

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



MEDICION DE CAUDALES, EN CONDUCTOS
CIRCULARES A PRESION, UTILIZANDO UN
TRANSDUCTOR DIGITAL

POR:

ADRIAN LEONARDO FERRINO FIERRO

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS con Especialidad en
Ingeniería Ambiental

OCTUBRE DE 1998

TM

FD482

F4

1998

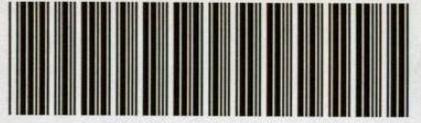
1

MEDICION DE CAUDALES, EN CONDICIONES
DE CAUDALES, EN CONDICIONES
CIRCULARES A PRESION, UTILIZANDO UN
TRANSDUCTOR DIGITAL

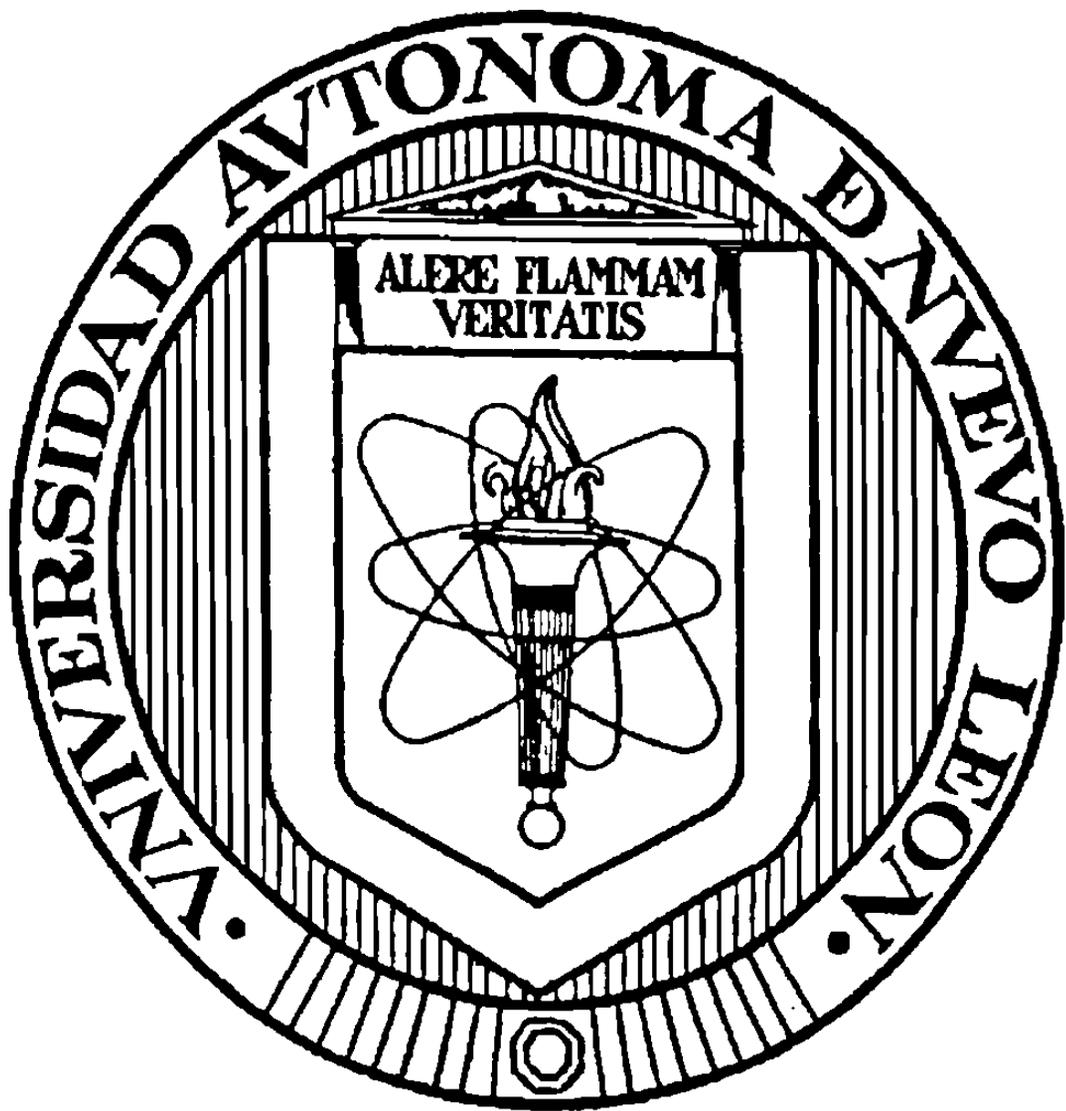
1998

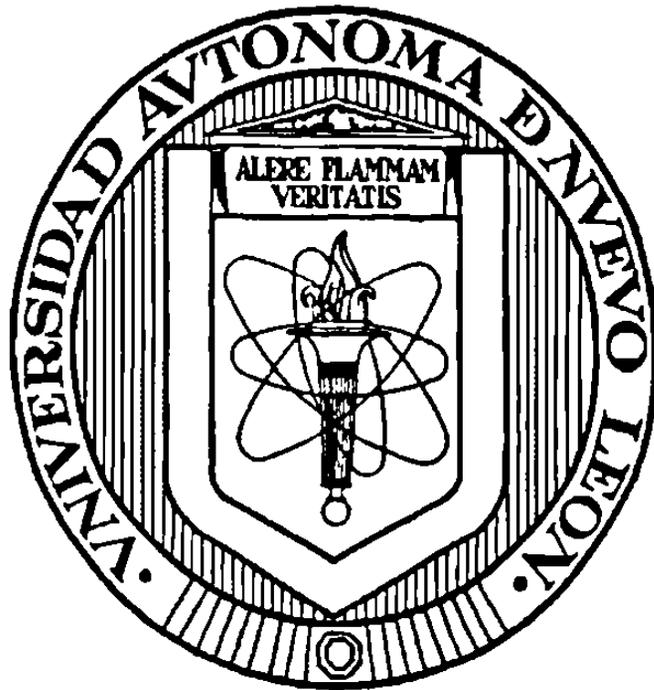
399

88



1080087047





**RECTOR
DR. REYES S. TAMEZ GUERRA**

**SECRETARIO GENERAL
DR. LUIS GALAN WONG**

**SECRETARIO ACADEMICO
ING. JOSE A. GONZALEZ TREVIÑO**

**DIRECTOR GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
DR. UVALDO ORTIZ MENDEZ**

TD182

.F4

1998



**MEDICIÓN DE CAUDALES EN CONDUCTOS
CIRCULARES A PRESION UTILIZANDO UN TRANSDUCTOR DIGITAL.**

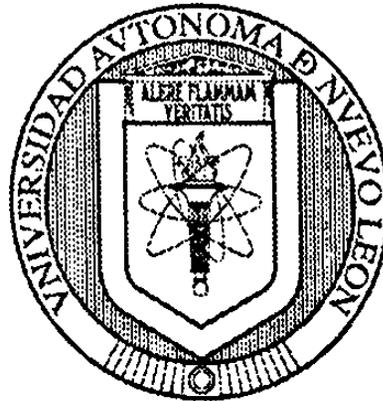
Aprobación de la Tesis:

M. en C. Víctor Hugo Guerra Cobián
Asesor de la tesis

Dr. Ricardo González Alcorta
Jefe de la División de Estudios de Postgrado

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



