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
12	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
13	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
14	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
15	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
16	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
17	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
18	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS

**Figura 4. 34 Tabla de atributos de la capa seleccionada.**



**Figura 4. 35 Botón de “Table Options”.**

- Después de dar clic en el icono de Table Option se despliega la siguiente barra. Se coloca el cursor sobre Add Field (Figura 4.36).

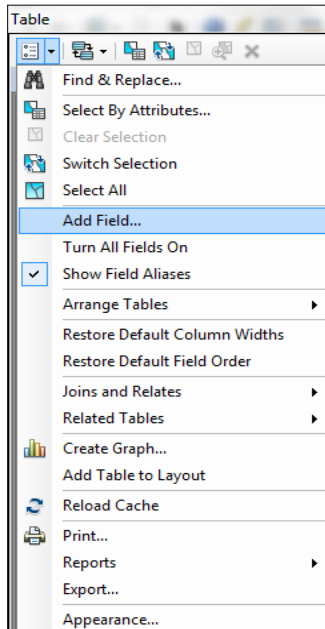


Figura 4. 36 Secuencia de comando Add Field

- Se da clic sobre Add Field y se muestra la siguiente ventana. En ella se le dará nombre al campo que se agregará y también se seleccionará el tipo de atributo que tendrá el campo (Figura 4.37).

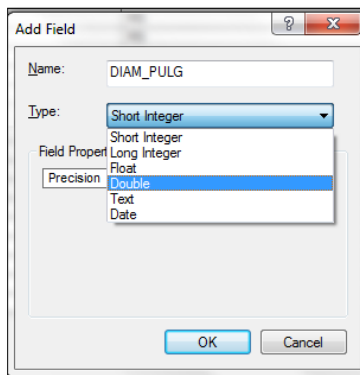


Figura 4. 37 Elección del tipo de formato

- Una vez definido lo anterior se da clic en el botón OK y se agregará el campo a la tabla.

### 5.- Ingreso de datos en tabla de atributos.

En este punto, se muestra la forma de ingresar los datos que se consideren necesarios en la tabla de atributos de cada shapefile, para un eventual proceso de actualización de datos de los sistemas de agua potable y alcantarillado del fraccionamiento.

- Para poder editar o ingresar datos en una tabla de atributos se activa el Editor dando clic derecho en el espacio en blanco ubicado en la parte superior al lado de las barras de herramientas (Figura 4.38).

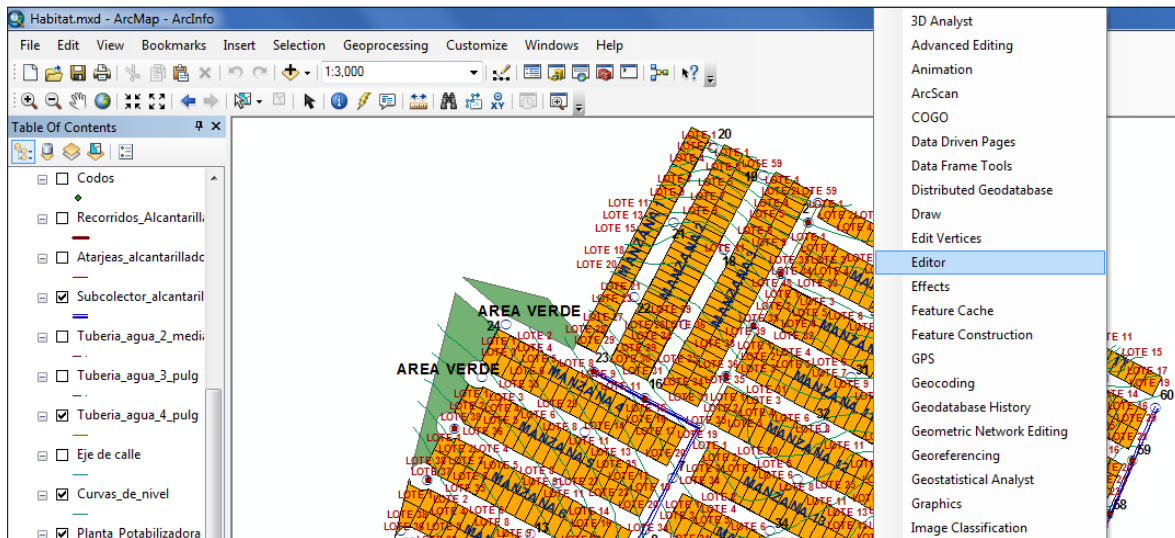


Figura 4.38 Activación del comando Editor

- Una vez activado se selecciona la opción Start Editing para comenzar a editar (Figura 4.39).

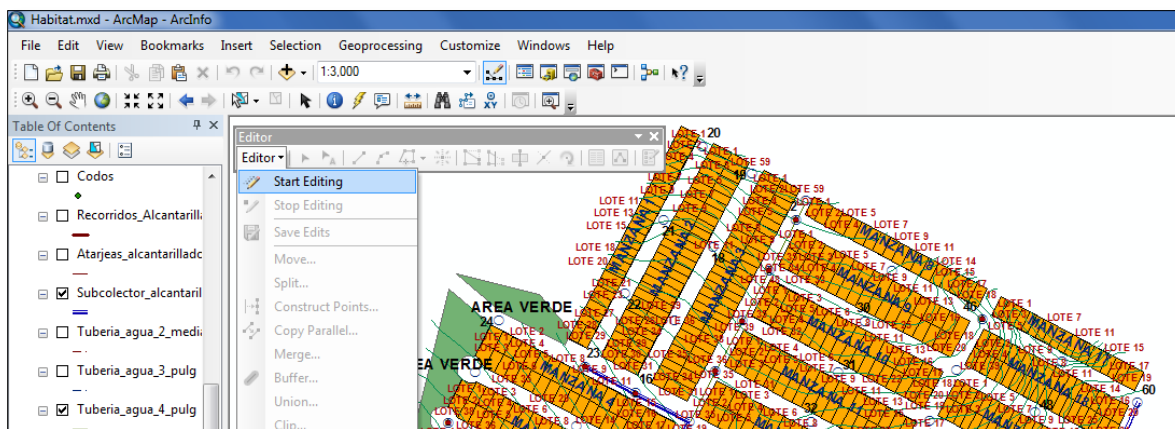


Figura 4.39 Inicio del comando Editor

- La ventana que aparece se cierra pues por el momento no se utiliza. Se coloca el cursor sobre la capa donde se editaran los datos, se da clic con el botón derecho y se selecciona la opción Open Attribute Table, esto despliega una tabla en la cual se pueden ingresar o editar los datos necesarios correspondientes a todos y cada uno de los campos que forman parte de las capas (Figura 4.40).

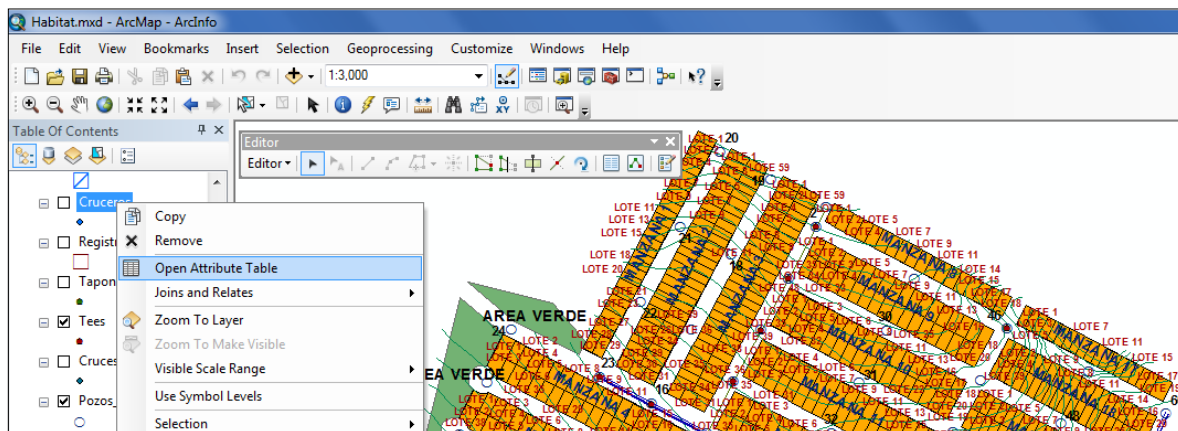
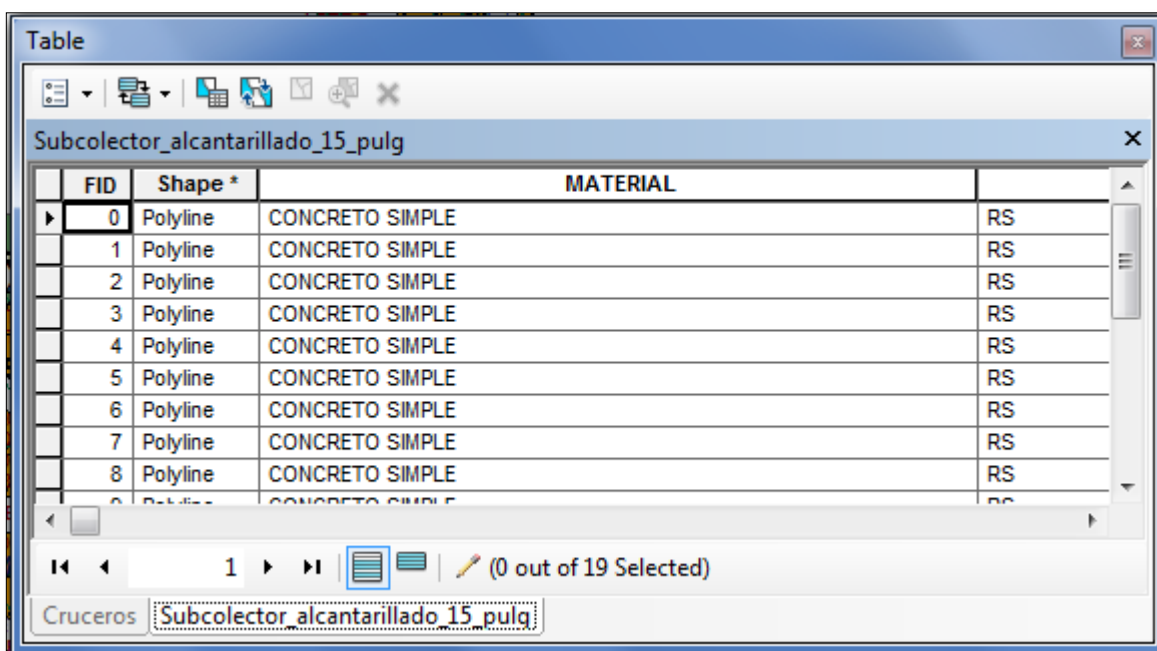


Figura 4. 40 Menú emergente al dar clic derecho

- En la tabla que a continuación se despliega se pueden ingresar o editar los datos necesarios correspondientes a todos y cada uno de los campos que forman parte de las capas (Figura 4.41).



FID	Shape *	MATERIAL	
0	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
1	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
2	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
3	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
4	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
5	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
6	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
7	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
8	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS
9	Polyline	CONCRETO SIMPLE	RS

Figura 4. 41 Vista de la tabla de atributos

6.- Ingreso de datos seleccionando elementos directamente en el mapa.

Otra forma en que el organismo operador puede actualizar los datos del SIG es seleccionando en el mapa alguna capa de interés particular e ingresar información directamente en esa tabla de atributos.

- Para Ingresar datos seleccionando elementos directamente en el mapa se selecciona con clic izquierdo el elemento que se desea editar y el cual contendrá datos específicos. En la imagen se muestra como ejemplo un tramo del subcolector

seleccionado el cual contiene datos como pendiente, diámetro, longitud, localización, etc (Figura 4.42).

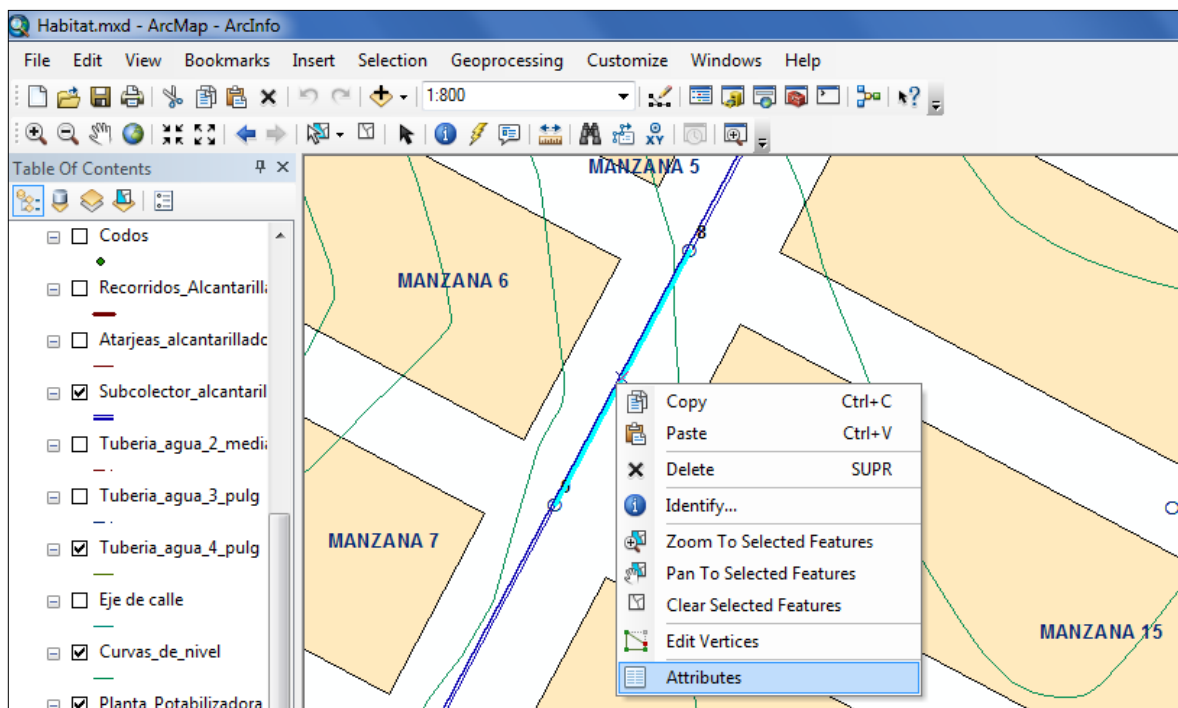


Figura 4.42 Menú emergente al dar clic derecho sobre un elemento

- Se da clic derecho, lo que despliega un pequeño menú en el cual se selecciona la opción de **Attributes** para poder ver la tabla de atributos del lado derecho en la cual se ingresan o editan los datos (Figura 4.43).

