



FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

***TERMINACIÓN DE POZOS  
EN AGUAS PROFUNDAS***

TESIS DE INGENIERÍA PETROLERA  
DESARROLLADA Y PRESENTADA POR:

***CHÁVEZ PÉREZ JOSÉ LUIS  
LÓPEZ ARROYO JUAN CARLOS***



DIRECTOR: ING. CORTÉS CORTÉS ALEJANDRO



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
60-I-1235

**SR. JOSÉ LUIS CHÁVEZ PÉREZ**

**Presente**

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Alejandro Cortés Cortés y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Petrolero:

**TERMINACIÓN DE POZOS EN AGUAS PROFUNDAS**

	<b>RESUMEN</b>
	<b>INTRODUCCIÓN</b>
<b>I</b>	<b>CONCEPTOS GENERALES</b>
<b>II</b>	<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE TERMINACIÓN</b>
<b>III</b>	<b>ANÁLISIS DE FUERZAS</b>
<b>IV</b>	<b>INGENIERÍA DE FLUIDOS EN LA TERMINACIÓN</b>
<b>V</b>	<b>DISEÑO DE LOS DISPAROS</b>
<b>VI</b>	<b>TERMINACIONES INTELIGENTES</b>
<b>VII</b>	<b>TERMINACIÓN EN AGUAS PROFUNDAS</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>
	<b>APÉNDICES</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta

Asimismo, le recuerdo que la ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional

Atentamente

**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**

CD. Universitaria, D. F., a 15 de Octubre de 2009

EL DIRECTOR

**MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA**

JGGZ\*RJPYS\*srs

---

## **DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS DE CHÁVEZ PÉREZ JOSÉ LUIS**

**Agradezco y dedico esta obra a mi mamá María Arminda Pérez Moreno, a mi papá José Luis Chávez Rosas, a mi hermana Anabel Cristal Chávez Pérez, por haberme dado la oportunidad de terminar satisfactoriamente mi carrera, por haberme dado un cálido hogar donde vivir y por apoyarme en todo momento. Gracias por haberme enseñado que todo en la vida vale mucho, por hacerme un hombre fuerte, por hacerme un ganador. También agradezco a mi abuelito Silvano Chávez, y a mis tíos Jorge Chávez, Lino Pérez, Valdemar Pérez, Marina Pérez y Bertha.**

**Agradezco a mi director de Tesis, el Ing. Alejandro Cortés Cortés, por haberme enseñado que la tesis es más que un simple trámite de titulación a pesar de lo difícil y estresante que fue, y a Juan Carlos López por haber echo un buen equipo conmigo. Agradezco a los sinodales, a la Dra. Cecopieri, a la Ing. Cristina Avilés, al Ing. Leonardo Cruz, y al M.I. Felipe Lucero, por haber revisado la tesis y hacer sus observaciones, son un excelente jurado. Menciono también al Ing. Jorge Becerra del IMP, gracias por sus consejos y el material que nos proporciono acerca de las terminaciones inteligentes. Agradezco de todo corazón a la UNAM, por haber sido mi casa durante 7 años, 3 en la Preparatoria 3 y 4 en la F.I. En la preparatoria viví la mejor época de mi vida, agradezco al profesor de matemáticas Alejandro, y a toda la banda canchera, y en especial a mis grandes amigos Jorge Coronado, Francisco Cruz, Yuriev, Gloria y Arlette.**

**Agradezco a la Facultad de Ingeniería, a la División de Ciencias de la Tierra y al Programa de Alto Rendimiento Académico, por la gran calidad de educación que ahí recibí, agradezco a los mejores profesores con los que tuve el privilegio de tomar clases: Ing. Arellano Gil, Ing. Elba Karen Saenz García, Ing. Fernando Rosique, Ing. Neri Flores, Ing. Macías, M.I. Gómez Cabrera José Ángel, Dr. Rodríguez Nieto, Ing. Agustín Velásquez, Lic. Daniel Rodríguez, Ing. Herón Gachuz, Ing. Rosita, Ing. Teodoro Ceballos.**

**Finalmente agradezco a mis amigos: a mi gran amiga María Consuelo Cedillo, a mi gran amigo y compañero de tesis Juan Carlos López, y a mis buenos amigos Sebastián, Armando Kuri, Jaime López, Christian, Natalia, Richy, Héctor, Aliskair, Danira, Fabiola, Mike, Vargas, Rubén, Ulises, Lalo, Bruno, Alfonso, Pato, Trejo, Alan, Maribel, Dalia, Grecia, Ignacio Jahir Ávila, a mi grupo de 1er semestre y a las generaciones 2006, 2005 y 2004, gracias a todos, aprendí mucho de ustedes y me llevo un gran recuerdo de por vida. También agradezco a mi patria, a la gran nación mexicana, como azteca quiero mucho a mi país a pesar de que este lleno de antipatriotas y antimexicanos.**