MEDICIÓN DE CAUDALES, EN CONDUCTOS CIRCULARES A PRESION, UTILIZANDO UN TRANSDUCTOR DIGITAL.

Por

ADRIAN LEONARDO FERRIÑO FIERRO

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS con Especialidad en
Ingeniería Ambiental

Octubre, 1998

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

ADRIAN LEONARDO FERRIÑO FIERRO
Ingeniero Civil

Candidato para el Grado de

Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental

Tesis: MEDICION DE CAUDALES EN CONDUCTOS CIRCULARES A PRESION UTILIZANDO UN TRANSDUCTOR DIGITAL

Biografía:

Datos personales: Nacido en Cuatro Ciénagas, Coahuila, el 17 de mayo de 1970, hijo de José Miguel Ferriño González y Margarita Fierro Arroyo.

Educación:

Ingeniero Civil, Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en 1992

Experiencia Profesional: Auxiliar del Departamento de Hidráulica del Instituto de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería Civil, U.A.N.L.

Maestro por Horas en la Facultad de Ingeniería Civil.

Jefe del Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al...

M. en C. Víctor Hugo Guerra Cobián

por su apoyo, sugerencias e interés, en la asesoría y revisión del presente trabajo.

Al

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

por el apoyo económico para la realización de mis estudios.