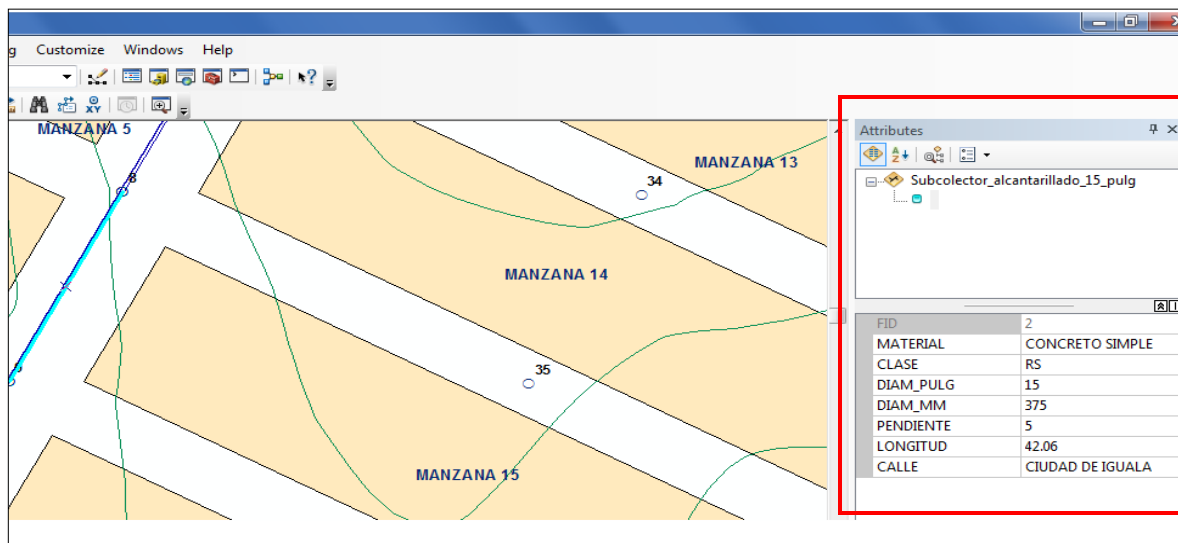


Figura 4.43 A la derecha se observa la ventana de los atributos existentes para dicho

### 7.- Cálculo de geometría de shapefiles en la tabla de atributos para polígonos, líneas y puntos. (Área, longitud y coordenadas X, Y respectivamente).

Normalmente el organismo operador requiere información de áreas, longitudes o ubicación de coordenadas de puntos, líneas o polígonos específicos. En este punto se muestra la forma de calcular dichos valores.

- Se da clic derecho sobre la capa de interés y se selecciona Open Attribute Table, en esta se selecciona el campo al cual se quiera calcular la geometría, se da clic con el botón derecho desplegándose el siguiente menú y se selecciona la opción Calculate Geometry (Figura 4.44).

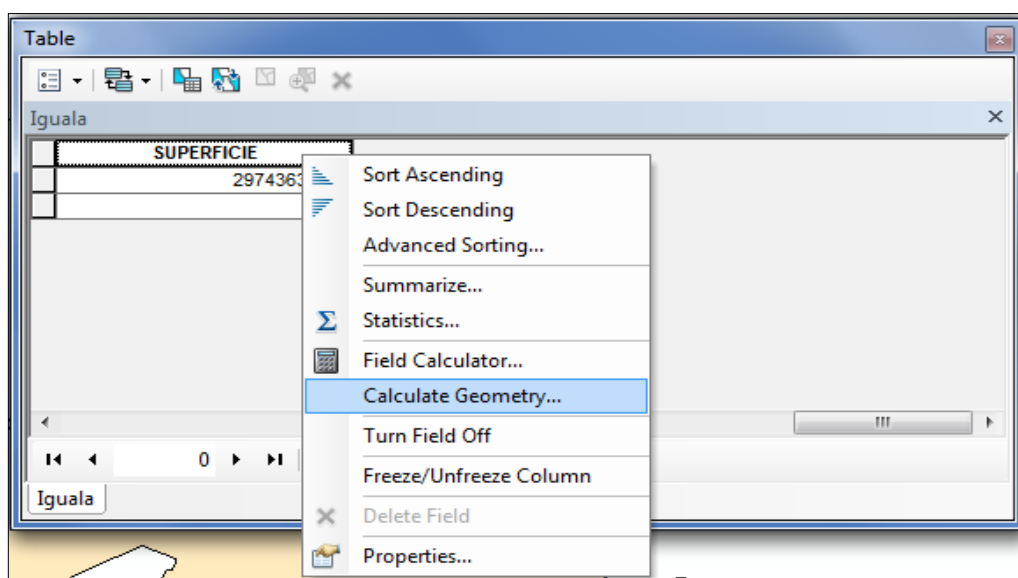


Figura 4. 44 Menú emergente al dar clic derecho sobre el campo o atributo.

- Se selecciona el dato que se desea conocer, ya sea área, perímetro o las coordenadas X y Y del centroide, y se da clic en OK (Figura 4.45).

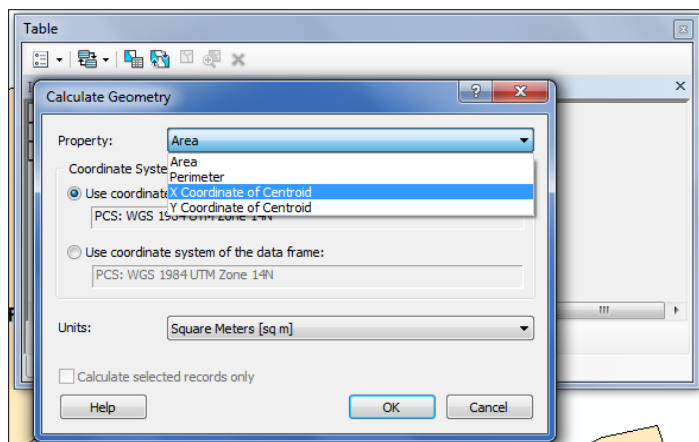


Figura 4. 45 Secuencia del comando Calculate Geometry. Cálculo de coordenadas



### 8.- Definición del sistema de coordenadas para cada shapefile.

La definición de las coordenadas es fundamental en el SIG, pues permite al organismo operador contar con la ubicación geográfica de la infraestructura hidráulica y sanitaria existente.

- Se selecciona el icono Catalog window para visualizar los shapefiles creados (Figura 4.46).

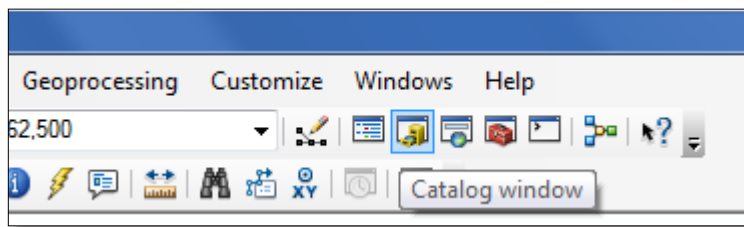


Figura 4. 46 Icono Catalog window

- En la tabla de shapefiles se selecciona con el botón derecho el elemento deseado, en este caso como ejemplo será la capa de áreas comunes, y se selecciona la opción Properties (Figura 4.47).

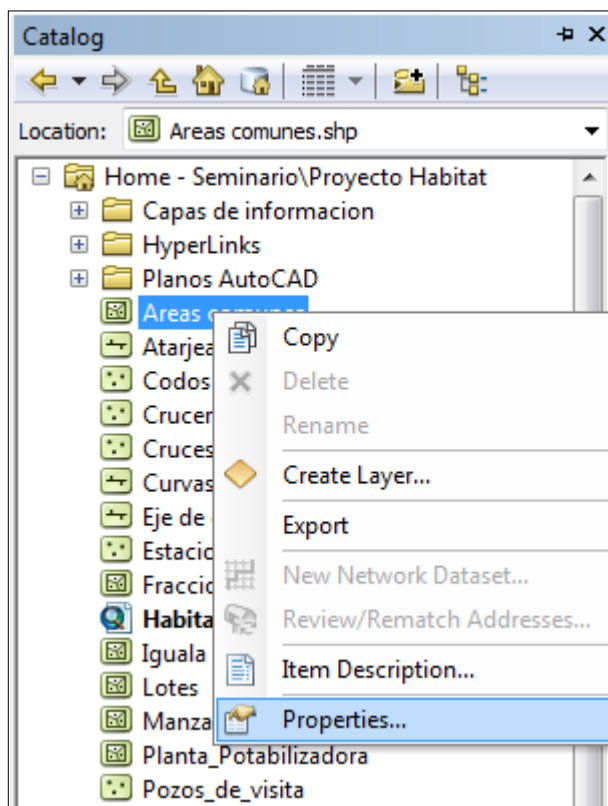


Figura 4. 47 Menú emergente al dar clic derecho sobre la capa.

- En el nuevo menú se elige la pestaña XY Coordinate System y se da clic en el botón Select (Figura 4.48).

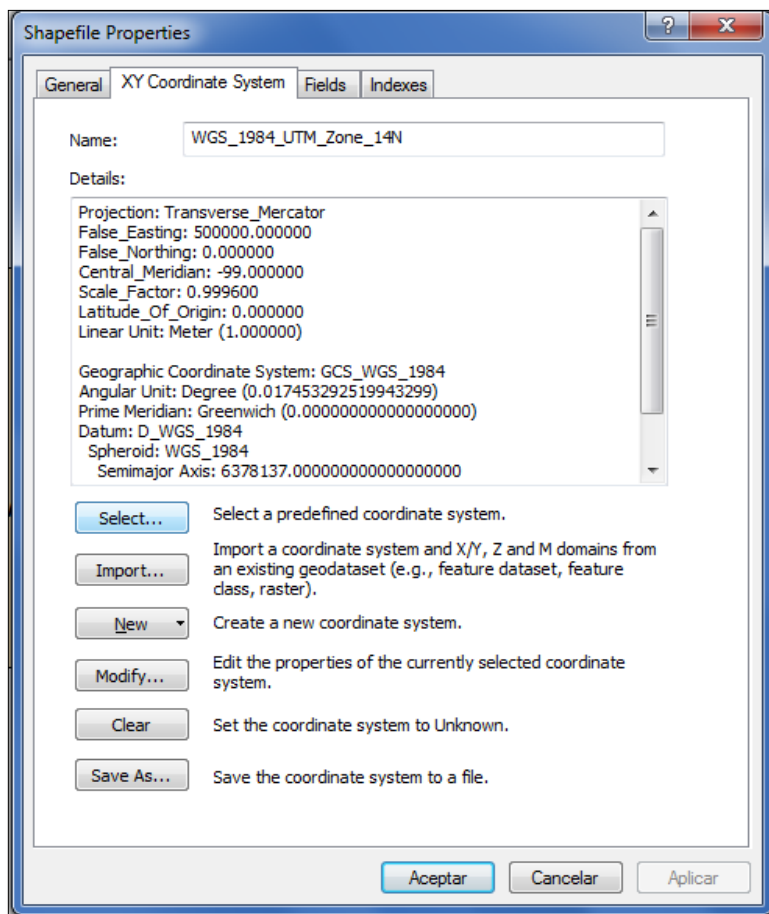


Figura 4. 48 Ventana de propiedades de la capa

- Se selecciona la carpeta Projected Coordinate Systems (Figura 4.49).

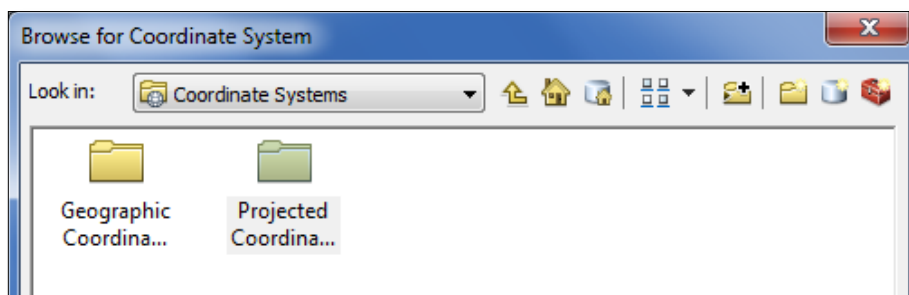
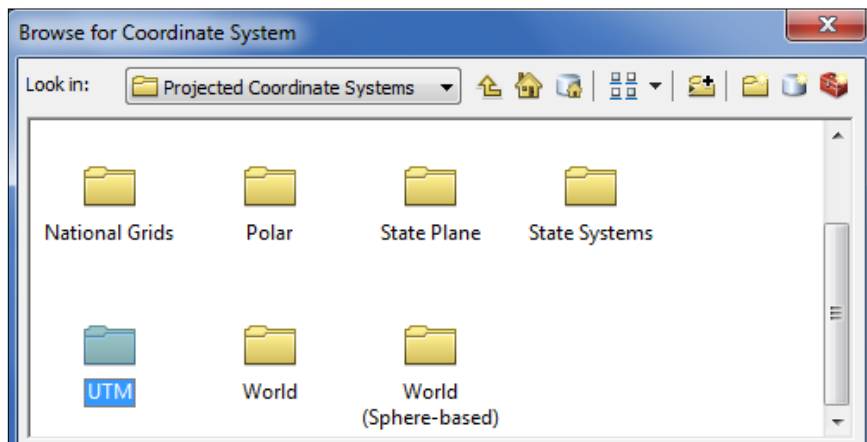


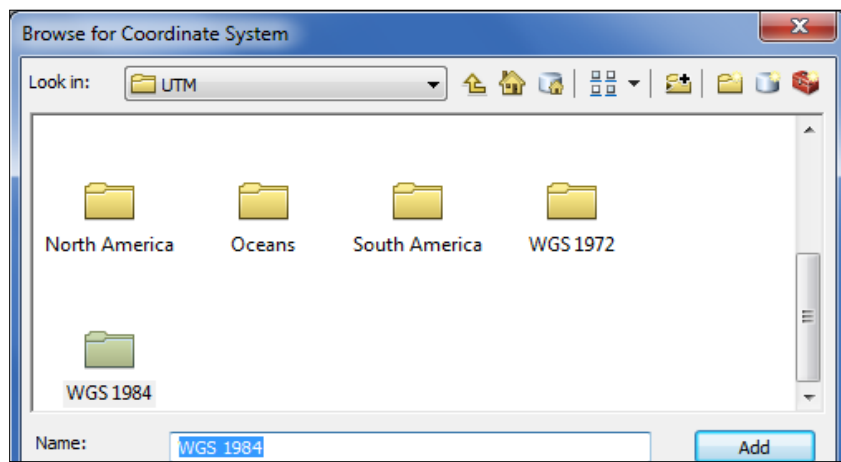
Figura 4. 49 Selección de sistema de coordenadas

- Se selecciona el tipo de proyección, en este caso UTM (Figura 4.50).