**“La grandeza de un hombre no se mide de la cabeza a los pies, se mide del corazón al cielo”**

**“La ambición no se detiene, ni siquiera en la cima de la grandeza”**

**“La batalla más difícil la tengo conmigo mismo todos los días”**

**“En la guerra, como en el amor, todo se vale”**

**“Lo difícil se hace, lo imposible se intenta”**

**“Ganar no lo es todo, es lo único”**

---



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
60-1-1234

**SR. JUAN CARLOS LÓPEZ ARROYO**

**Presente**

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Alejandro Cortés Cortés y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Petrolero:

**TERMINACIÓN DE POZOS EN AGUAS PROFUNDAS**

	RESUMEN
	INTRODUCCIÓN
I	CONCEPTOS GENERALES
II	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE TERMINACIÓN
III	ANÁLISIS DE FUERZAS
IV	INGENIERÍA DE FLUIDOS EN LA TERMINACIÓN
V	DISEÑO DE LOS DISPAROS
VI	TERMINACIONES INTELIGENTES
VII	TERMINACIÓN EN AGUAS PROFUNDAS
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	APÉNDICES
	BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta

Asimismo, le recuerdo que la ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional

Atentamente

**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**

CD. Universitaria, D. F., a 15 de Octubre de 2009

EL DIRECTOR

**MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA**

JGGZ\*RJPYS\*srs

---

## **DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS DE LÓPEZ ARROYO JUAN CARLOS**

### ***A mis padres Elvira Arroyo Herrera y Gumaro López Hernández.***

Por darme la vida, su amor, cariño, su tiempo, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por creer siempre en mí, por estar siempre pendiente de mis estudios, porque éste triunfo también les pertenece y se los dedico, les agradezco de corazón todo lo que han luchado siempre por darme todo lo que he necesitado y porque estar siempre a mi lado, de veras muchas gracias mamá y papá.

### ***A mis hermanos Marisol, Jorge Alberto y Rosa María.***

Por su apoyo incondicional, su amistad, sus consejos y por enseñarme siempre a luchar cuando se tiene un sueño, porque nunca me hablaron de derrotas sino de triunfos, aunque a veces tengamos nuestras diferencias saben que siempre estaré ahí y sé que ahí siempre estarán, los quiero y los amo.

### ***A mis sobrinos María José, Epon Eli, Heidi y Christian.***

Por ser unos niños hermosos, traviesos, divertidos, porque siempre me han hecho reír y disfrutar cada momento que estoy con ustedes ya que son cuatro angelitos maravillosos y porque sé que algún día no muy lejano serán unas personas de bien, los amo mucho.

### ***A mis cuñados Ricardo, Raquel y Julieta.***

Por ser unas buenas personas, por estar con mis hermanos y por ser parte de mi vida.

### ***A mi novia Cristina Espinosa Valencia.***

Por estar conmigo en las buenas y en las malas, por sus consejos y sobre todo por su apoyo incondicional y su amor.

### ***A mis sinodales.***

Agradezco a Dra. Martha Leticia Cecopieri, Ing. Cristina Avilés, M.I. Felipe Lucero, Ing. Leonardo Cruz y al Ing. Alejandro Cortés Cortés por su apoyo incondicional en la realización de esta tesis, de verdad muchas gracias.

### ***A mis amigos.***

Por ser parte fundamental en mi vida agradezco a: Christian Josué, Crispín, Jaime, Edgar, Armando, Orecencio, José Luis, Sebastián, Aliskair, Rubén, Jesús Eduardo, Bruno, Alan, Alfonso por compartir parte de su vida conmigo y sobre todo porque aprendí algo bueno siempre de ustedes de verdad muchas gracias.

### ***A mi amigo y hermano Carlos Javier González Castillo.***

Porque siempre fuiste un gran amigo y sé que desde el cielo estarás siempre cuidándome y porque siempre te voy a llevar en mi corazón.