Con el favor de Dios hace veintiocho años una pareja excepcional me dio la oportunidad de nacer, vivir y desarrollarme en un seno familiar basado en el respeto y el amor, hoy que ya no los tengo físicamente les dedico con todo mi amor y agradecimiento esta investigación.

A mis padres, por creer en mí y por sentirse orgulloso de su hijo

Margarita Fierro Arroyo
José Miguel Ferriño González

A mis queridos hermanos:

Luis Miguel
Gerardo
Arturo
Fabiola

A mis grandes amores, mi esposa e hijos:

Nora Liliana
José Miguel
Andrea
Adrian Leonardo

Secretaría de Postgrado
Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Autónoma de Nuevo León

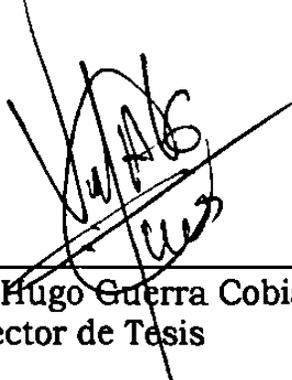
AT'N: DR. RICARDO GONZALEZ ALCORTA

Por medio de esta presente me permito informarle en calidad de DIRECTOR DE TESIS que el Ing. Adrian Leonardo Ferriño Fierro, ha concluido su tesis titulada: **"MEDICION DE CAUDALES, EN CONDUCTOS CIRCULATRES A PRESION, UTILIZANDO UN TRANSDUCTOR DIGITAL"**, como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental.

Por tal motivo, no existe ningún inconveniente para que se efectúe la revisión de estilo, siguiente trámite establecido por la secretaria de Estudios de Postgrado

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano las atenciones brindadas, quedo de usted.

ATENTAMENTE
San Nicolás de los Garza, N.L.
A Septiembre 30 de 1998



M.C. Víctor Hugo Guerra Cobián
Director de Tesis

RESUMEN

Adrian Leonardo Ferriño Fierro

Fecha de Graduación: Octubre, 1998

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Civil

Título del Estudio: MEDICION DE CAUDALES, EN CONDUCTOS CIRCULARES A PRESION, UTILIZANDO UN TRANSDUCTOR DIGITAL

Número de páginas: 106

**Candidato para el grado de Maestría
en Ciencias con especialidad en
Ingeniería Ambiental**

Area de Estudio: Aforación de aguas residuales y potable

Propósito y Método del Estudio: Actualmente, debido a la falta de agua potable, el hombre se ve obligado a utilizar las aguas residuales, con el fin de aprovecharlas en actividades en las cuales no se requiere tan estricta calidad, debido a esto, se hace necesaria la medición de los volúmenes de agua, tanto potable como residual y se requiere de la mayor exactitud posible para poder conocer los volúmenes reales con que se cuenta. Para realizar lo anterior, se requiere de una tecnología de medición precisa, para minimizar los errores humanos, al efectuar dichas mediciones. Debido a que esa tecnología es relativamente cara, en este estudio se trata de construir un prototipo de aforador de caudal digital, que no dependa de otros equipos, y que requiera de un mantenimiento mínimo, para evitar altos costos de operación. El presente estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, ubicado en las instalaciones del Instituto de Ingeniería Civil en la Ciudad Universitaria.

Contribuciones y Conclusiones: Utilizando el diseño seleccionado, en numerosas pruebas de laboratorio, se logró obtener un prototipo de aforador de caudales digital, que se puede utilizar en tuberías a presión de diámetro nominal de cuatro pulgadas, que conduzcan agua; tanto potable, como residual del tipo industrial - doméstico. Construido con materiales que soporten la exposición al medio ambiente y los propios contaminantes del agua, con un diseño tipo viga en cantiliver, instrumentada con strain gages (deformímetros eléctricos); el prototipo, al deformarse, manda una señal a una consola digital la cual expresa una deformación como un valor numérico adimensional, y este, al relacionarlo con el gasto que pasa por la tubería en estudio (medido con un equipo calibrador, en nuestro caso un diafragma) brinda la posibilidad de ser calibrarlo. La calibración del prototipo se cuantificó mediante una ecuación que expresa el gasto o volumen de agua, en un determinado tiempo, lo cual se registra en la consola del transductor. Este cálculo tiene una confiabilidad casi total, por lo cual se recomienda el uso del transductor propuesto en cualquier tipo de tubería.