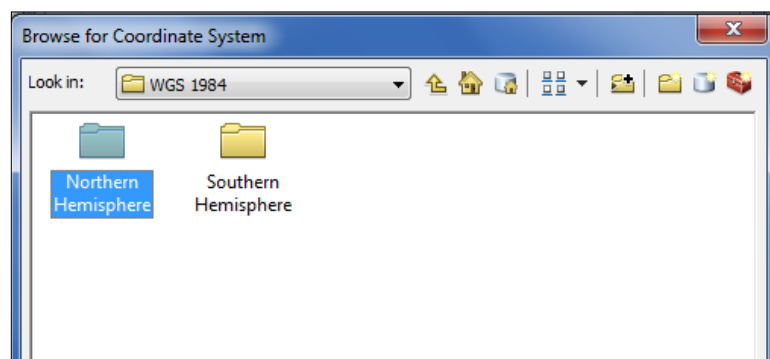
**Figura 4. 50 Selección de proyección UTM**

- Se selecciona el Datum, para este caso WGS 1984 (Figura 4.51).



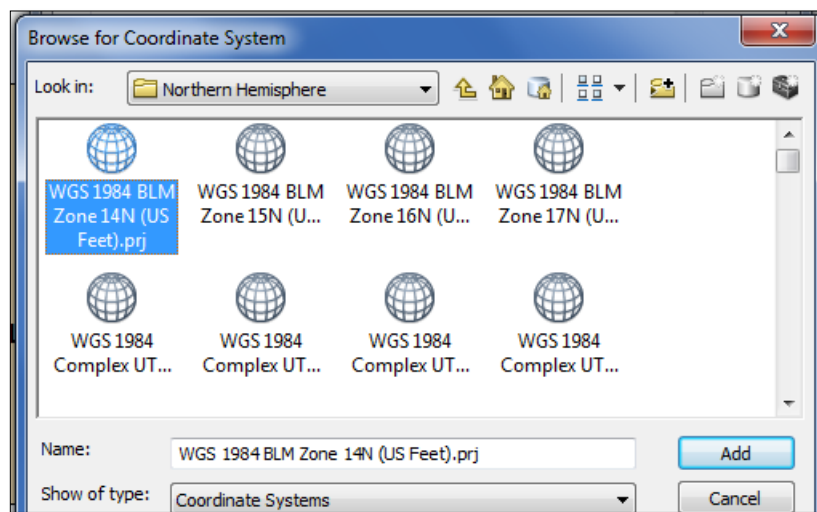
**Figura 4. 51 Selección del Datum**

- Se selecciona el Hemisferio Norte (Figura 4.52).



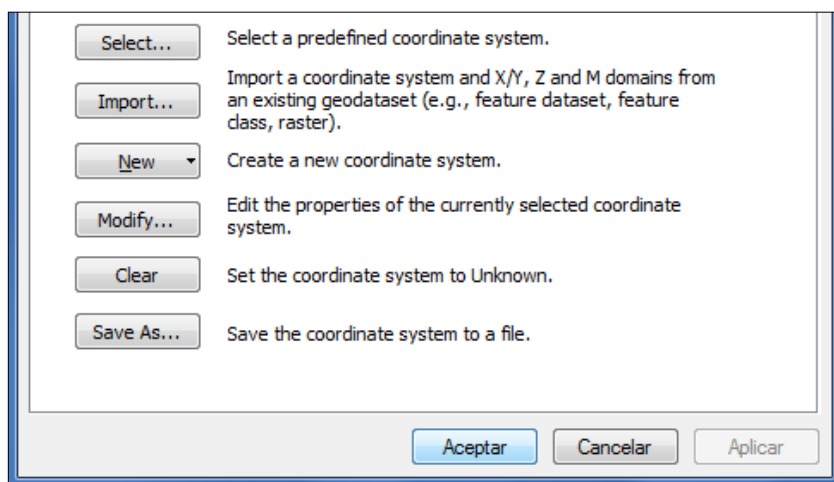
**Figura 4. 52 Selección del hemisferio**

- Se selecciona la zona, en este caso la ciudad de Iguala se encuentra ubicada en la Zona 14. Se da clic en Add (Figura 4.53).



**Figura 4. 53 Selección de Zona**

- Se da clic en Aplicar y después clic en Aceptar (Figura 4.54).



**Figura 4. 54 En la ventana de las propiedades se aceptan las modificaciones**

- Se agrega un sistema de coordenadas para cada capa repitiendo en cada una de ellas este proceso.

### 9.- Definición del sistema de coordenadas del Data Frame (espacio de trabajo en ArcMap).

Al igual que el punto anterior, definir las coordenadas del espacio de trabajo en ArcMap es fundamental para el organismo operador. Además, es importante que el sistema de coordenadas de este espacio coincida con el sistema de coordenadas de cada uno de los shapefiles.

- Se identifica el Data Frame que es el espacio de trabajo del ArcMap (Figura 4.55)

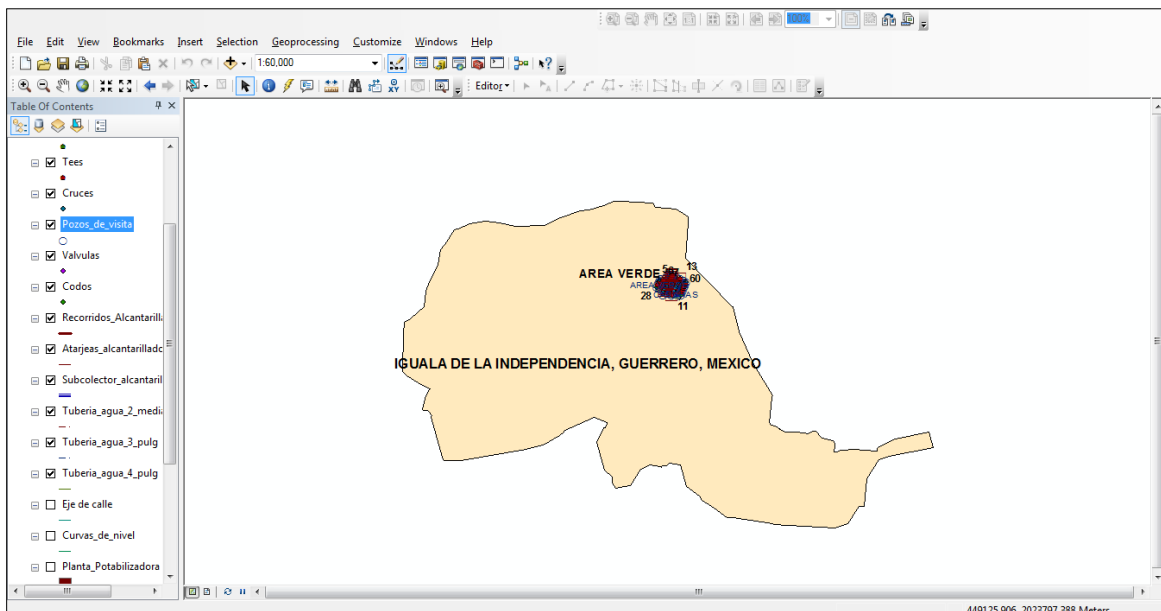


Figura 4. 55 Vista del Data Frame

- Se da clic derecho en cualquier parte del Data Frame y se despliega la siguiente ventana. Se selecciona Data Frame Properties (Figura 4.56).

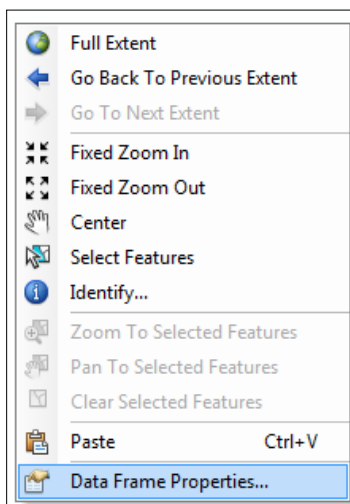


Figura 4. 56 Menú emergente al dar clic derecho sobre el Data Frame

- Se despliega el siguiente cuadro de dialogo (Figura 4.57):

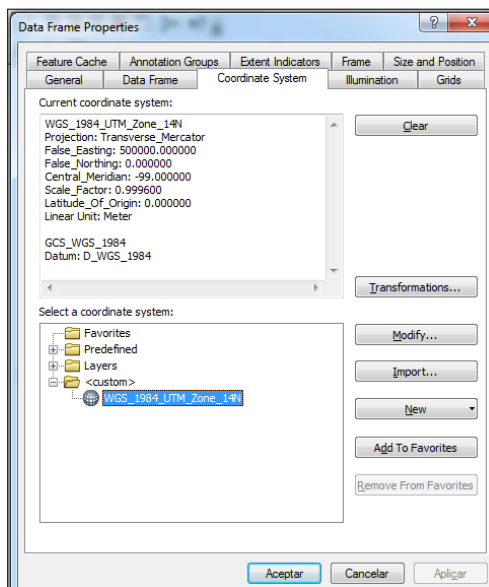


Figura 4. 57 Ventana de propiedades del Data Frame

- Se selecciona la carpeta Predefined que contiene dos carpetas con los sistemas de coordenadas (Figura 4.58).

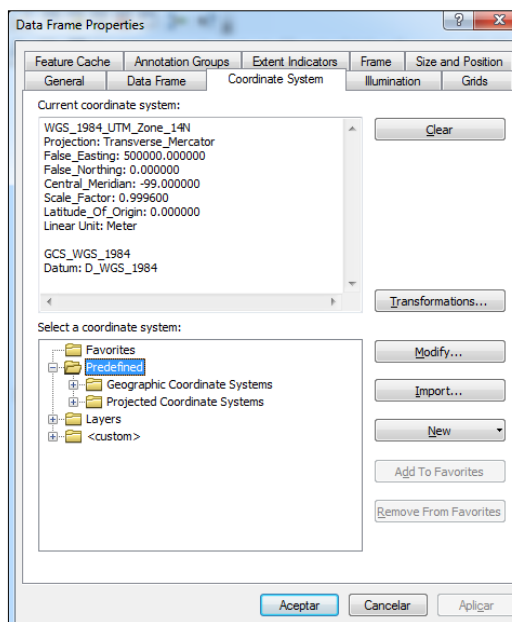
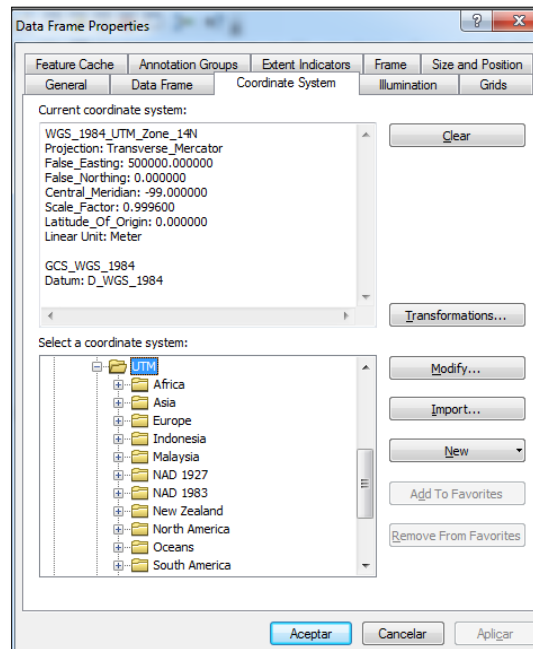


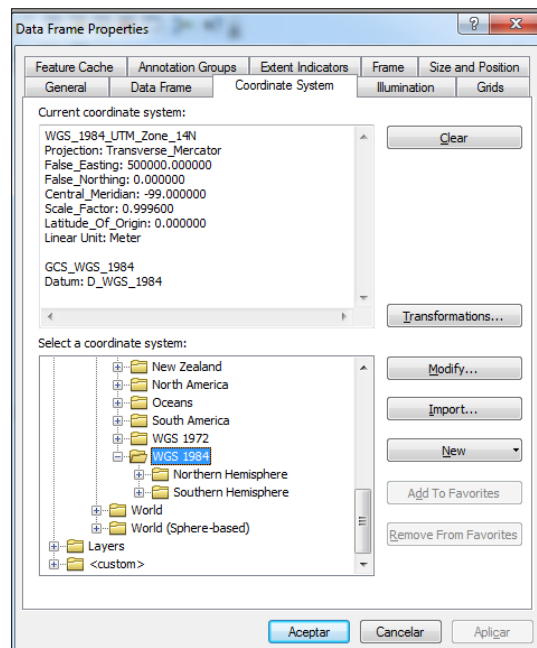
Figura 4. 58 Secuencia para elección de sistema de coordenadas del Data Frame.

