

01153



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS DE LA TIERRA**

PROYECTO TERMINAL

***APLICACIÓN DE IMPERFECCIONES
GEOMÉTRICAS EN EL DISEÑO MECÁNICO DE
TUBERÍAS DE REVESTIMIENTO***

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

***ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE
PERFORACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS***

PRESENTA:

ING. CLAUDIO GABRIEL SÁNCHEZ MONTALVO
DIRECTOR: ING. CÉSAR ALEJANDRO DEL CID OROZCO
ASESOR: ING. CÉSAR ALEJANDRO DEL CID OROZCO



Cd. Universitaria, México, D. F.
Marzo de 2005

m344704



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.

A mi esposa Leticia González Cisneros, por su apoyo y comprensión. A mis hijos Claudio Gabriel Sánchez González y Sara Beatriz Sánchez González por su cariño y comprensión.

Agradezco a *PEMEX* la oportunidad que me dio de realizar los estudios de especialidad y superarme.

A mis padres, *Claudio Sánchez Carrillo* y *Julia Montalvo Ortega*, por su cariño y comprensión y por el apoyo que me brindaron.

Al M. I. César Alejandro del Cid Orozco, quien dirigió el presente trabajo y me brindó su apoyo y su tiempo para concluirlo.

A mis compañeros de clase, instructores y todas aquellas personas que hicieron posible la realización de esta especialidad, de quienes recibí apoyo en todo momento.

Gracias

AGRADECIMIENTOS

Antes que a nadie, doy gracias a quien puso los medios necesarios para que yo llegara hasta aquí, a quien debo la vida, a quien me ha guiado por el buen camino y ante la oscuridad.

Antes que a nadie y por todo, doy gracias a :

Dios . . .

ÍNDICE

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Capítulo I. FUNDAMENTOS	5
I.1 Conceptos generales	5
I.2 Clasificación	5
I.3 Proceso de fabricación	7
I.4 Tubería sin costura	8
I.5 Tubería con costura	16
I.6 Diseño de TR's	17
I.7 Metodología para el diseño mecánico	18
Capítulo II. IMPERFECCIONES GEOMÉTRICAS	21
II.1 Ovalidad	22
II.2 Excentricidad	22
II.3 Desgaste	23
II.4 Ejemplos de imperfecciones	24
II.5 Otros proyectos	24
Capítulo III. MODELOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL COLAPSO	26
III.1 Condiciones de falla	26
III.2 Cedencia	27
III.3 Colapso	28
III.4 Resistencia al colapso	28
III.5 Modelo API	29
III.6 Modelo de Issa	30
III.7 Modelo del Instituto Suroeste Chino del Petróleo	33

III.8 Análisis de los modelos de Issa, ISCHP y API, y pruebas físicas	23
III.9. Resumen de los modelos de resistencia al colapso	42
III.10 Modelos de Akgun	46
III.11 Aplicación de la resistencia al colapso obtenida con Issa al modelo de Akgun	49
Capítulo IV. IMPLEMENTACIÓN EN EL PROCESO DE DISEÑOS DE TR's	51
Procedimiento	51
Capítulo V. APLICACIÓN DE DISEÑOS DE TR's	
Ejemplo de aplicación con datos del pozo KAX - 13	58
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS	97
ÍNDICE DE FIGURAS	99
ÍNDICE DE TABLAS	100
ANEXO 1: Datos de tuberías TAC-110 y TAC-140, proporcionados por TAMSA	
ANEXO 2: Análisis de los modelos de Issa e ISCHP, comparados con el modelo API y con datos obtenidos de pruebas físicas, para tubería TAC-110	
ANEXO 3: Análisis de los modelos de Issa e ISCHP, comparados con el modelo API y con datos obtenidos de pruebas físicas, para tubería TAC-140	

RESUMEN

RESUMEN

Desde su fabricación, las tuberías de revestimiento utilizadas en la industria petrolera, tienen imperfecciones que reducen su resistencia al colapso. Aunado a esto, no pueden conservar su forma circular debido a efectos combinados de curvatura y tensión, haciéndolas aun más vulnerables.

Con datos proporcionados por la compañía TAMSA de tuberías TAC – 110 y TAC – 140, entre los que figura la resistencia al colapso medida en pruebas a escala real, se efectuó la evaluación de dos modelos elasto - plásticos, que consideran las imperfecciones geométricas congénitas de un tubo para determinar la resistencia al colapso.

Se determinó el modelo que reproduce aproximadamente la resistencia al colapso medida en las tuberías TAC, y se plantea un procedimiento que permite considerar la ovalidad adicional que se genera por efecto las causas por tensión, flexión y presión que se generan en el pozo, con la aplicación de los modelos de Akgun.

Finalmente, se ejemplifica la aplicación del procedimiento propuesto, mediante la aplicación de los modelos de Issa y Akgun en el software que se utiliza actualmente en la UPMP para diseñar las tuberías de revestimiento.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevas y sofisticadas tecnologías, ha permitido que actualmente en la perforación de pozos petroleros se alcancen los objetivos deseados de una manera eficiente.

Con los avances tecnológicos se han logrado reducir los tiempos de perforación de los pozos. Uno de los insumos más importantes que se requieren durante la perforación de pozos, es la tubería de revestimiento, ya que esta servirá para mantener la estabilidad del agujero una vez que se termine, además de servir como medio para evitar la contaminación y aislar zonas productoras de agua o zonas que manifiesten presiones anormales.

El costo de la tubería de revestimiento, varía del 15 al 30% del costo total del pozo, por lo cual, es muy importante que en la etapa de diseño de la tubería de revestimiento se adopte la premisa de construir el pozo no solo en el menor tiempo posible, sino también al más bajo costo.

A pesar del buen control de calidad con que cuentan los fabricantes de tuberías, éstas presentan imperfecciones (ovalidad y excentricidad), ocasionando que los tubos se debiliten en su resistencia al colapso. Actualmente existen modelos que permiten medir el impacto de las imperfecciones geométricas en la evaluación de la resistencia al colapso del tubo. Esto último, queda demostrado a través de los diferentes análisis que se han realizado a nivel internacional, mediante el uso de técnicas con elemento finito en la degradación que por efecto geométrico, se presenta en la resistencia a la falla por colapso de las tuberías.

Desafortunadamente, las imperfecciones geométricas congénitas no se toman en cuenta debido a que el modelo API como marco normativo, no toma en cuenta este efecto.

Estudios realizados por Akgun – Mitchell⁽⁷⁾, han demostrado que un tubo que presenta deformaciones, resistirá una presión externa mucho menor que un tubo circular perfecto geoméricamente. También se estudió que al colocar las tuberías en los pozos direccionales y horizontales, se reduce aun más la resistencia al colapso de la tubería debido a que se expone a la combinación de esfuerzos de

tensión y flexión, proporcionando una deformación por ovalamiento adicional al que congénitamente trae el tubo.

La llegada de nuevas tecnologías ha permitido elaborar procedimientos de diseño de tuberías de revestimiento auxiliados con sistemas de cómputo, los cuales son una excelente herramienta para los ingenieros que diseñan. Estos programas generalmente están basados en modelos matemáticos que simulan el comportamiento de las cargas que soportan las tuberías cuando estas se introducen al pozo y son de gran apoyo en la selección de las tuberías más adecuadas a las condiciones del pozo.