“Hasta la victoria siempre”

---

---

## **PRÓLOGO**

En el siglo XXI el área de terminación de pozos en la industria petrolera ha cobrado una importancia vital en el desarrollo de los campos o yacimientos petroleros. Antes se creía erróneamente que se podrían incrementar las reservas solo con la recuperación secundaria ó la recuperación mejorada, que en conjunto se denominan EOR, o con los Sistemas Artificiales de Producción.

Los avances tecnológicos, la caída mundial de la producción y el agotamiento de las reservas han hecho que se busquen nuevas formas de optimizar la producción, una de esas nuevas formas son las terminaciones inteligentes. Y así, las terminaciones inteligentes en conjunto con los SAP y las EOR, forman algo que los científicos petroleros llaman IOR, recuperación incrementada de petróleo, y esto en conjunto con la ingeniería de yacimientos y la ingeniería económica es lo que hoy se conoce como Administración Integral de Yacimientos.

Una terminación inteligente es aquella que puede controlar diferentes zonas de producción en el pozo sin intervención física alguna, esto se logra mediante válvulas de control de flujo especiales que pueden ser accionadas desde la superficie o incluso de forma remota.

El manejo de un pozo inteligente de forma remota es muy importante, sobre todo para aquellos lugares muy remotos, es decir, en aguas profundas y ultraprofundas. Las aguas profundas van de los 500 a 1500 metros, y las ultraprofundas están a más de los 1500 metros. Para efectos de este trabajo, cuando mencionemos aguas profundas nos estaremos refiriendo a ambas.

Y así es como llegamos al objetivo principal de este trabajo: establecer una metodología integral, descriptiva y concreta de la terminación de pozos en aguas profundas. Pero, ¿Por qué aguas profundas? Si bien es cierto que para México esa zona tiene aun mucha incertidumbre, y sobre todo aun no es del todo rentable, seguramente en un futuro cercano lo será, y para ese entonces hay que estar preparados tecnológica y operacionalmente para desarrollar esos campos, los cuales van a ser una gran reserva para México ante el inminente agotamiento de sus yacimientos en tierra y el litoral marino.

Primero se analizará una metodología integral para la terminación en aguas profundas para posteriormente estudiar detalladamente las terminaciones inteligentes y finalmente mencionar su gran aplicación en aguas profundas, los estudios y análisis indican que terminaciones inteligentes se aplican perfectamente en esos lugares tan remotos, lo cual va a facilitar mucho el manejo de los campos petroleros en aguas profundas. Seguramente la tecnología de las terminaciones inteligentes seguirá avanzando a grandes pasos, por lo cual en un futuro cercano las terminaciones inteligentes van a servir también como método de incorporación de reservas ó bien para obtener una producción acelerada en cualquier momento.

---



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION

**Designación de sinodales de Examen Profesional**

A los señores profesores:

Presidente	ING. Q. MARIA CRISTINA AVILES ALCANTARA
Vocal	ING. ALEJANDRO CORTES CORTES
Secretario	ING. LEONARDO CRUZ ESPINOZA
1o. suplente	DRA. MARTHA LETICIA CECOPIERI GOMEZ
2o. suplente	M.I. FELIPE DE JESUS LUCERO ARANDA

*[Handwritten signatures and dates]*  
 12/nov/09  
 03/01/09  
 14/11/09  
 12/nov/09  
 12/nov/09

Me permito informar a ustedes que han sido designados sinodales del Examen Profesional de los señores:

No. CUENTA	NOMBRE	CARRERA
30311220-8	CHAVEZ PEREZ JOSE LUIS	INGENIERO PETROLERO
30216229-3	LOPEZ ARROYO JUAN CARLOS	INGENIERO PETROLERO

quienes han concluido el desarrollo del tema que les fue autorizado. Ruego a ustedes se sirvan revisar el trabajo adjunto y manifestar a esta Dirección, si es el caso, la aceptación del mismo.

Con el fin de asegurar el pronto cumplimiento de las disposiciones normativas correspondientes y de no afectar innecesariamente los tiempos de titulación, les ruego tomar en consideración que para lo anterior cuentan ustedes con un plazo máximo de **cinco días hábiles** contados a partir del momento en que ustedes **acusen recibo de ésta notificación**. Si transcurrido este plazo el interesado no tuviera observaciones de su parte, se entendería que el trabajo ha sido aprobado, por lo que deberán **firmar e oficio de aceptación del trabajo escrito**.

Doy a ustedes las más cumplidas gracias por su atención y les reitero las seguridades de mi consideración más distinguida.

Atentamente,  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D.F. a 30 de Octubre de 2009.

EL DIRECTOR  
Mtro. José Gonzalo Guerrero Zepeda