- Se selecciona la carpeta Projected Coordinate Systems y después de esto se busca la carpeta UTM (Figura 4.59).



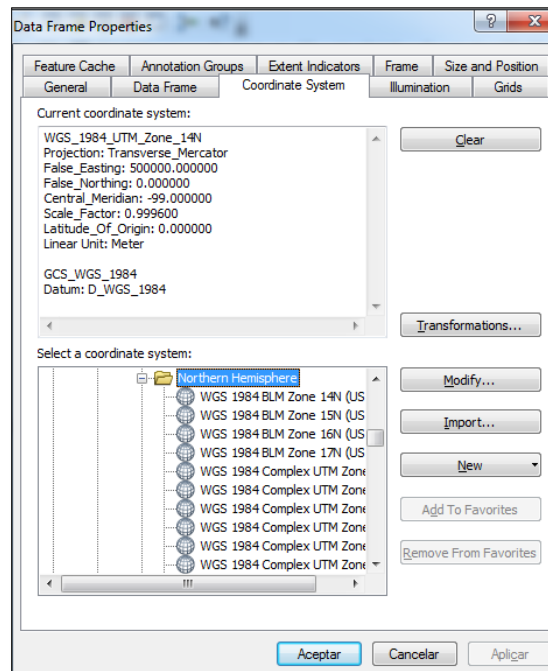
**Figura 4. 59**  
**Secuencia para**  
**elección de**  
**coordenadas del**  
**Data Frame.**  
**Selección de**  
**proyección UTM**

- Se selecciona la carpeta WSG 1984 que es el Datum que se usa en este caso (Figura 4.60).



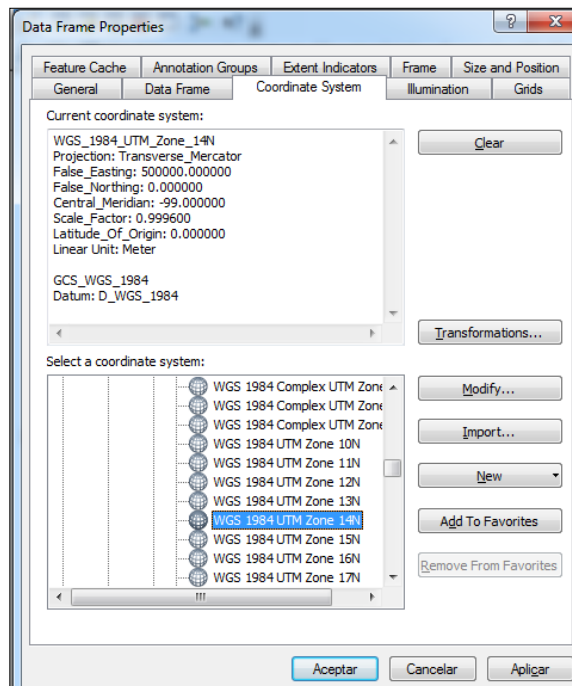
**Figura 4. 60**  
**Secuencia para**  
**selección de sistema**  
**de coordenadas del**  
**Data Frame.**  
**Selección de**  
**Datum**

- Se selecciona la carpeta de Northern Hemisphere (Figura 4.61).



**Figura 4. 61**  
Secuencia para elección de sistema de coordenadas del Data Frame. Selección de hemisferio

- Se busca la zona 14 que es donde está ubicado geográficamente la zona de trabajo se da clic en Aplicar y luego clic en Aceptar para que las coordenadas del Data Frame coincidan con la de las capas del proyecto (Figura 4.62).



**Figura 4. 62**  
Secuencia para elección de sistema de coordenadas del Data Frame. Selección de zona

### 10.- Colocación de etiquetas en cada shapefile.

Para facilitar la localización en el mapa de ciertas capas de información, es importante la colocación de etiquetas.



- Se selecciona un shapefile (Figura 4.63).

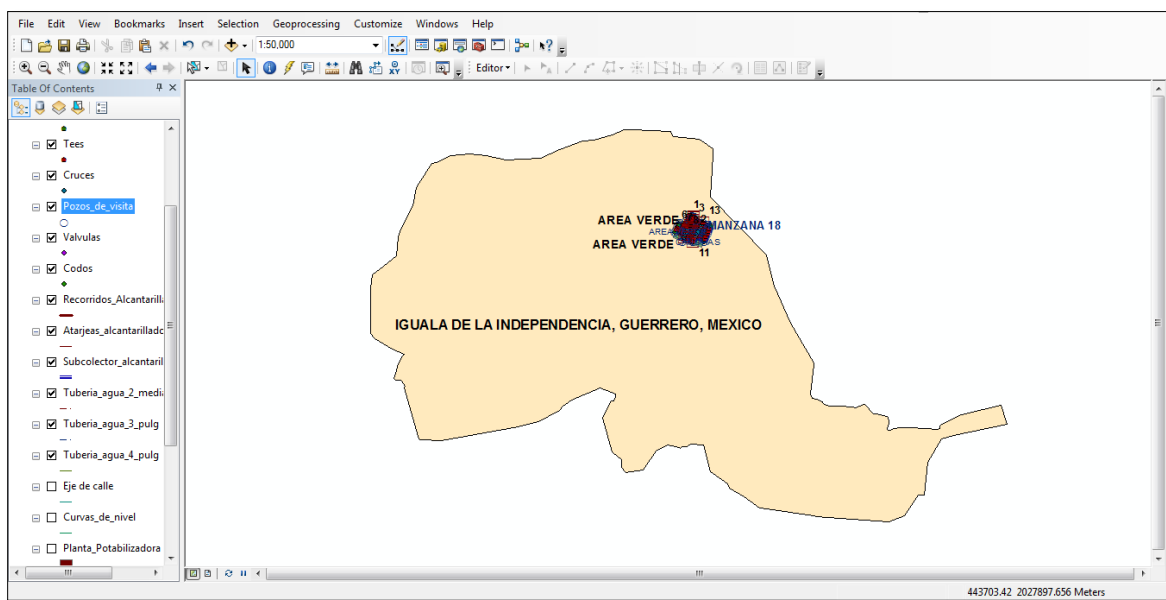


Figura 4. 63 Vista del Data Frame. A la izquierda se observa tabla de contenidos

- Se le da clic derecho al shapefile (Figura 4.64).

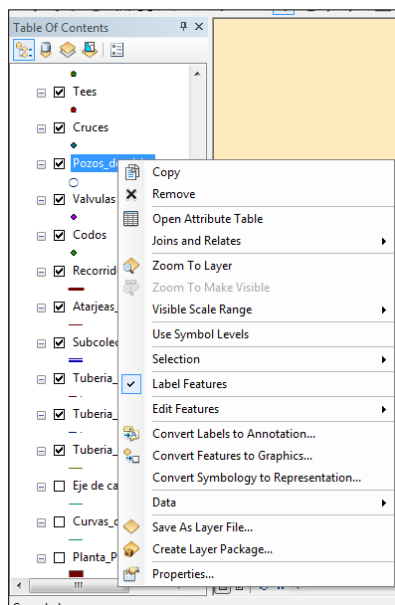


Figura 4. 64 Menú emergente al dar clic derecho sobre la capa

- Se selecciona la opción de Properties (Figura 4.65).

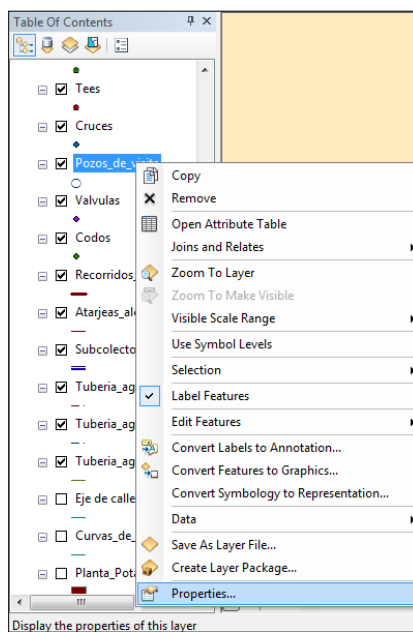


Figura 4. 65 Secuencia del comando Propiedades

- Se despliega la siguiente ventana y en ésta se selecciona la opción Labels (Figura 4.66).

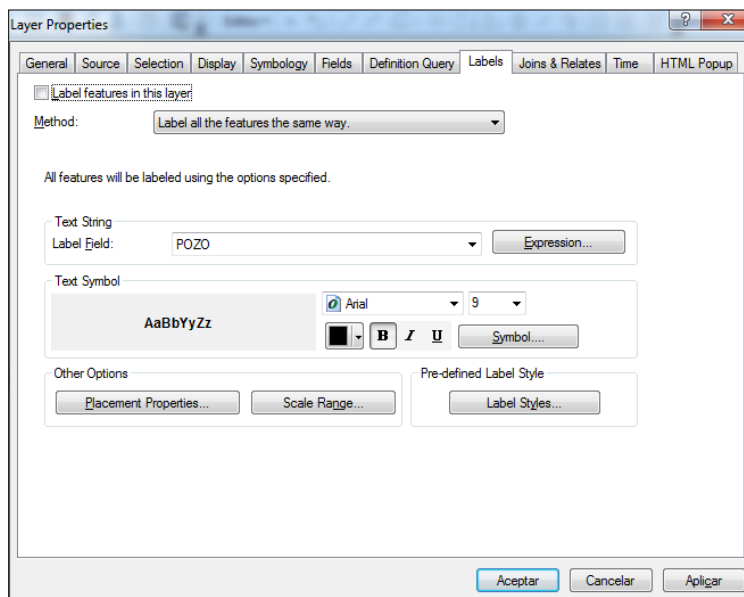


Figura 4. 66 Ventana de propiedades de la capa. Se observa el contenido de la pestaña Labels

- En la parte superior derecha se da clic en el comando “Label features in this layer”, activando una palomita la cual indica que aparecerá esa etiqueta en esa capa (Figura 4.67).

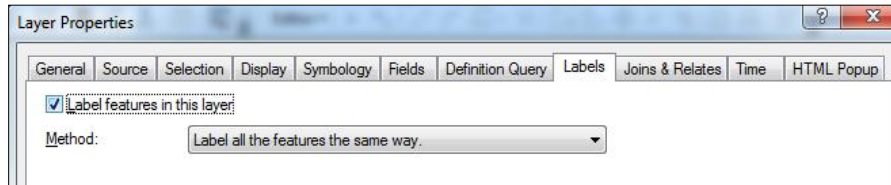


Figura 4. 67 Localización dentro de la ventana del comando

- Se selecciona el atributo que se requiere aparezca como etiqueta en esa capa dando clic en el botón Expresión (Figura 4.68).

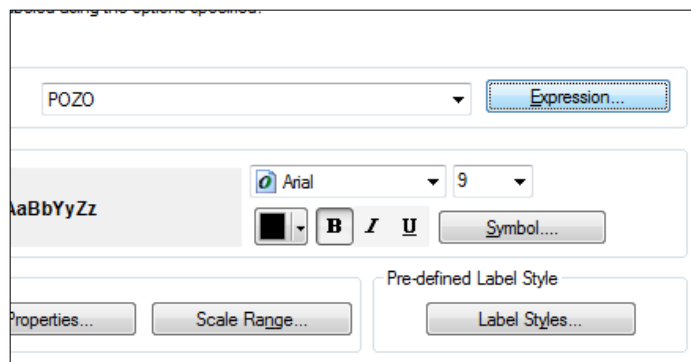


Figura 4. 68 Fragmento de la ventana donde se localiza el área de edición de etiquetas

- Aparece la siguiente ventana y ahí se da doble clic sobre el atributo que se desea aparezca en el mapa en este caso el de pozo y se da clic en Aceptar (Figura 4.69).

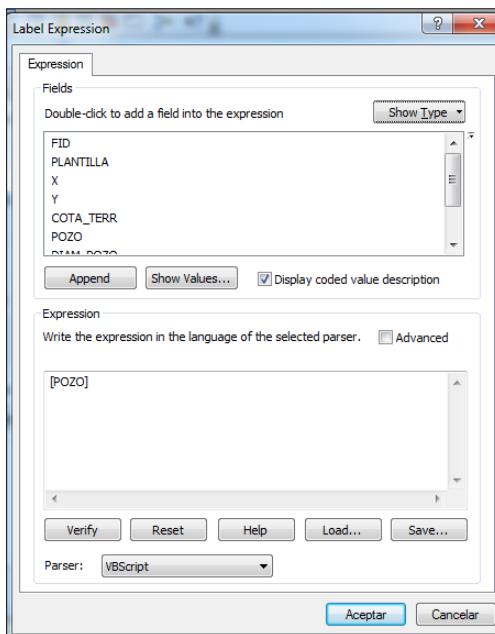


Figura 4. 69 Ventana del comando Label Expression, donde se diseña la etiqueta

- Aparece nuevamente la ventana anterior, ahí se podrá elegir el formato de la etiqueta, desde tamaño de la fuente, color, grosor, etc. Se da clic en Aplicar y Aceptar (Figura 4.70).