El diseño de tuberías de revestimiento, está basado principalmente en el conocimiento del material (capacidad de resistencia) y las condiciones de esfuerzos a los cuales estará sujeta (cargas). La capacidad de resistencia se basa desde su fabricación hasta la forma en que se desempeña mecánicamente. Las cargas son determinadas mediante el conocimiento teórico y experimental que permitan predecir las condiciones de trabajo o de carga que estarán presentes en el pozo y que consecuentemente soportará una tubería.

El presente trabajo propone la incorporación al proceso de diseño de tuberías de revestimiento, el concepto de imperfecciones geométricas mediante el uso de los modelos de Issa o ISCHP y de Akgun, a fin de que se consideren en términos reales, tanto la resistencia al colapso como la degradación que se manifiesta por las cargas que experimenta la tubería en el interior del pozo.

Con lo anterior, se estará en la posibilidad de optimizar los costos que en materia tubular, se suministra en los pozos por el efecto mismo de considerar resistencias al colapso más realistas y tratando de incorporar condiciones que ocurren en el interior del pozo, lo cual inducirá a manejar con más propiedad los factores de seguridad que intervienen en el proceso de diseño de tuberías de revestimiento.

En los capítulos I y II se presenta todo lo relacionado con el tubo, su proceso de fabricación, sus propiedades mecánicas y la forma de evaluar su capacidad de resistencia. El capítulo III, describe el comportamiento de los modelos que permiten predecir la resistencia al colapso considerando imperfecciones

geométricas. En los capítulos IV y V, se determina la aplicabilidad de dichas imperfecciones en el procedimiento de diseño.

Capítulo I
FUNDAMENTOS

I.1 CONCEPTOS GENERALES

Se considera a la tubería como un elemento cilíndrico hueco construido de acero, con características geométricas homogéneas de diámetro y espesor idealizados longitudinal y transversalmente en el cuerpo que la conforma. En realidad no existe tal tubería perfecta, ya que a pesar del buen control de calidad con que se cuenta actualmente durante su proceso de fabricación, la tubería trae consigo imperfecciones geométricas congénitas como la ovalidad y la excentricidad que se tratarán en el siguiente capítulo.

El proceso de fabricación de tuberías, inicia con la fundición mediante arco eléctrico de metal que se combina con elementos químicos para darle las características físicas y metalúrgicas requeridas para su buen desempeño. Los aceros pueden ser ordinarios o especiales, siendo los ordinarios aquellos que contienen principalmente hierro, carbono y manganeso, y los especiales que se caracterizan por su bajo contenido de carbono. Su proceso de fabricación es básicamente el mismo, solo que a los especiales se les agrega níquel, cromo, molibdeno, cobre, vanadio y tungsteno.

Las tuberías de revestimiento son el medio con el cual se reviste el agujero que se va perforando y sirven como protección para las zonas atravesadas por el agujero, aislamiento de zonas problemáticas, mantener la estabilidad del agujero, prevenir contaminación, aislar fluidos de las formaciones productoras, controlar presiones durante la perforación del pozo y su vida productiva, además de que en ellas se colocarán las conexiones superficiales de control, empacadores y tubería de producción y a través de ellas se introducirán las herramientas y tuberías que se utilizarán para continuar perforando el pozo hasta alcanzar el objetivo programado.

I.2 CLASIFICACIÓN

Tomando como base la función que desempeñan las tuberías de revestimiento, se clasifican de la siguiente forma ⁽¹⁾:

Conductora: Es la primer tubería que se coloca y puede ser hincada o cementada. Su función es la de sentar el primer cabezal para instalar las conexiones superficiales de control y circulación del lodo, además de ser la de mayor diámetro que se coloca en el pozo, ya que a través de ella pasan todas las tuberías de revestimiento que se utilizan. En el caso de perforación marina, ésta se extiende desde la plataforma hasta el lecho marino.

Superficial: Esta tubería servirá como medio de aislamiento de los mantos acuíferos para evitar su contaminación y ayudará también como medio de prevención ante manifestación de gas somero, además de proveer equipo de flotación que permite realizar una cementación adecuada, permitiendo continuar la perforación dentro de una zona de transición de alta presión. Para el caso de agujeros desviados la tubería deberá cubrir toda la sección construida para evitar derrumbes durante las etapas posteriores de perforación. Esta tubería se cementa hasta la superficie en el caso de pozos terrestres y hasta el lecho marino en los pozos marinos y sirve para sostener las conexiones superficiales de control definitivas.

Intermedia: La función de esta tubería, es aislar las zonas inestables del agujero, con pérdida de circulación, de baja presión y zonas productoras. También se utiliza en la transición de zonas de presión normal y presión anormal. Esta tubería se cementa de manera que aisle cualquier zona de hidrocarburos y pueden utilizarse múltiples sargas intermedias.

De explotación: Con esta tubería se aíslan las zonas de producción, por lo que debe ser capaz de soportar la máxima presión de fondo de la formación productora, corrosión, presiones de fracturamiento en caso de que se requiera para aumentar la productividad del pozo, bombeo mecánico, inyección de inhibidores de aceite, y fundamentalmente una buena cementación primaria.

Considerando su condición y objetivo de colocación, pueden ser:

Tubería corta: Esta tubería no se extiende hasta la cabeza hasta la superficie, se sujeta por otra sarga. Esta tubería se utiliza con la finalidad de reducir costos y

mejorar la hidráulica durante perforaciones profundas. Puede ser utilizada como sarta intermedia o bien en la explotación. Se cementa generalmente a lo largo de toda su longitud.

Complemento (TIE BACK): Proporciona integridad al pozo desde la cima de la tubería corta hasta la superficie, refuerza la tubería de explotación y si se tienen altas presiones, protege de fluidos corrosivos y refuerza la tubería de explotación en caso de que se presenten daños. Se puede cementar parcialmente.

Complemento corto (STUB): Su función es básicamente la misma que la del complemento y también se puede cementar parcialmente. Proporciona integridad por presión para extender la cima de la tubería corta.

Sin tubería de producción (TUBINGLESS): Es una tubería de producción que se extiende hasta la superficie y se utiliza como tubería de producción para explotar hidrocarburos.

La FIGURA I.1 muestra la forma en que se colocan en el interior del pozo, las tuberías de revestimiento descritas.

I.3 PROCESO DE FABRICACIÓN

Dada la importancia de las tuberías de revestimiento, es necesario que éstas cumplan con algunas características geométricas y mecánicas tales como el diámetro nominal, peso nominal, grado, drift, resistencia a la tensión, resistencia al colapso y resistencia al estallamiento, además de contar con un excelente control de calidad que cumpla con los requerimientos de la Industria Petrolera.

Existen tres métodos de fabricación de tuberías: el proceso sin costura, el proceso con soldadura eléctrica – resistencia (ERW) y el proceso de soldadura eléctrica instantánea (flash o arco sumergido).