FIRMA DEL ASESOR :



IX

Prólogo

En estos tiempos, el agua es un factor determinante en el crecimiento y supervivencia del hombre; por ser escasa, sobre todo en las grandes ciudades, es necesario concientizarnos de que el agua no se crea y, por lo tanto, se debe de efficientizar su uso y para lograr esto es necesario medir, aforar o cuantificar la cantidad de agua potable utilizada en las industrias, y en el consumo humano. Así mismo, es necesario cuantificar el agua después de ser utilizada (residual) tanto en el ámbito potable como residual.

Se deben de aplicar los conocimientos adquiridos en nuestra formación profesional y encauzarlos hacia la investigación de nuevas formas, técnicas y métodos, que resulten más eficaces y, dada la situación económica del país, que sean lo más rentables posible, para que se puedan realizar.

En lo que respecta a la macromedición, en general, se debe de tener un amplio panorama de la tecnología existente, conociendo las técnicas y los instrumentos que se pueden utilizar, para así seleccionar una medición eficiente y económica.

Existen muchos métodos o formas de medición de caudales, tanto de agua potable como de aguas residuales. Estos deben de ser comparados para poder determinar con precisión cuál, de esta amplia gama de equipos es el mas conveniente desde los puntos de vista: económico, de operación y de mantenimiento.

Se realizó la presente investigación con el fin de construir un aparato capaz de poder medir o aforar el caudal en descargas de aguas industriales, con el fin de tener un equipo económico, pero de igual eficiencia que aparatos de tecnología muy avanzada pero muy costosa. Es de importancia que en nuestro país se tengan a la mano aparatos de este tipo; los cuales, poco a poco, vayan desplazando a los aparatos tradicionales, por el hecho de ser más precisos y igualmente sencillos en su manejo ya que este tipo de aparatos son digitales y así se logra evitar errores humanos en las lecturas.

Esta investigación causó en mí un efecto muy importante, al ver que se puede tener a la mano una alta tecnología, en lo referente a la medición o aforación de aguas residuales o potables y a un precio accesible para las empresas o microempresas existentes en nuestro país. Deseo que esta investigación sirva como un instrumento de referencia y consulta que facilite el trabajo de las futuras generaciones.

Espero lograr este objetivo, sinceramente...

Ing. Adrián Leonardo Ferriño Fierro

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO	Página
1.- INTRODUCCION.....	2
1.1 Ventajas de la Macromedición.....	4
1.2 Propósito General y Objetivos.....	5
1.3 Material y Equipo a Utilizar.....	6
1.4 Alcances y Limitaciones.....	7
2.- MACROMEDICION	10
2.1 Macromedidores de Caudal en Conductos a Presión.....	10
2.1.1 Medidores de Velocidad.....	10
2.1.2 Ventajas y Desventajas Generales de los Medidores de Velocidad.....	11
2.2 Medidores de Presión Diferencial Tipo Deprimógeno.....	12
2.3 Medidor Ultrasónico.....	16
2.4 Medidores Electromagnéticos.....	18
2.5 Elementos Secundarios de Presión Diferencial.....	20
2.5.1 Transmisores.....	20
2.5.1.1 Célula Diferencial Tipo Dri - Flo.....	20
2.5.1.2 Célula Diferencial Tipo Strain Gage.....	22
2.5.1.3 Transmisores Electrónicos.....	23
2.5.2 Registradores.....	23
3.- INSTRUMENTACION CON MEDIDORES ELECTRONICOS DE DEFORMACION (STRAIN GAGE).....	26
3.1 Introducción.....	26
3.2 Selección de Medidores Eléctricos de Deformación.....	27
3.3 Parámetros que Influyen en el Comportamiento de los Medidores Eléctricos de Deformación.....	28

3.4	Identificación de los Medidores Eléctricos de Deformación.....	30
3.5	Características de los Strain Gage.....	31
3.5.1	Sensibilidad a la Deformación de la Aleación de Filamento.....	31
3.5.2	Base de los Strain Gage.....	32
3.6	Componentes de un Strain Gage.....	35
3.6.1	Longitud de Medición.....	35
3.6.2	Configuración del Filamento.....	37
3.6.3	Terminales.....	38
3.6.4	Ancho de la Rejilla Formada por el Filamento.....	38
3.6.5	Resistencia Eléctrica.....	38
4.-	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN TRANSDUCTOR DIGITAL DE CAUDALES Y DE LA CONSOLA REGISTRADORA.....	42
4.1	Base del Diseño.....	42
4.2	Las Piezas que Forman el Transductor Digital y los Materiales a Utilizar.....	43
4.3	Selección de Strain Gages Para la Instrumentación del Transductor Digital.....	44
4.4	Diseño de la Consola o Registrador.....	47
4.5	Instalación y Funcionamiento del Transductor Digital.....	48
4.6	Mantenimiento del Transductor.....	49
4.7	Tendencias Para el Futuro.....	49
5.-	CALIBRACION DEL TRANSDUCTOR DIGITAL DE CAUDAL.....	57
5.1	Descripción del Laboratorio de Hidráulica.....	57
5.2	Funcionamiento del Laboratorio de Hidráulica.....	58
5.3	Partes Integrales del Laboratorio de Hidráulica Utilizadas en la Calibración.....	58