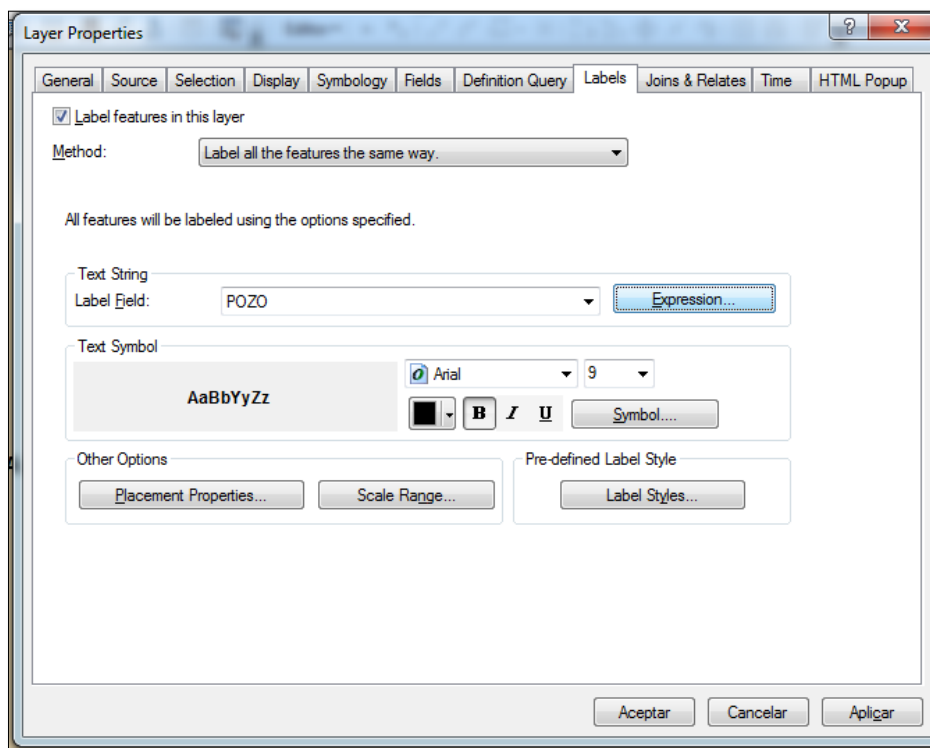


Figura 4.70 Contenido de la pestaña Labels al término de la edición

### 11.- Edición de la simbología de cada shapefile.

La simbología usada en el SIG se podrá modificar dependiendo de las necesidades del organismo operador al momento de presentar el mapa.

- Se selecciona la capa que se quiere editar (Figura 4.71).

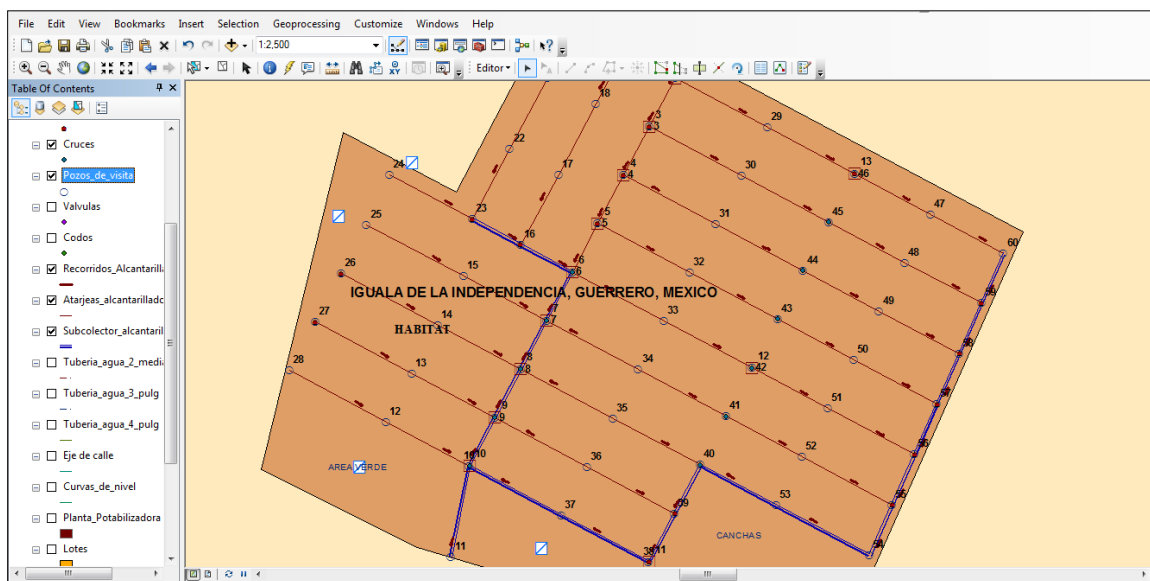


Figura 4.71 Imagen donde se muestra la simbología previa de la capa Pozos\_de\_visita

- Se le da clic en la parte inferior del nombre de la capa, lo cual desplegará la ventana Symbol Selector (Figura 4.72).

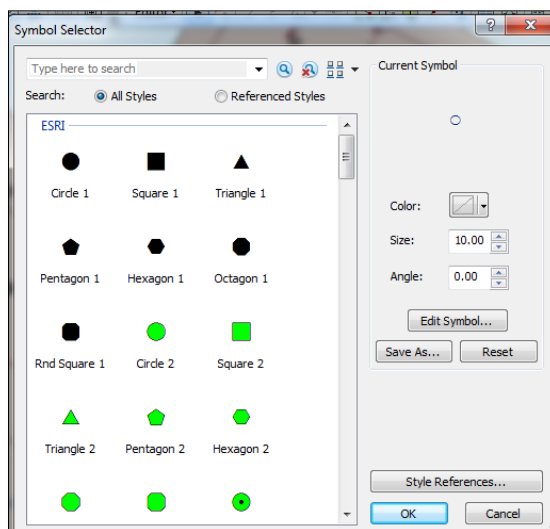


Figura 4.72 Ventana del comando Symbol Selector, donde se observa la simbología disponible y opciones de edición de la misma

- Se selecciona la simbología a emplear en la capa, se le da el formato deseado y se da un clic en OK (Figura 4.73).

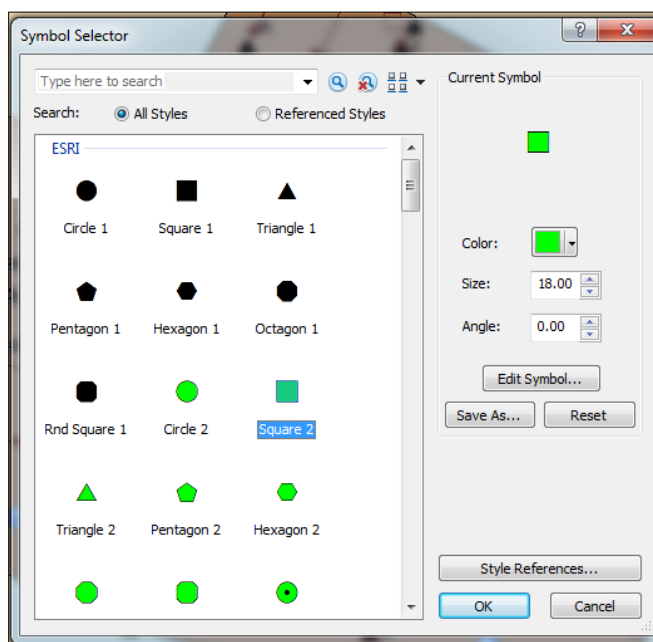


Figura 4.73 Selección de la simbología deseada para la capa

- Se observa la simbología editada (Figura 4.74).

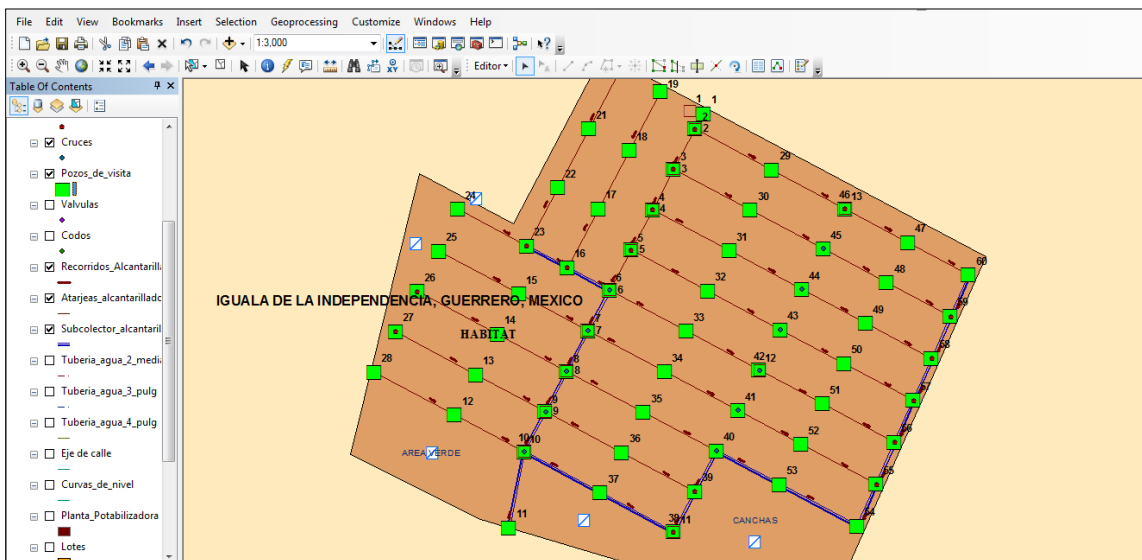


Figura 4. 74 Imagen donde se observa la simbología modificada

## 12.- Colocación de hipervínculos en shapefiles.

El hipervínculo es una herramienta interesante que el organismo operador puede utilizar para mostrar información adicional de alguna capa del SIG como: fotografías, tablas, documentos o planos donde considere necesario.

- Con el cursor se selecciona la capa de la cual se desea saber sus características (Figura 4.75).

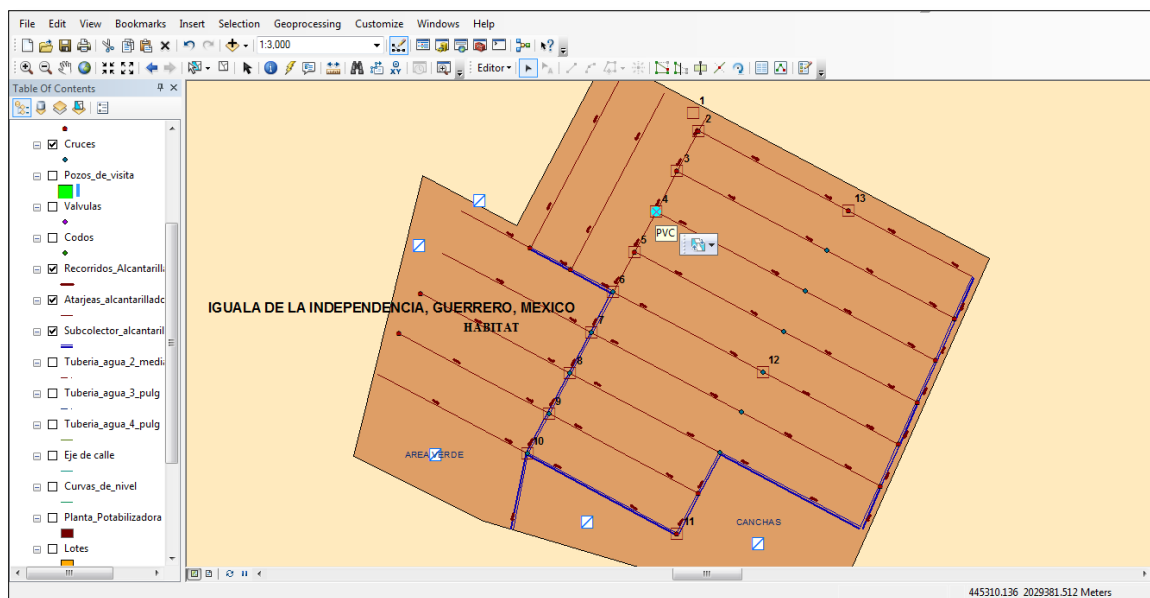
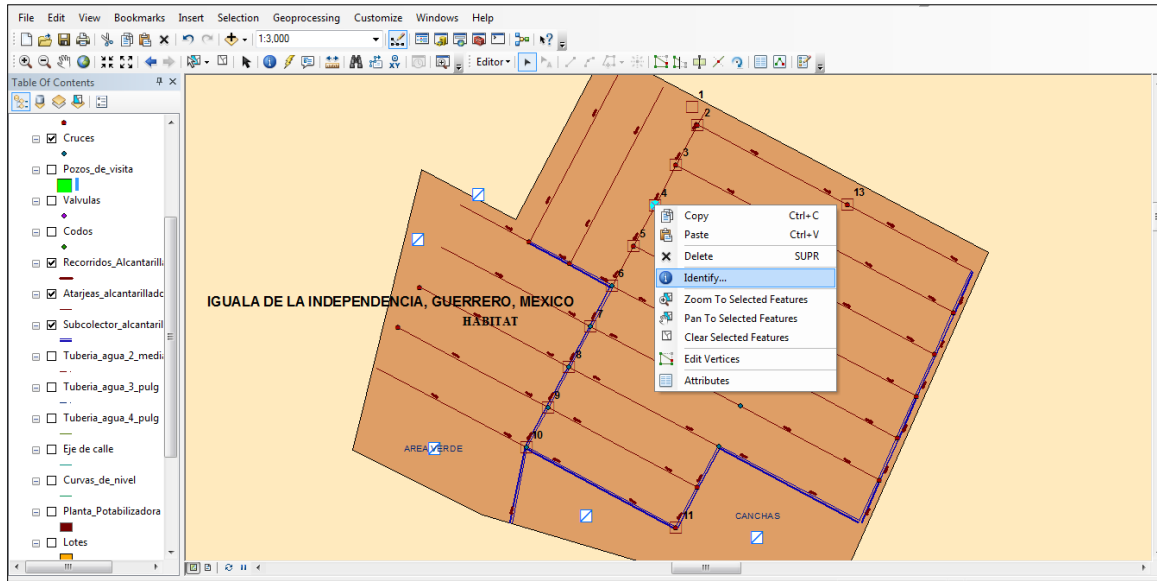


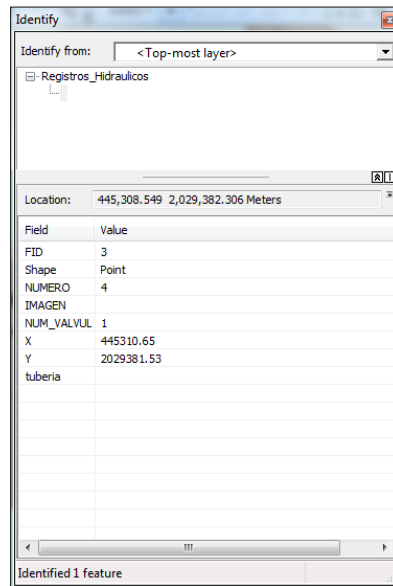
Figura 4. 75 Selección de la capa donde se agregará hipervínculo en el mapa.