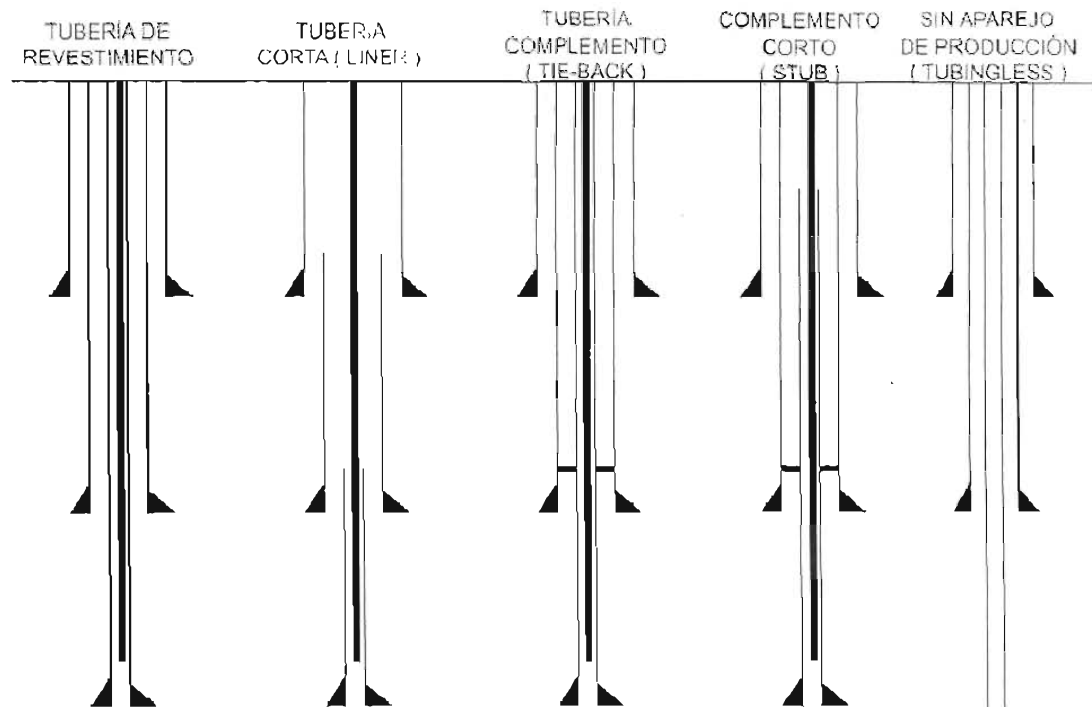


FIGURA 1.1. Uso de tuberías de revestimiento

1.4 TUBERÍA SIN COSTURA:

TAMSA es la compañía mexicana que produce tuberías sin costura, sus procesos de fabricación son totalmente automatizados y cuentan con un control de calidad que permite al cliente obtener información actualizada de su pedido en cualquier momento que lo requiera.

En 1987, TAMSA construyó una acería que produce 700,000 toneladas métricas de tubos de acero anualmente. Produce tubos de acero sin costura hasta de 14" de diámetro exterior en el laminador continuo. Esta acería cuenta con sistemas computarizados que permiten tener un control total de los procesos de fusión, afinación y colada continua de barras de sección redonda y producir un acero limpio en una gran variedad de composiciones químicas.

La producción de tubería se lleva a cabo mediante la utilización de acero de calidad por fusión de hierro esponja y chatarra seleccionada que se funde en un

horno eléctrico con capacidad de 170 toneladas por cada colada, que es capaz de fundir la mezcla en 105 minutos aproximadamente. El fierro esponja, resulta casi limpio con bajos contenidos de elementos residuales en el acero. El horno cuenta con el sistema EBT, el cual consiste en el vaciado excéntrico en el fondo de la olla, evitando de esta manera la oxidación del acero durante el vaciado, por lo cual quedarán en la olla 20 toneladas de acero con escoria para obtener así, un acero de alta calidad. La composición química del acero se monitorea mediante computadoras que ajustan y controlan la carga de ferro aleaciones, al igual que la temperatura y otras variables, además de inyectar gas argón en el momento adecuado para homogenizar la composición química del acero. Los elementos microaleantes se dosifican mediante la adición de alambre, lo cual proporciona una gran precisión en la composición química del acero analizándola con la ayuda de un espectrómetro. En la etapa de afinación del acero, la computadora realiza cálculos en base a los nuevos análisis determinando la cantidad de ferro aleaciones que deberán adicionarse para obtener la composición deseada.

Durante el proceso de colada continua, se evita que la olla tenga contacto con la atmósfera para evitar la oxidación y contaminación en el momento del vaciado al distribuidor, el cual está diseñado con deflectores especiales que evitan que haya turbulencia y se mezcle de la escoria con el acero.

El laminador continuo a mandril retenido proporciona una precisión dimensional en la tubería acorde con las tolerancias exigidas. En la laminación y el tratamiento térmico, los hornos cuentan con equipo de cómputo que de acuerdo con los modelos de cálculo controlan la rastreabilidad y el calentamiento. Los tubos se barnizan y se les colocan sus protectores en las roscas para protegerlos durante su embarque, manejo y transporte.

En la etapa de laminado a mandril retenido, la uniformidad del espesor de pared es verificado mediante equipo de rayo láser que proporciona medidas exactas instantáneamente, obteniendo un producto con tolerancias precisas de diámetro y espesor.

En la etapa de tratamiento térmico de temple y revenido, se proporcionan propiedades mecánicas óptimas en las tuberías resistentes al alto colapso. El temple por inmersión se efectúa interna y externamente, produciendo una completa transformación martensítica en todo el cuerpo de la tubería. Durante el revenido homogenizan las características mecánicas y en el enderezado en caliente se obtienen productos con bajos esfuerzos residuales. En pruebas de laboratorio se ha demostrado que la resistencia al colapso en tuberías con espesores delgados, excede los requerimientos del API de aceros equivalentes, aproximadamente en un 30%.

Posterior al tratamiento térmico, se prueba la línea de dureza de la tubería. El equipo de inspección electromagnético verifica cada tubo a través de cuatro funciones, en busca de probables defectos longitudinales y transversales, al igual que el espesor y el grado de acero. En la FIGURA 1.2, se puede apreciar paso a paso el proceso de fabricación de tuberías sin costura.

Todos los tubos se calibran con el mandril (drift) y se prueban hidráulicamente. Los extremos del tubular se verifican con el método de partículas magnéticas húmedas antes de maquinar las roscas, de acuerdo a las normas API.

La certificación de cada tubo fabricado, se realiza mediante el monitoreo de todas las etapas del proceso con la ayuda de laboratorios químicos (acería), físicos (tensión), metalográfico (estructura del acero) y prueba de colapso.