5.3.1	Cisterna.....	59
5.3.2	Cuarto de Bombeo.....	59
5.3.3	Tanque Elevado o Tanque de Carga Constante.....	61
5.3.4	Aparato de Flujo en Tuberías.....	61
5.4	Calibración del Transductor Digital.....	66
5.4.1	Adecuaciones en el Aparato de Tuberías para Realizar la Calibración.....	66
5.4.2	Instalación del Transductor Digital.....	67
5.4.3	Procedimiento de Calibración del Transductor Digital.....	67
5.5	Datos Obtenidos de las Pruebas de Calibración del Transductor Digital.....	69
5.6	Procedimiento de Calculo para la Obtención de la Ecuación y Gráfica de Calibración del Transductor Digital de Caudales.....	71
5.7	Cálculos Realizados para la Obtención de la Ecuación y Gráfica de Calibración del Transductor Digital de Caudales.....	77
5.7.1	Calculo de los Gastos a Través del Diafragma Colocado en la Tubería en Estudio.....	77
5.7.2	Obtención de la Ecuación de Calibración del Transductor Digital de Caudales a Partir de un Ajuste Lineal Utilizando Mínimos Cuadrados.....	79
5.7.3	Cuantificación del Error en el Ajuste de la Ecuación.....	81
5.7.4	Obtención de la Gráfica de Comparación de los Valores Obtenidos en el Laboratorio y los Obtenidos con la Ecuación de Calibración.....	83
5.7.5	Obtención de la Gráfica de Calibración del Transductor Digital de Caudales.....	84
5.8	Verificación de la Ecuación de Calibración del Transductor Digital de Caudales.....	86
6.	DISCUSIONES Y CONCLUSIONES.....	91
6.1	Discusiones.....	91
6.2	Conclusiones.....	94

BIBLIOGRAFIAS..... 96

ANEXOS

ANEXO I Reseña Fotográfica..... 97

LISTA DE FIGURAS:

FIGURA		Página
2.1	Célula Diferencial Tipo Dri-Flo.....	21
2.2	Célula Diferencial Tipo Strain Gage.....	22
3.1	Strain Gage (Deformímetro electrónico).....	27
4.1	Corte Longitudinal y Transversal del Transductor Digital de Caudales Ensambladas Todas las Piezas que lo Constituyen	51
4.2	Vástago o Viga Cantiliver.....	52
4.3	Pieza de Duraluminio.....	53
4.4	Cople Soldado a la Tubería para la Colocación del Transductor.....	54
4.5	Instrumentación Strain Gage a Puente Completo.....	54
4.6	Consola Registradora.....	55
5.1	Ubicación del Laboratorio de Hidráulica.....	57
5.2	Laboratorio de Hidráulica.....	60
5.3	Aparato de Tuberías.....	63
	Detalle A.....	64
	Detalle B.....	65

LISTA DE TABLAS:

TABLA		Página
2.1.1	Clasificación General de los Macromedidores.....	24
5.5.1	Registro de Laboratorio de la Prueba No. 1	70
5.5.2	Registro de Laboratorio de la Prueba No. 2	70
5.5.3	Registro de Laboratorio de la Prueba No. 3	71
5.7.1	Tabla de Resultados Obtenidos en las Pruebas de Calibración.....	85
5.8.1	Tabla de Comparación de los Gastos Obtenidos con el Transductor Digital de Caudales y un Vertedor Triangular a Noventa Grados.....	89

LISTA DE GRAFICAS:

GRAFICA		Página
5.1	Comparación de los Valores Obtenidos en el Laboratorio y los Obtenidos con la Ecuación de Calibración.....	83
5.2	Gráfica de Calibración del Transductor Digital de Caudal.....	84