- Se le da clic derecho en la capa de interés, desplegándose la siguiente barra. Se coloca el cursor sobre Identify y se le da clic (Figura 4.76).



**Figura 4. 76 Menú emergente al dar clic derecho sobre la capa en el mapa. Se observa la selección del comando Identify**

- Se despliega la siguiente ventana (Figura 4.77):



**Figura 4. 77 Ventana del comando Identify**

- Se da clic derecho en la parte superior del cuadro y despliega una nueva barra (Figura 4.78).

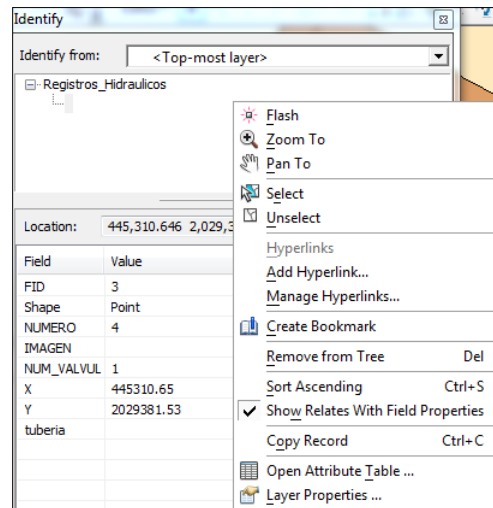


Figura 4. 78 Menú emergente al dar clic derecho sobre la pantalla en blanco en la parte superior de la ventana

- Se coloca el cursor sobre la opción de Add Hyperlink (Figura 4.79).

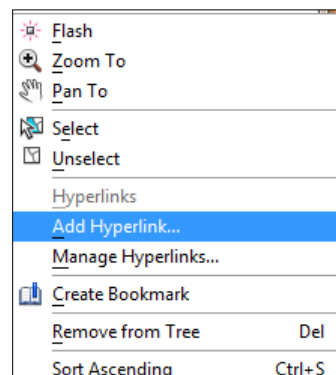


Figura 4. 79 Secuencia del comando Add Hyperlink

- Se despliega la siguiente ventana. Se selecciona la dirección en la que se encuentran los archivos (Figura 4.80).

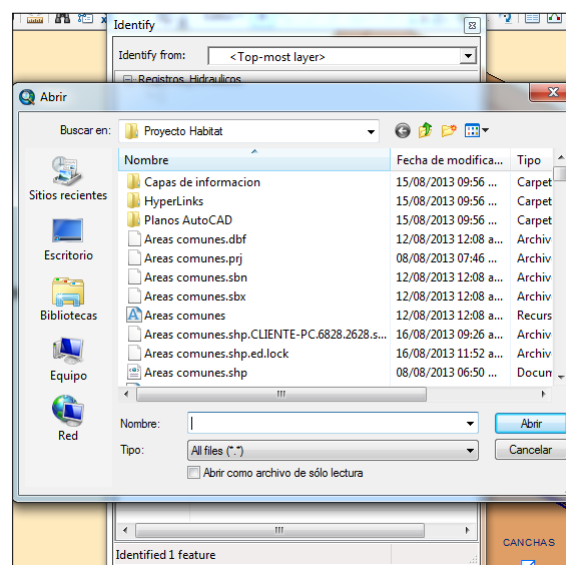


Figura 4. 80 Ventana que se despliega para buscar la ruta del archivo que se desea hipervincular



- Se selecciona la carpeta donde se encuentran los Hiperlinks (Figura 4.81).

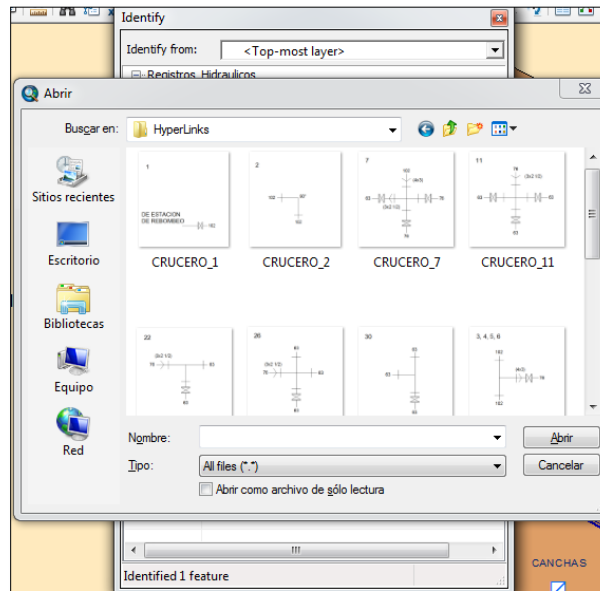


Figura 4. 81 Ventana donde se ubican los archivos

- Se selecciona el archivo deseado y se da clic en Abrir (Figura 4.82).

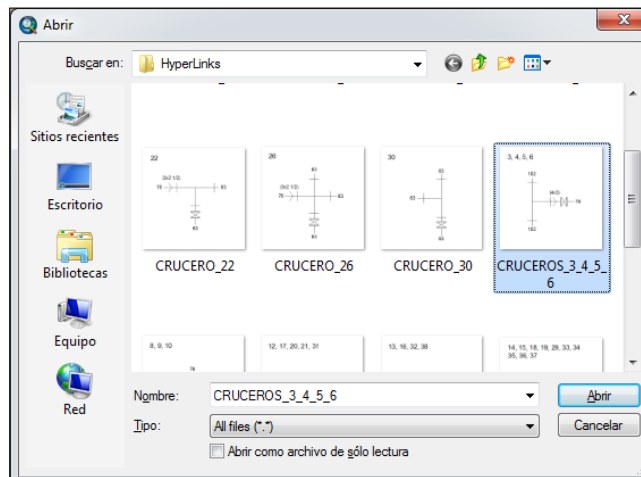


Figura 4. 82 Selección del archivo

- Se da clic en el icono de Hiperlink para que se habilite la opción de ver la fotografía (Figura 4.83).

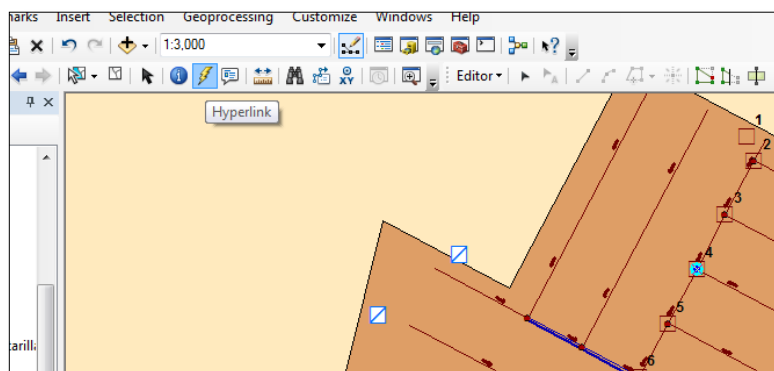


Figura 4. 83 Icono Hyperlink

- Se selecciona el cruceo y se da clic para que se muestre la fotografía de ese tramo (Figura 4.84).

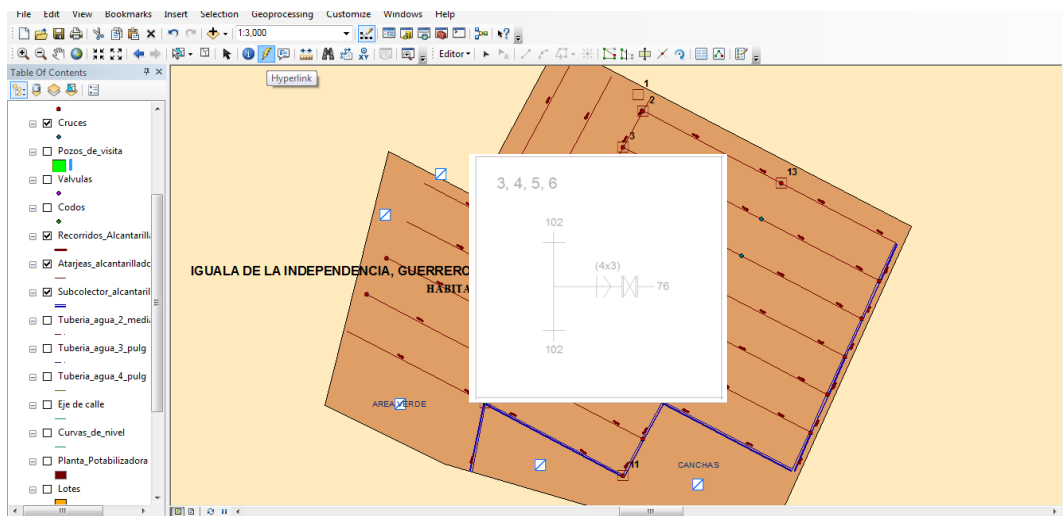


Figura 4.84 Al dar clic sobre la capa, automáticamente se despliega el archivo hipervinculado

#### 4.3.4 Consultas en el SIG

La administración de una red de agua y alcantarillado para efectos de control, operación y mantenimiento debe disponer en todo momento información de tipo cualitativa o cuantitativa, que permita al organismo operador de estos sistemas, la toma de decisiones. Es por esta razón que la modelación de este SIG permite la generación de consultas en dos formas: visualización directa y la búsqueda en tablas de atributos asociadas a cada shapefile.

##### Visualización directa

Las formas de visualización directa en el mapa son las siguientes:

- 1.- Apagado y encendido de capas.
  - 2.- Clic sobre elementos específicos para ver información vinculada (hipervínculos).
- Ejemplo de visualización directa: Consultar la ubicación en el mapa del subcolector de la red de alcantarillado.

- Se abre el SIG y se activan las capas del polígono de la ciudad de Iguala y de fraccionamiento para tener una referencia (Figura 4.85).

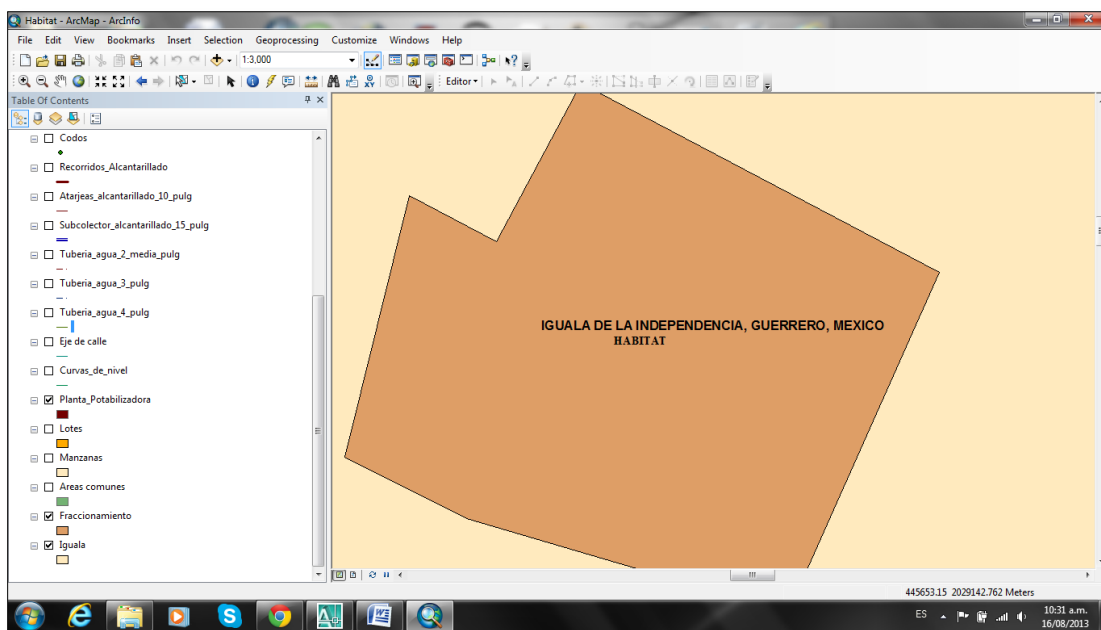


Figura 4. 85 Se activan las capas. La flecha en el recuadro izquierdo de la capa indica que está encendida

- Para visualizar el subcolector de la red de alcantarillado, simplemente se da clic en el cuadro de la capa correspondiente al subcolector para encenderla. Adicionalmente se podrá encender la capa de los ejes de calle para tener mayor referencia (Figura 4.86).