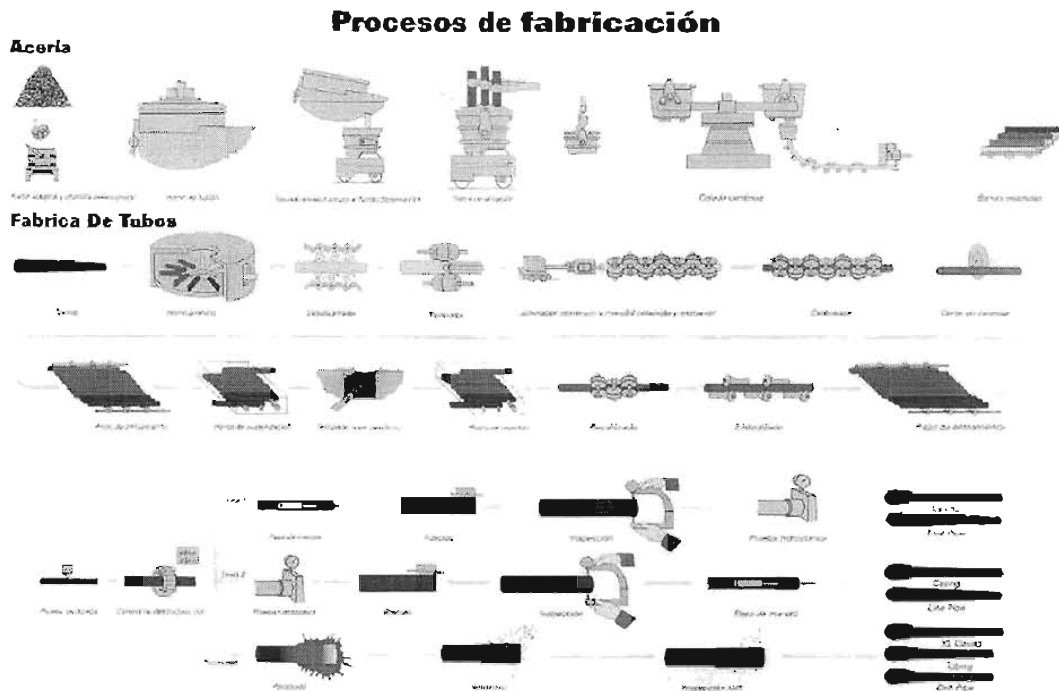


FIGURA I.2 Proceso de fabricación de tuberías

Materia prima: La materia prima que se utiliza en la fabricación de tubería, está constituida básicamente por un 30% de hierro esponja (hierro natural) y un 70% de chatarra.

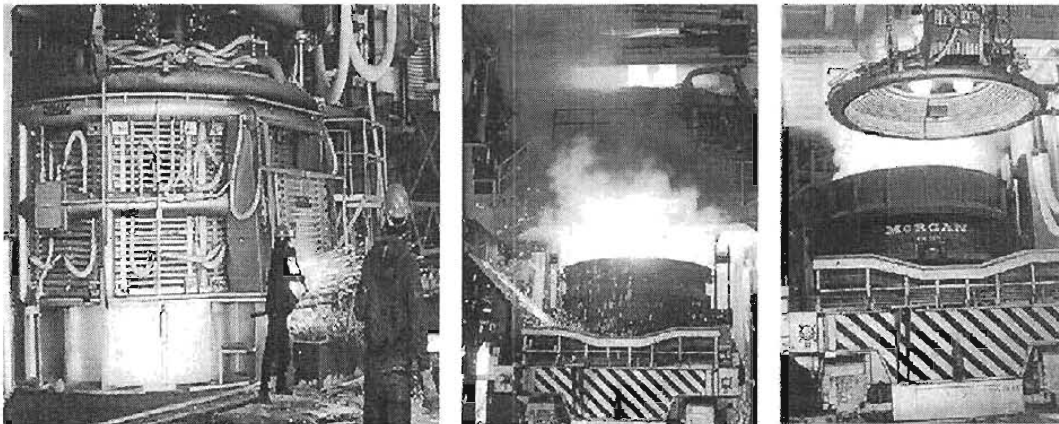


FIGURA I.3. Proceso de acería

Acería: La FIGURA 1.3, muestra el proceso de acería, el cual consta de tres etapas: fusión, afinación y vaciado.

Fusión: La materia prima y ferroleaciones, se calientan hasta alcanzar una temperatura cercana a los 1,620 °C, temperatura a la cual el acero se encuentra en estado líquido. Se le inyecta gas argón por la parte inferior de la olla de fusión, con la finalidad de homogeneizar la composición química del acero.

Afinación: Una vez que se realiza el vaciado de la olla de fusión a la de afinación, el acero se afina agregándole aleaciones, logrando así obtener el grado requerido.

Vaciado: De la olla de afinación, el acero es llevado al distribuidor para obtener la colada continua.

Colada continua: El distribuidor de la colada continua, esta provisto de deflectores especiales que evitan la turbulencia y permiten obtener barras de sección redonda (mostradas en la FIGURA 1.4), las cuales se cortan en secciones

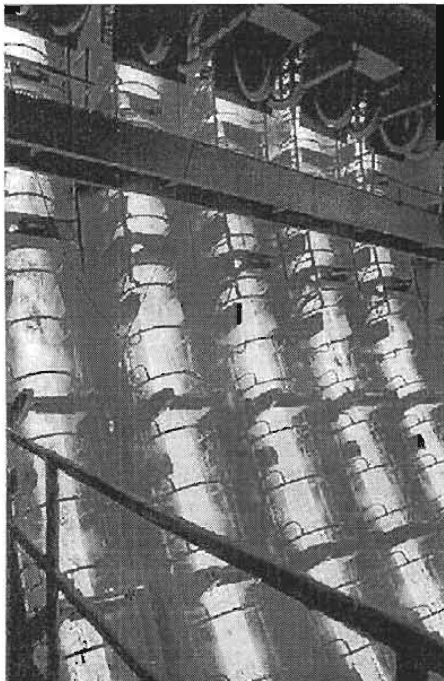


FIGURA 1.4. Máquina de colada continua de barras redondas

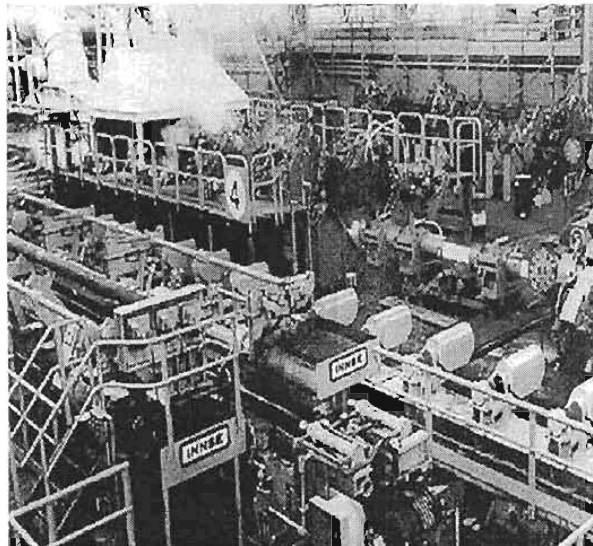


FIGURA 1.5. Laminado continuo a mandril

cuya longitud depende del diámetro de la tubería que se fabricará. Esta sección de acero se conoce con el nombre de “tocho”.

Laminado: El tocho se introduce al horno giratorio que tiene nueve zonas de calentamiento, alcanzando temperaturas del orden de 1,200 °C gradualmente. Una vez que sale del horno, pasa por el desescamador para retirar la oxidación provocada por el contacto con la atmósfera y se procede al perforado, obteniendo así un esbozo cilíndrico. Este proceso es fundamental en el proceso de fabricación de tuberías sin costura y se conoce como “Proceso Mannesman”. El esbozo se pasa al mandril que tiene bórax como lubricante y se introduce al laminador continuo, pasando posteriormente por siete jaulas y calibradores, obteniendo de esta manera tubos que tienen longitudes del orden de 30 metros, con diámetro interior y exterior precisos y que a su vez, cumplen con las tolerancias establecidas por el API. Una vez que sale del calibrador, se verifica el diámetro y la ovalidad utilizando rayo láser para tal efecto y posteriormente se envía a las cortadoras donde se cortan de acuerdo al rango solicitado. Finalmente se envía al piso de enfriamiento. La figura I.5, muestra el proceso de laminado continuo a mandril retenido.

Tratamiento térmico: Existen tres tipos: temple, revenido y normalizado. El temple y el revenido se utilizan para las tuberías de acero C-75, L-80, N-80, TRC-95, P-119, TAC-110, Q-125 y TAC-140.

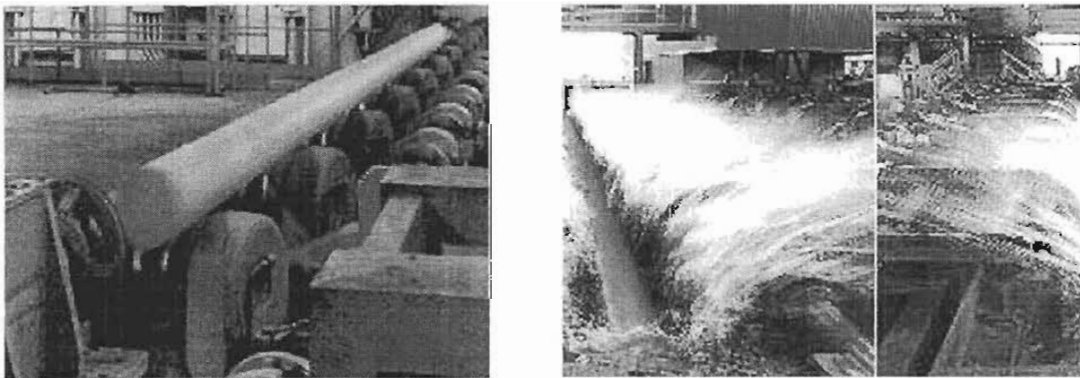


FIGURA: I.6. Templado de tubería

Temple: El tubo se lleva al horno donde se le aumenta la temperatura gradualmente hasta 860 °C, modificando la estructura molecular del acero a una austenita y después se sumerge súbitamente en agua (FIGURA I.6) a una temperatura de 40 °C para alterar su estructura molecular a una martensita, la cual es dura y poco dúctil.

Revenido: La tubería se introduce a un horno (FIGURA I.7) que eleva su temperatura gradualmente hasta alcanzar 550 °C. El calor altera la estructura molecular de la tubería a una martensita revenida, que es dura y dúctil y se vuelve a calibrar y enderezar en caliente, obteniendo un producto con bajos esfuerzos residuales.

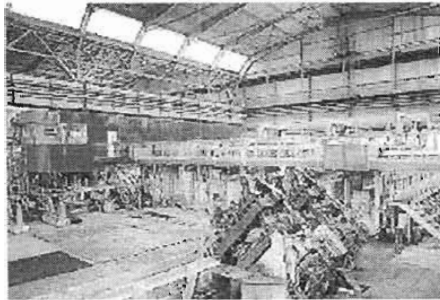


FIGURA I.7. Horno de revenido

Normalizado: Se utiliza para los grados de tubería H-40, J-55 K-55, etcétera, y se calienta el tubo sin llegar a la austenización de la estructura del tubo.

El acabado del tubo se efectúa de la siguiente manera:

Prueba de inspección electromagnética: Se hace mediante el equipo AMALOG IV, para detectar defectos longitudinales y transversales, internos y externos, además de medir el espesor de la pared del cuerpo del tubo y se compara el grado del acero. Posteriormente se cortan los extremos del tubo y se le maquinan biseles. La rebaba se elimina sopleteando el interior del tubo y se vuelve a calibrar a todo lo largo del tubo.

Inspección electromagnética por el método de vía húmeda: Los extremos del tubo soportarán la mayor carga, por lo cual se inspeccionan mediante el método de partículas magnéticas para determinar posibles defectos longitudinales y transversales.

Roscado: Se realiza de acuerdo a las normas API.

Prueba hidrostática: El tubo se introduce en una tina con fluido y se le colocan unos elastómeros en sus extremos y se les aplica presión al 80% de su capacidad durante cinco segundos, según lo establecido en las normas API 5CT.

Control final y embarque: Por último, el tubo se mide y se pesa permitiendo tener toda la información completa de rastreabilidad, para ser estarcido, estampado, barnizado y embarcado.

En el estarcido, se indican los datos del tubo como su diámetro exterior, peso unitario, mandril, longitud, pruebas de inspección, manufacturado, número de colada, orden de producción y número de tubo.

La FIGURA 1.8, muestra el proceso de acabado del tubo (pesado, medición, estarcido y estampado).

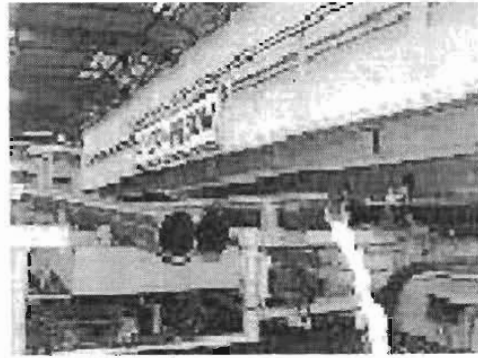
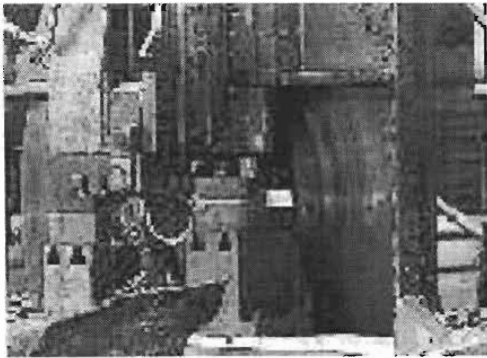
El control final consiste en una inspección detallada del tubo, tal como:

Inspección electromagnética (EMI): En la cual se mide la longitud del tubo, rayos gama, inspección transversal y comparador de grado de acero.

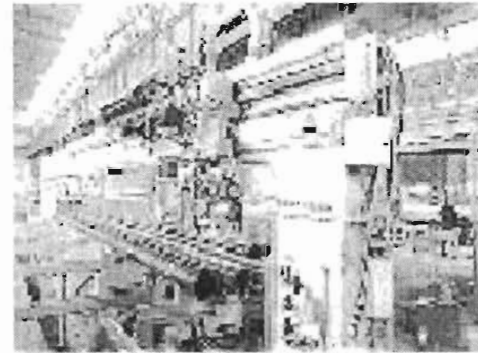
Prueba ultrasónica (UT): Mediante esta prueba se mide el espesor de pared y se detectan posibles defectos longitudinales, transversales y oblicuos.



FIGURA 1.8. proceso de acabado del tubo



Corte de extremos y biselado



Inspección de extremos por partículas magnéticas

I.5 TUBERÍA CON COSTURA

La materia prima para la fabricación de tubería con costura la constituyen bobinas o rollos de acero laminados en caliente, las cuales se fabrican de acuerdo a las exigencias tecnológicas actuales, además de contar con un control de espesor en la laminación y control en las temperaturas de laminación y enrollado, asegurando de esta manera la uniformidad, las propiedades metalúrgicas y mecánicas a todo lo ancho y largo de la lámina.