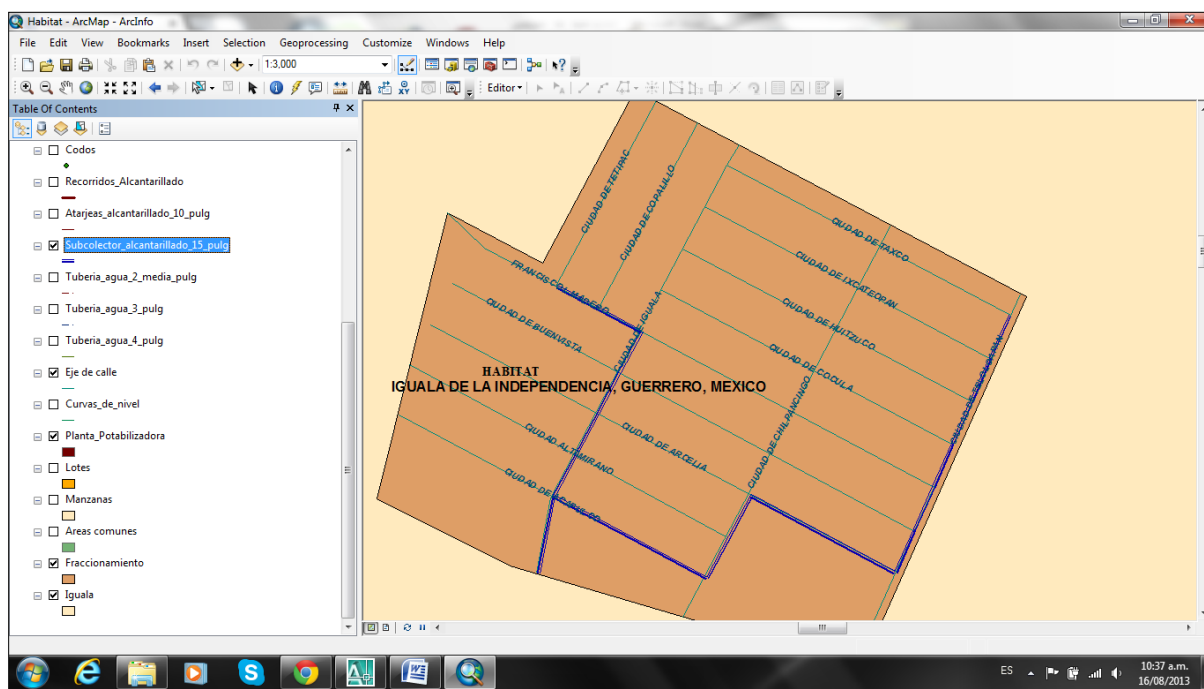


Figura 4. 86 Se observan las capas encendidas directamente en el mapa.

Consultas adicionales del mismo tipo que se pueden realizar:

- Ubicación de las tuberías.
- Ubicación de los elementos que conforman el sistema de agua y/o alcantarillado.
- Nombres de las calles.
- Piezas especiales en cada cruceo.
- Curvas de nivel.
- Ubicación de cada uno de los lotes del fraccionamiento.

### Búsquedas o consultas en tablas de atributos

Esta puede ser de dos tipos:

- 1.- Selección de elementos por atributos.
- 2.- Selección de elementos por localización.

Ejemplo de consultas en tablas de atributos: Consultar el número de lotes que tiene el fraccionamiento.

- Se abre la tabla de atributos de la capa de interés, en este caso la capa correspondiente a los lotes (Figura 4.87).

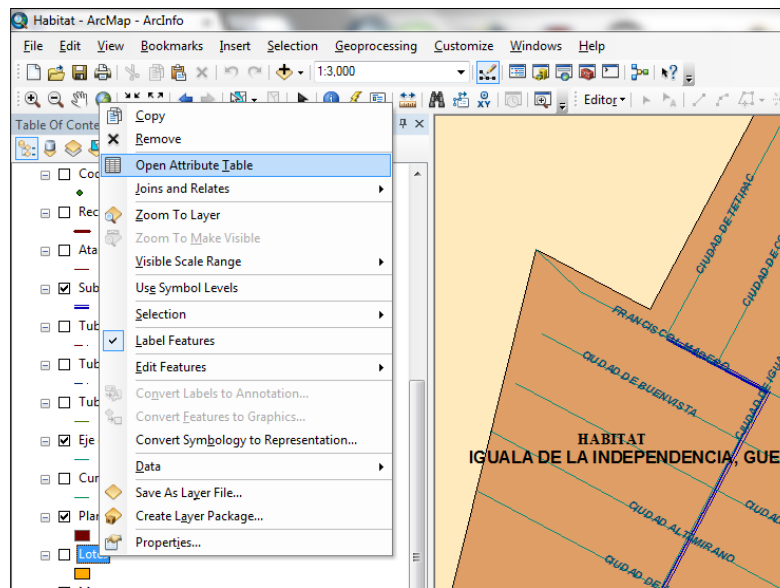
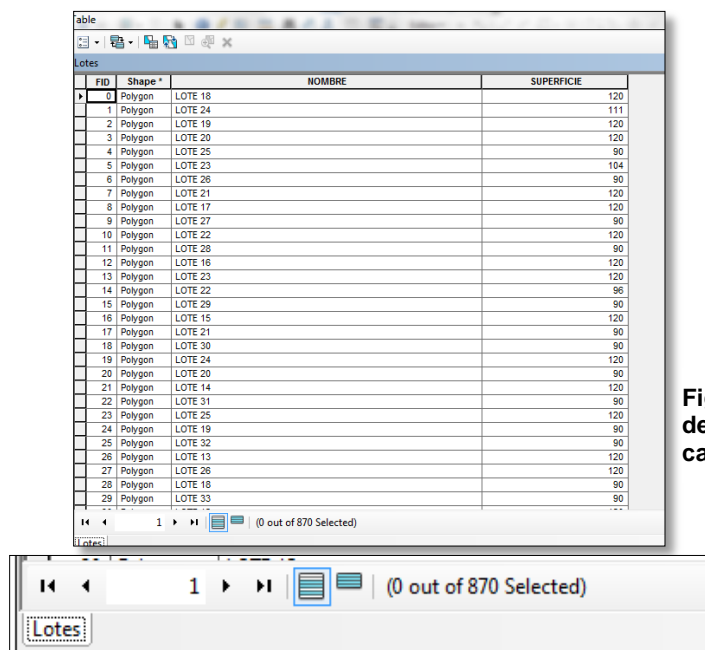


Figura 4. 87 Menú emergente al dar clic derecho sobre la capa. Selección de Open Attribute Table

- En la parte inferior de la tabla aparece la siguiente leyenda “0 out of 870 selected” lo cual nos indica que existen en total **870** elementos, número correspondiente al número de lotes (Figs. 4.88 y 4.89).



FID	Shape	NOMBRE	SUPERFICIE
0	Polygon	LOTE 18	120
1	Polygon	LOTE 24	111
2	Polygon	LOTE 19	120
3	Polygon	LOTE 20	120
4	Polygon	LOTE 25	90
5	Polygon	LOTE 23	104
6	Polygon	LOTE 26	90
7	Polygon	LOTE 21	120
8	Polygon	LOTE 17	120
9	Polygon	LOTE 27	90
10	Polygon	LOTE 22	120
11	Polygon	LOTE 28	90
12	Polygon	LOTE 16	120
13	Polygon	LOTE 23	120
14	Polygon	LOTE 22	96
15	Polygon	LOTE 29	90
16	Polygon	LOTE 15	120
17	Polygon	LOTE 21	90
18	Polygon	LOTE 30	90
19	Polygon	LOTE 24	120
20	Polygon	LOTE 20	90
21	Polygon	LOTE 14	120
22	Polygon	LOTE 31	96
23	Polygon	LOTE 25	120
24	Polygon	LOTE 19	90
25	Polygon	LOTE 32	90
26	Polygon	LOTE 13	120
27	Polygon	LOTE 26	120
28	Polygon	LOTE 18	90
29	Polygon	LOTE 33	90

Figura 4. 88 Tabla de atributos de la capa seleccionada

Figura 4. 89 Zoom de la leyenda en la parte inferior de la tabla

Consultas adicionales del mismo tipo que se pueden realizar:

- Coordenadas de los elementos del sistema de agua potable y/o alcantarillado
- Materiales de tuberías del sistema de agua potable y/o alcantarillado
- Cotas de terreno y profundidades de pozos de visita.
- Características de las válvulas de la red de agua potable.
- Superficies.



“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”



## RESULTADOS



#### IV. RESULTADOS

De acuerdo a las herramientas proporcionadas por el Sistema de Información Geográfica del fraccionamiento se presenta a continuación un breve análisis de los resultados obtenidos a través de la creación e implementación del sistema:

- Analizando los datos recopilados para la creación del sistema (cartografía y bases de datos) se encontró que una importante cantidad de información no estaba disponible en una memoria de cálculo, teniendo que inferirse ésta directamente de los planos de los proyectos de agua potable y alcantarillado del fraccionamiento. Además, esta información se encontraba en formato CAD, para lo cual se realizó la conversión de formato CAD a shapefile.
- Se corrigieron aquellas manzanas y lotes que presentaban conflicto con los demás elementos del sistema. El mismo caso se aplicó para algunos trazos de tuberías.
- De acuerdo a los requerimientos del sistema, este tiene funciones de tipo informativo y de consultas para el organismo operador municipal.
- Se aplicó el Sistema de Información Geográfica sobre el fraccionamiento “Ciudad Hábitat” buscando que se convierta en el cimiento de un proyecto que podría llegar a integrar la información de los sistemas de agua potable y alcantarillado de todo el municipio de Iguala, e incluso, integrar información de interés de todas las dependencias del municipio (salud, educación, infraestructura, turismo, tránsito y transporte).



“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”



## CONCLUSIONES





## V. CONCLUSIONES

Los Sistemas de Información Geográfica tienen un gran impacto en la vida diaria puesto que permiten un mejor entendimiento del entorno y porque se vuelven útiles en la búsqueda de la solución de problemas muy específicos, pues permiten el manejo de datos y la visualización de los mismos, ventaja que otorga a cualquier usuario de este tipo de sistemas un mejor panorama para la toma de decisiones.

El desarrollo de este Sistema de Información Geográfica permitirá el uso de la información existente de una manera más rápida y eficiente, logrando que el organismo operador encargado de la prestación de servicios en materia de agua potable y alcantarillado, pueda aprovechar todos los recursos que necesite y se facilite, de esta manera, la toma de decisiones en problemas que se puedan presentar en la operación y mantenimiento de las redes.

Sin embargo, es importante que esta información sea lo más completa posible y que sea actualizada periódicamente. Mientras más elementos se tengan para la toma de decisiones, mejor será el servicio prestado. De no ser así, se cae en el riesgo de que, al no tener información fidedigna, se genere inconformidad e incredulidad entre los ciudadanos.

El Sistema de Información Geográfica se diseñó con el propósito de que la interfaz fuese amigable, de fácil uso y que su vez pueda consultarse información tanto espacial (mapas) como alfanumérica (tablas de datos). El software utilizado para la creación del sistema (ArcMap 10), si bien representa un costo por su licencia, es uno de los más utilizados y conocidos en este tipo de trabajos.



## VI. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 2 Brújula de mano .....	6
Figura 1. 3 Partes de un Teodolito .....	7
Figura 1. 4 Estación total.....	8
Figura 1. 6 Orientación del datum .....	10
Figura 1. 7 Coordenadas geodésicas.....	12
Figura 1. 8 Triangulación topográfica .....	15
Figura 1. 10 Método de repeticiones .....	17
Figura 1. 11 Intersección directa .....	17
Figura 1. 12 Solución a la intersección inversa simple .....	18
Figura 1. 14 Poligonal abierta con ángulos exteriores.....	20
Figura 1. 15 Radiaciones .....	21
Figura 1. 17 Nivelación trigonométrica .....	22
Figura 1. 18 Metodología para el procesamiento de imágenes satelitales .....	24
Figura 1. 19 Realce .....	25
Figura 1. 20 Restituidor analógico.....	26
Figura 1. 21 Método intersección directa .....	27
Figura 2. 1 Captación directa con bomba centrífuga horizontal.....	31
Figura 2. 3 Esquema de pozos artesianos .....	34
Figura 2. 4 Línea de conducción con entrega del agua a un tanque de regulación .....	35
Figura 2. 5 Línea de conducción con entrega del agua a la red de distribución.....	35
Figura 2. 6 Tipos de válvulas.....	37
Figura 2. 7 Piezas especiales de Fierro fundido.....	39
Figura 2. 8 Tipos de tanques elevados .....	41
Figura 2. 9 Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable .....	42
Figura 2. 10 Red secundaria convencional .....	45
Figura 2. 12 Red secundaria convencional en bloques.....	46
Figura 2.14 Diagrama de flujo de una planta de tratamiento convencional para agua potable .....	51
Figura 2. 15 Descarga domiciliaria con tubería de PVC.....	56
Figura 2. 16 Conexión hermética de pozo de visita con tubería.....	56
Figura 2. 17 Trazo de la red de atarjeas en bayoneta.....	58
Figura 2. 18 Trazo de la red de atarjeas en peine.....	59



Figura 2. 19 Trazo de la red de atarjeas combinado .....	59
Figura 2. 20 Foto de rejilla.....	65
Figura 2. 21 Dimensiones de los sólidos suspendidos, coloidales y disueltos .....	65
Figura 2. 22 Planta típica de Tratamiento de aguas residuales Tipo Primario .....	66
Figura 2. 23 Planta de tratamiento del tipo primario avanzado o fisicoquímico.....	66
Figura 2. 24 Tren Industrial de Tratamiento Primario .....	67
Figura 2. 25 Productos finales de la digestión anaerobia y aerobia .....	69
Figura 2. 26 Clasificación de los reactores.....	70
Figura 2. 27 Proceso de Osmosis Inversa .....	73
Figura 2. 28 Proceso de Cloración.....	74
Figura 2. 29 Proceso de Radiación Ultravioleta .....	74
Figura 4. 1 Ubicación del fraccionamiento “Ciudad Hábitat” .....	95
Figura 4. 2 Localización de puntos para proyección de coordenadas UTM.....	96
Figura 4. 3 Ubicación de subcolectores de la red de alcantarillado.....	97
Figura 4. 5 Carpetas con información en .dwg de las capas del SIG .....	107
Figura 4. 6 Archivos en la carpeta “Capas Polígonos” .....	107
Figura 4. 7 Archivos en la carpeta “Capas Red Alcantarillado” .....	107
Figura 4. 8 Archivos en la carpeta “Capas Red Hidráulica” .....	108
Figura 4. 9 Ícono Add Data.....	108
Figura 4. 10 Secuencia del comando Add Data .....	109
Figura 4. 11 Vista en la tabla de contenidos de elementos agregados .....	109
Figura 4. 12 Menú emergente al dar clic derecho sobre el elemento.....	109
Figura 4. 13 Secuencia del comando Data .....	110
Figura 4. 14 Ventana Export Data .....	110
Figura 4. 15 Ventana que muestra la carpeta de destino para guardar el shapefile .....	110
Figura 4. 16 Ventana “Export Data” .....	111
Figura 4. 17 Ícono Add Data.....	111
Figura 4. 18 Secuencia del comando Add Data .....	111
Figura 4. 19 Vista en la tabla de contenidos de los elementos agregados.....	112
Figura 4. 20 Menú emergente al dar clic derecho sobre el elemento.....	112
Figura 4. 21 Secuencia del comando Data .....	112
Figura 4. 22 Ventana Export Data .....	113



Figura 4. 23 Ventana que muestra la carpeta de destino para guardar el shapefile .....	113
Figura 4. 24 Ventana Export Data .....	113
Figura 4. 25 Icono Add Data.....	114
Figura 4. 26 Secuencia del comando Add Data .....	114
Figura 4. 27 Vista en la tabla de contenidos de los elementos agregados.....	114
Figura 4. 28 Menú emergente al dar clic derecho sobre el elemento.....	115
Figura 4. 29 Secuencia del comando Data .....	115
Figura 4. 30 Ventana Export Data .....	115
Figura 4. 31 Ventana que muestra la carpeta de destino para guardar el shapefile .....	116
Figura 4. 32 Ventana Export Data .....	116
Figura 4. 33 Menú emergente al dar clic derecho sobre la capa.....	117
Figura 4. 34 Tabla de atributos de la capa seleccionada. ....	117
Figura 4. 35 Botón de “Table Options” . ....	117
Figura 4. 36 Secuencia de comando Add Field.....	118
Figura 4. 37 Elección del tipo de formato .....	118
Figura 4. 38 Activación del comando Editor .....	119
Figura 4. 39 Inicio del comando Editor .....	119
Figura 4. 40 Menú emergente al dar clic derecho .....	120
Figura 4. 42 Menú emergente al dar clic derecho sobre un elemento.....	121
Figura 4. 44 Menú emergente al dar clic derecho sobre el campo o atributo.....	122
Figura 4. 46 Icono Catalog window .....	123
Figura 4. 47 Menú emergente al dar clic derecho sobre la capa.....	123
Figura 4. 48 Ventana de propiedades de la capa.....	124
Figura 4. 49 Selección de sistema de coordenadas.....	124
Figura 4. 51 Selección del Datum .....	125
Figura 4. 52 Selección del hemisferio .....	125
Figura 4. 54 En la ventana de las propiedades se aceptan las modificaciones .....	126
Figura 4. 55 Vista del Data Frame.....	127
Figura 4. 56 Menú emergente al dar clic derecho sobre el Data Frame.....	127
Figura 4. 57 Ventana de propiedades del Data Frame.....	128
Figura 4. 58 Secuencia para elección de sistema de coordenadas del Data Frame.....	128
Figura 4. 59 Secuencia para elección de coordenadas del Data Frame. Selección de proyección UTM .....	129



Figura 4. 60 Secuencia para selección de sistema de coordenadas del Data Frame. Selección de Datum .....	129
Figura 4. 61 Secuencia para elección de sistema de coordenadas del Data Frame. Selección de hemisferio .....	130
Figura 4. 62 Secuencia para elección de sistema de coordenadas del Data Frame. Selección de zona .....	130
Figura 4. 63 Vista del Data Frame. A la izquierda se observa tabla de contenidos.....	131
Figura 4. 64 Menú emergente al dar clic derecho sobre la capa.....	131
Figura 4. 65 Secuencia del comando Propiedades .....	132
Figura 4. 66 Ventana de propiedades de la capa. Se observa el contenido de la pestaña Labels.....	132
Figura 4. 67 Localización dentro de la ventana del comando .....	133
Figura 4. 68 Fragmento de la ventana donde se localiza el área de edición de etiquetas .....	133
Figura 4. 69 Ventana del comando Label Expression, donde se diseña la etiqueta .....	133
Figura 4. 70 Contenido de la pestaña Labels al término de la edición .....	134
Figura 4. 71 Imagen donde se muestra la simbología previa de la capa Pozos_de_visita .....	134
Figura 4. 72 Ventana del comando Symbol Selector, donde se observa la simbología disponible y opciones de edición de la misma.....	135
Figura 4. 73 Selección de la simbología deseada para la capa .....	135
Figura 4. 74 Imagen donde se observa la simbología modificada.....	136
Figura 4. 75 Selección de la capa donde se agregará hipervínculo en el mapa. ....	136
Figura 4. 76 Menú emergente al dar clic derecho sobre la capa en el mapa. Se observa la selección del comando Identify .....	137
Figura 4. 77 Ventana del comando Identify .....	137
Figura 4. 78 Menú emergente al dar clic derecho sobre la pantalla en blanco en la parte superior de la ventana.....	138
Figura 4. 79 Secuencia del comando Add Hyperlink.....	138
Figura 4. 80 Ventana que se despliega para buscar la ruta del archivo que se desea hipervincular .....	138
Figura 4. 81 Ventana donde se ubican los archivos.....	139
Figura 4. 82 Selección del archivo .....	139
Figura 4. 83 Icono Hyperlink.....	139
Figura 4. 84 Al dar clic sobre la capa, automáticamente se despliega el archivo hipervinculado .....	140



Figura 4. 85 Se activan las capas. La flecha en el recuadro izquierdo de la capa indica que está encendida ..... 141

Figura 4. 86 Se observan las capas encendidas directamente en el mapa. .... 141

Figura 4. 87 Menú emergente al dar clic derecho sobre la capa. Selección de Open Attribute Table ..... 142

Figura 4. 88 Tabla de atributos de la capa seleccionada ..... 143

Figura 4. 89 Zoom de la leyenda en la parte inferior de la tabla..... 143

**VII. ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1 Elementos de un SIG..... 82

Cuadro 2 Funciones ..... 84

Cuadro 3 Sistema espacial Vector y Raster ..... 89

Cuadro 4 Ventajas y Desventajas de los modelos espaciales ..... 90

Cuadro 5 Servidor de mapas en la web ..... 93

**VIII. ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1 Límites permisibles de características Microbiológicas ..... 48

Tabla 2.2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas..... 48

Tabla 2.3 Límites permisibles de características químicas ..... 50

Tabla 2.4 Límites permisibles de características radiactivas..... 50

Tabla 2.5 Límites Máximos Permisibles para contaminantes básicos de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996..... 62

Tabla 2.6 Límites Máximos Permisibles de acuerdo a la NOM-002-SEMARNAT-1996..... 63

Tabla 2.7 Límites Máximos Permisibles de Contaminantes de acuerdo a la NOM-003-SEMARNAT-1997 ..... 63

Tabla 4.1 Tabla de shapefiles en el SIG, con los nombres de cada elemento y su descripción ..... 100

Tabla 4. 3 Atributos de la capa “Fraccionamiento” ..... 101

Tabla 4. 5 Atributos de la capa “Áreas comunes” ..... 101

Tabla 4. 7 Atributos de la capa “Eje de calle” ..... 102

Tabla 4. 9 Atributos de la capa “Subcolector 15 pulg” ..... 102

Tabla 4. 11 Atributos de la capa “Tubería agua potable 3 pulg” ..... 103

Tabla 4. 13 Atributos de la capa “Curvas de nivel” ..... 104

Tabla 4. 15 Atributos de la capa “Tees” ..... 104



“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”



Tabla 4. 17 Atributos de la capa “Codos” .....	104
Tabla 4. 19 Atributos de la capa “Cruceros” .....	105
Tabla 4. 21 Atributos de la capa “Registro Hidráulico” .....	105
Tabla 4. 23 Atributos de la capa “Estación de rebombeo” .....	106



## IX. 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 Severino, J. L. (2000). *Planeación y Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable*. México, D.F.
- 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.
- INEGI. (7 de Mayo de 1993). *INEGI*. Recuperado el 2 de Agosto de 2013, de Geografía: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/default.aspx>
- Ministerio de Desarrollo Económico. (Noviembre de 2000). Tratamiento de Aguas Residuales. Bogota, Colombia.
- Montes de Oca, M. (1996). *Topografía*. México: Alfaomega.
- Ortiz Rico, G. (2006). *INEGI*. Recuperado el 18 de Junio de 2013, de Geografía: <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/español/prensa/articulos/geografica/sig2006.pdf>
- Sánchez Segura, A. (2001). *Proyecto de Sistemas de Alcantarillado*. México, D.F.: IPN.
- Sánchez, S. A. (2001). *Proyecto de Sistemas de Alcantarillado*. México, D.F.: IPN.
- Toscano, R. (1970). *Métodos Topográficos*. México: Porrúa.





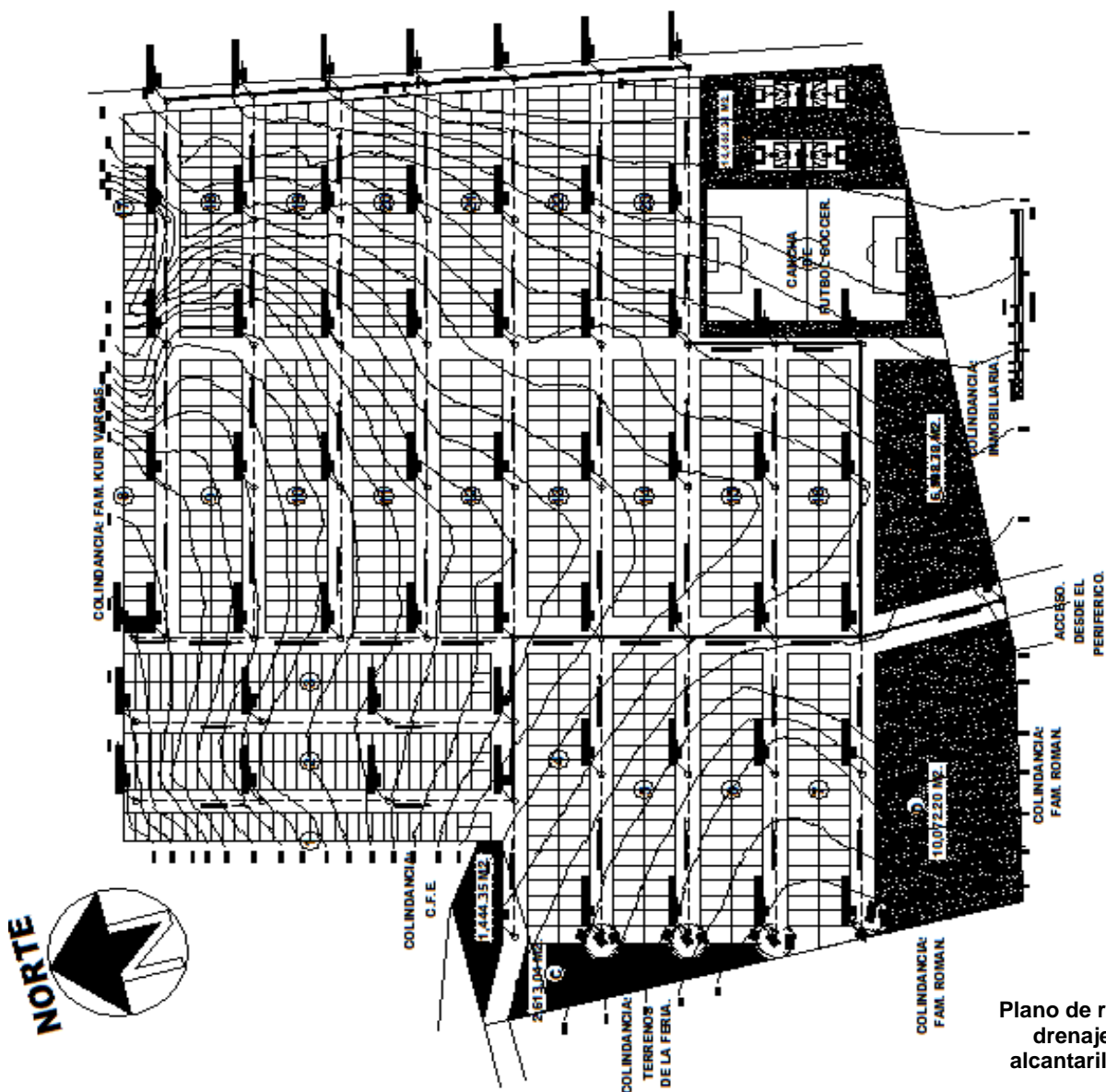
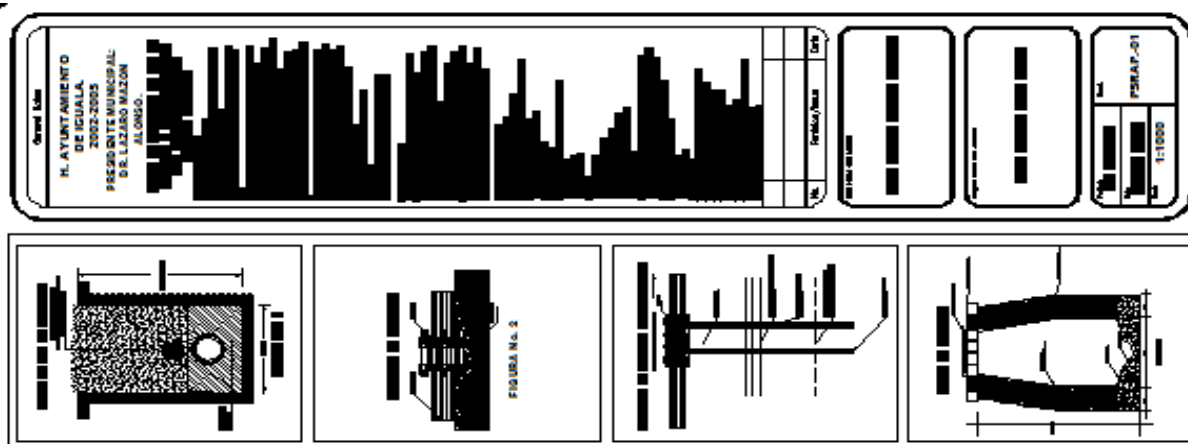
“Sistema de Información Geográfica con fines de mantenimiento y operación de la red de agua potable y alcantarillado del fraccionamiento Ciudad Hábitat, ubicado en la ciudad de Iguala de la Independencia, Guerrero”



## ANEXOS







Plano de red de drenaje y alcantarillado