Para la fabricación de la tubería, se procesa la bobina o rollo para que cumpla con las características de una tubería H-40, J-55, K-55 o en tubería verde (que será la de grado N-80 o superior). El proceso de fabricación se lleva a cabo de acuerdo a la norma API 5CT, donde la inspección no destructiva y la rastreabilidad son factores importantes que garantizan la integridad del producto.

Una tubería con costura es tan resistente o más que una sin costura, ya que durante la fabricación se hace pasar una corriente eléctrica muy alta por las aristas de la bobina que casi las funden y al ser empujadas entre sí por un rodillo, se sueldan y forman la tubería.

El siguiente paso consiste en hacer pasar toda la línea soldada por un inductor que emitirá el calor necesario (1,600 a 1,920 °F) para normalizarla y mantener la estructura general del cuerpo del tubo en las mismas condiciones de resistencia.

Una vez que se suelda, durante el mismo proceso existe un dispositivo de uña que elimina los realces o bordes de material soldado tanto por dentro como por fuera, haciendo prácticamente imperceptible la unión, con lo que aparenta ser una tubería sin costura. Después, para verificar el estado de la tubería, se hace pasar por ultrasonido para detectar posibles anomalías.

1.6 DISEÑO DE TR's

El diseño de tuberías, tiene como objetivo principal la selección del tubular adecuado que permita garantizar la seguridad e integridad del pozo, por lo que se tiene la necesidad de recurrir a un método que permita alcanzar este objetivo. Los procesos de selección se pueden clasificar en dos: los analíticos y los gráficos.

Métodos analíticos: Se presentan en diversas formas y alternativas de propuestas de selección. Algunos se basan en aspectos geométricos y otros en programación no lineal de gran altura. Estos métodos han evolucionado con el objetivo de automatizar la selección de materiales, pero debido a la situación práctica de operación de tuberías, no ha sido muy aceptada desde el punto de vista ingeniería sin antes analizar las ventajas de éstos, tal es el caso de los métodos basados en programación no lineal que tienen módulos de minimización de costos. En la actualidad existen métodos de programación no lineal que combinan la selección mediante la revisión del criterio de falla del modelo triaxial y API, delimitando las condiciones de falla de una tubería y determinando desde un inicio el criterio de falla a seguir para aplicar una técnica no lineal de optimización.

Métodos gráficos: Los métodos de aplicación práctica surgen de la representación gráfica de los dos factores de peso, resistencia y carga. Partiendo de la aplicación del método de Youngstone, se ha combinado la selección de las tuberías con método y procedimientos gráficos. El método gráfico mejor conocido como “Carga Máxima”, se utiliza para evaluar las cargas que actúan sobre una tubería y propone el seguimiento a la representación gráfica de la relación carga – resistencia para selección de materiales. Este método es el más utilizado en la actualidad y está basado en la selección de las tuberías de acuerdo a la representación simultánea de las cargas, iniciando por la presión y posteriormente la selección de tuberías en forma intuitiva para revisar las cargas axiales. Posteriormente se procede a mejorar la calidad del diseño, modificando la profundidad de colocación o seleccionando otro tubular. Este procedimiento se lleva a cabo con un programa de cómputo interactivo amigable que facilita el diseño.

La FIGURA 1.9, muestra el diagrama de flujo de la metodología para el diseño mecánico de tuberías de revestimiento.

1.7 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO MECÁNICO

La metodología utilizada actualmente para el diseño mecánico de las tuberías de revestimiento, está basado en la obtención de las cargas y la valoración de la capacidad de resistencia de la tubería. Desde el punto de vista mecánico, las tuberías se pueden diseñar revisando su resistencia y la imposición de cargas.

Para dar seguimiento al proceso de diseño esquematizado en el diagrama de flujo (FIGURA 1.9), es necesario contar con datos de trayectoria del pozo, geopresiones, geometría del pozo, especificaciones de los lodos de perforación, especificaciones de los tubulares y condiciones de diseño. Con esta información se puede efectuar un diseño adecuado a las condiciones bajo las cuales estará sujeta la tubería una vez que se coloque en el interior del pozo.

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE TR's

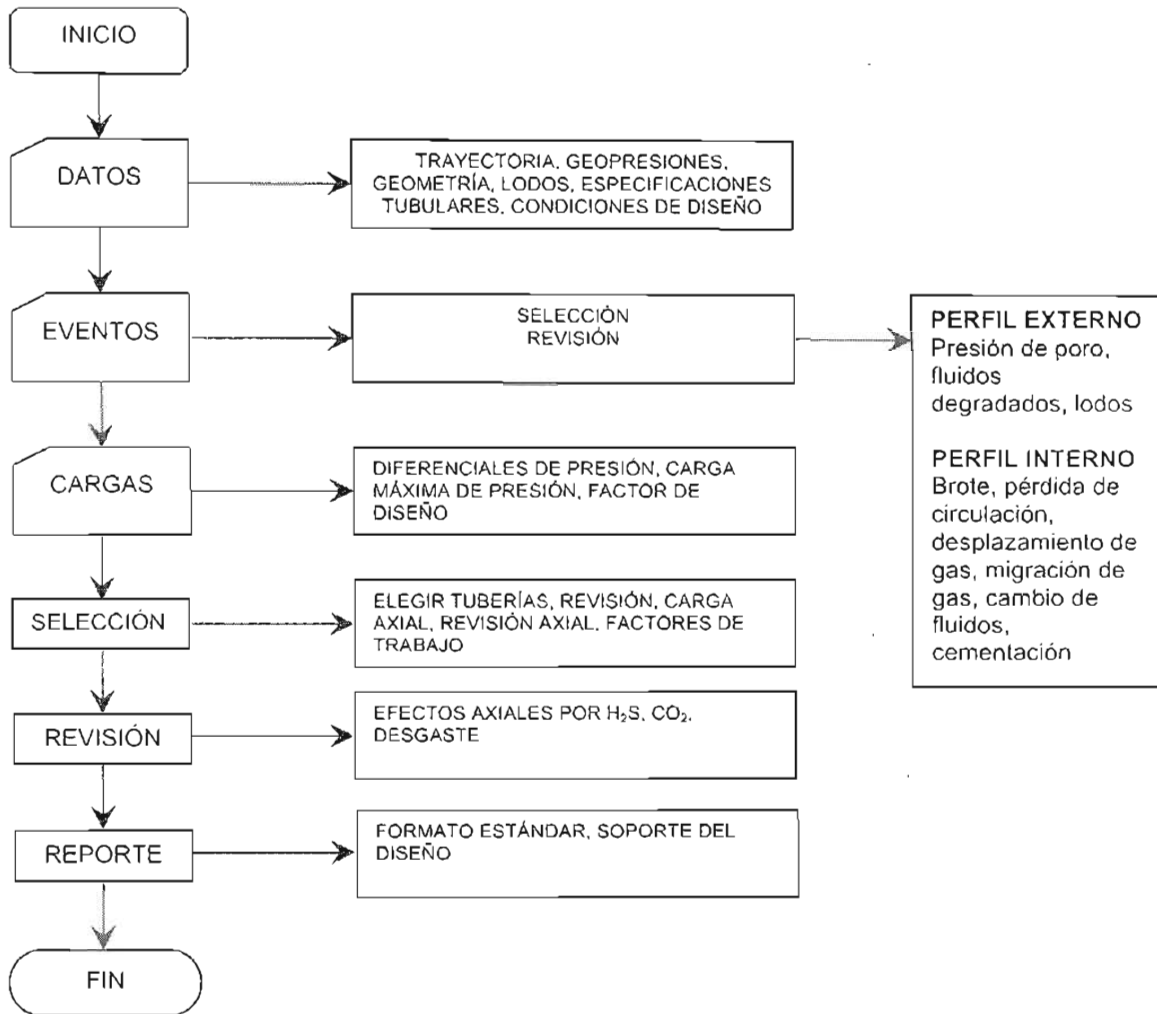


FIGURA I.9. Proceso de diseño de TR's

Se deben definir los eventos de producción a los que se someterá la tubería, tal como la introducción, inducción, cambio de fluidos, fugas, producción, transitorios, permanente, inyección, pruebas, estimulaciones.

Se requiere aplicar factores de diseño y criterio de falla, determinar las condiciones de presión interna, presión externa, carga axial, flotación, fricción, flexión, fuerzas de choque, térmicas, peso en el aire, y posteriormente determinar las diferenciales de presión de cada carga, los puntos máximos de carga, presión

de estallamiento, presión de colapso, carga axial y afectar las cargas máximas por los factores de diseño establecidos.

Posteriormente, se seleccionan las tuberías de acuerdo a los efectos ambientales, grado y peso, y optimización de longitud y costos de las secciones, verificando que los factores normalizados sean mayores que 1.

En la revisión final del diseño, se determina el efecto de cambios axiales en las tuberías (pandeo, balonamiento, pistoneo, térmico), paso de herramientas.

Finalmente, se elabora el reporte final en los formatos establecidos, donde figuran los factores normalizados contra la profundidad, líneas de diseño contra profundidad y la envolvente triaxial por cada sección.

Capítulo II

IMPERFECCIONES GEOMÉTRICAS

Diversos estudios han demostrado que las tuberías no pueden conservar su forma circular original, debido a efectos combinados de curvatura y tensión a los que se someten cuando se introducen al pozo. El colapso en las tuberías es afectado principalmente por factores geométricos. Desde que se fabrican las tuberías, se generan imperfecciones que dan como resultado cierto porcentaje de ovalidad y excentricidad, por lo cual, difícilmente se tendrán tuberías en las que tanto el espesor como el diámetro, se mantengan constantes en toda su perímetro y longitud. Aunado a estas imperfecciones, al colocar las tuberías de revestimiento en el interior del pozo, se someten a esfuerzos de tensión y compresión cuando se hacen pasar por zonas desviadas como son las “patas de perro” o en las curvas que se generan durante la desviación de los pozos.

Posteriormente, al bajar herramientas y las demás tuberías de revestimiento para las siguientes etapas, se genera un desgaste que también afecta las características originales de las tuberías.

Por lo anterior, es de gran importancia tomar en cuenta estos factores en el diseño de las tuberías de revestimiento y para tal efecto, se considerarán las siguientes definiciones:

Tubería perfecta: Una tubería es perfecta cuando su diámetro y su espesor son iguales en cualquier punto de su perímetro (FIGURA II.1) y en toda su longitud.

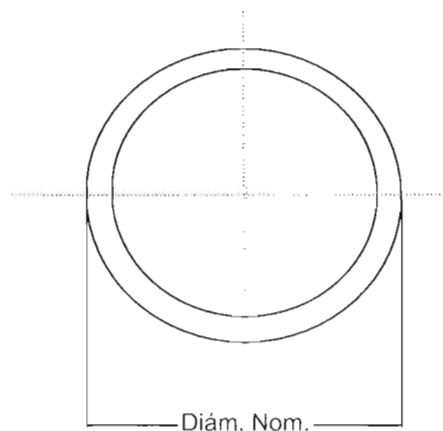


FIGURA II.1. Sección transversal de una tubería perfecta

II.1 OVALIDAD

Está definida como el máximo diámetro exterior menos el mínimo diámetro exterior dados en una sección plana, dividida entre el diámetro exterior nominal⁽²⁾. La FIGURA II.2, muestra el contorno de una tubería ovalada.

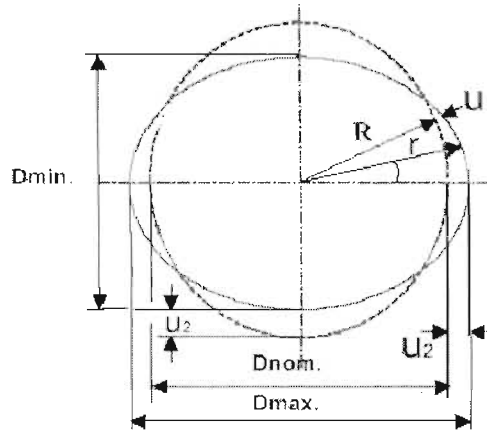


FIGURA II.2. Contorno de una tubería ovalada

$$S = \frac{(D_{m\acute{a}x} - D_{m\acute{i}n})}{D_{nom}}$$

Donde:

S = Ovalidad

$D_{m\acute{a}x}$ = Diámetro máximo exterior

$D_{m\acute{i}n}$ = Diámetro mínimo exterior

D_{nom} = Diámetro nominal

II.2 EXCENTRICIDAD

Es una medida de las imperfecciones de una tubería debidas al cambio de espesor a lo largo del cuerpo del tubo⁽²⁾. La FIGURA II.3 muestra el contorno de una tubería que presenta excentricidad.

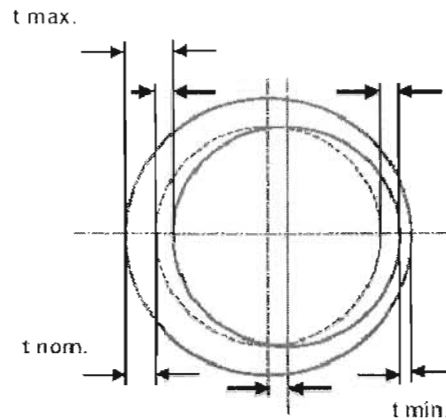


FIGURA II.3. Contorno de una tubería excéntrica

$$e = \frac{\delta}{t}$$

Donde:

e = excentricidad

δ = $t_{m\acute{a}x} - t_{m\acute{i}n}$

$t_{m\acute{a}x}$ = máximo espesor

$t_{m\acute{i}n}$ = mínimo espesor

II.3 DESGASTE

Es la degradación o deterioro de un material, debido al efecto de fricción por contacto entre dos materiales. En el caso de pozos desviados, se presentan desgastes severos en el interior de las tuberías debido a las grandes flexiones a que se sujeta, afectándose sus características y reduciendo principalmente la resistencia al colapso, motivo por el cual, debe tomarse en cuenta tanto en el proceso de diseño como para el cuidado de las tuberías.

II.4 EJEMPLOS DE IMPERFECCIONES

En el ANEXO 1, se muestran los datos de pruebas físicas al colapso realizadas en tuberías TAC-110 y TAC-140, proporcionados por TAMSA⁽⁸⁾. Entre estos datos figuran los valores reales de diámetro (D), espesor (t), cedencia (σ_r) y resistencia al colapso, así como datos de ovalidad (o) y excentricidad (e). Estos últimos expresados como porcentaje que representa un valor promedio de varios puntos medidos perimetral y longitudinalmente en las tuberías.

En los ANEXOS 2 y 3, como parte del análisis de los modelos de cálculo para la resistencia al colapso, se obtuvieron los valores promedio de ovalidad y excentricidad, siendo estos 0.25 % y 4.81 % para las tuberías TAC-110 y 0.25 % y 4.41 % para las tuberías TAC-140 respectivamente. De estos resultados, se observa que en el caso de la ovalidad los valores promedio para ambas tuberías son iguales y para el caso de la excentricidad, la variación es mínima, por lo que se podría considerar un 0.25 % de ovalidad y un 4.50 % de excentricidad para ambas tuberías.

II.5 OTROS PROYECTOS

Actualmente, las ecuaciones que se utilizan para el cálculo de la resistencia al colapso son proporcionadas en el boletín API 5C3*, como marco normativo. Sin embargo, éstas ecuaciones no consideran las imperfecciones.

Preocupados por la actualización de normas, API junto con otras asociaciones se reúnen continuamente para proponer y efectuar modificaciones a éstas para garantizar en este caso, la seguridad e integridad de los pozos.

Como ejemplo de estas actualizaciones, se cita el artículo "Standardisation of Tubular Goods for Worldwide Application" de W. T. Jones y N. Drama⁽²⁾, en el cual se indica que en febrero de 1993, se reunieron la American Petroleum Institute (API) y la International Standards Organization (ISO) para discutir varios puntos referentes a la actualización de normas, entre las cuales se menciona que *"la presión de colapso crítica de los tubulares decrece significativamente con las*

variaciones de excentricidad en el diámetro exterior o con la ovalidad”, por lo cual, se propuso incluir estas imperfecciones en la sección 7 del boletín 5CT, así como actualizar la definición de ovalidad.

Otra asociación dedicada a la investigación de mejoras en los procesos de diseño de tubulares, es la Drilling Engineering Association (DEA), integrada por diversas compañías como Shell y Texaco, que mediante el proyecto DEA –130 estudian modelos que permitan simular el comportamiento de tuberías y obtener mejor calidad en el diseño de estas.

Capítulo III

Modelos de Resistencia al Colapso

Con la evolución de la tecnología de información y la aplicación de sistemas de cómputo en temas y procesos como el de diseño de tuberías de revestimiento, es posible efectuar un análisis detallado que permita justificar la mejor selección de las tuberías de revestimiento, es decir, los programas de cómputo y modelos matemáticos manejados apropiadamente, fortalecen el proceso de diseño.

Los datos con que se cuenta actualmente relacionados con la resistencia de las tuberías, están referenciados a condiciones idealizadas de presión, temperatura y carga axial cero, es decir, a condiciones atmosféricas.

La importancia de contar con información certera respecto a la capacidad de resistencia de las tuberías, ha llevado a efectuar extensos estudios y pruebas de laboratorio que han permitido evolucionar en el conocimiento del comportamiento mecánico de las tuberías, por lo que instituciones como la API, ASTM, ASME NACE, etcétera, ha elaborado y recomendado prácticas para la fabricación y la medición del desempeño mecánico o capacidad de resistencia de las tuberías y prácticas para el buen manejo de los mismos.

III.1 CONDICIONES DE FALLA

Antes de aplicar cualquier método de diseño, es necesario determinar la resistencia de la tubería, considerando diferentes situaciones de falla que experimentan las tuberías. La resistencia de un tubo puede definirse como la reacción natural que opone el material ante la oposición de cualquier carga, a fin de evitar que alcance los niveles de una falla. Se dice que una falla ocurre cuando un miembro deja de realizar satisfactoriamente sus funciones para las cuales se había destinado. En este caso, se considera que una tubería que se coloca en el pozo y alcanza cierto nivel de deformación, se entiende la situación como una condición de falla. Una falla es una condición mecánica que refleja la falta de resistencia del material ante la situación y exposición de una carga (cargas de presión, axiales, ambientales y mecánicas), propiciando la deformación del tubo.

La capacidad de resistencia de una tubería se define como aquella aptitud o condición que ofrece una tubería para reaccionar y evitar cualquier tipo de falla o

deformación ante la acción combinada de cargas. Las principales fallas que se presentan en las tuberías son por colapso, tensión, estallamiento y corrosión.

III.2 CEDENCIA

También conocida como fluencia, es una propiedad o condición del material para soportar la deformación elástica, es decir, la resistencia que opone el material a la deformación ante la exposición de una carga. Un material alcanza la cedencia cuando una carga provoca una deformación permanente y se comporta plásticamente.

Un material se comporta elásticamente cuando al liberar la carga que estaba soportando recupera su forma original y en cuanto se fractura o se rompe alcanza su último valor de resistencia a la cedencia.

La American Petroleum Institute (API) como marco normativo a nivel internacional, establece estándares para medir la cedencia de los aceros con los cuales se fabrican las tuberías⁽³⁾.

Para establecer la cedencia de un acero, API recomienda que se le efectúen pruebas de tensión a muestras, con las cuales se mide la deformación que se genera hasta el momento en que se alcanza la fractura de ésta. La cedencia del material se presenta cuando el esfuerzo de tensión aplicado alcanza el 0.5% de deformación para aceros denominados H-40, J-55, K-55, N-80, C-75, L-80 y C-95, para aceros P-110 y Q-125, se considera el 0.65%.

La norma API considera la resistencia de cedencia mínima como el 80% del promedio de la cedencia observada en varias pruebas realizadas. De manera semejante, la máxima resistencia a la cedencia es la última resistencia a la tensión.

III.3 COLAPSO

La falla por colapso de una tubería, es una condición mecánica originada por el aplastamiento de la tubería debida a una carga de presión que actúa sobre sus paredes externas y es mayor que su capacidad de resistencia. La falla al colapso depende de factores propios de la naturaleza de fabricación del tubo, tales como la cedencia del material, geometría, imperfecciones (excentricidad, ovalidad) y la condición de esfuerzos de la tubería.

III.4 RESISTENCIA AL COLAPSO

Después de realizar una serie de pruebas a diversas tuberías, API determinó que se presentan diferentes condiciones de falla⁽¹⁾. La FIGURA III.1 muestra diferentes condiciones de falla para varias relaciones D/t (esbeltez o delgadez) de la tubería, en la cual se aprecian cuatro zonas, siendo la primera la región de colapso por cedencia, en la cual el colapso del tubo depende de la cedencia del material por los esfuerzos generados en la sección transversal interior del tubo con relaciones D/t menores de 15, es decir, para tuberías de diámetro mayor a 7 5/8". La segunda zona es la región de colapso elástico, el cual se presenta en tuberías con diámetros menores de 7" o relación D/t de 25. la tercer región corresponde al colapso plástico que se presenta después del colapso elástico y se presenta por la propia deformación del tubo en la etapa de plasticidad o posterior a la cedencia. Finalmente la zona de transición entre la región de colapso elástico y plástico que correlacionó API con la finalidad de tener completo el modelado del comportamiento del colapso.

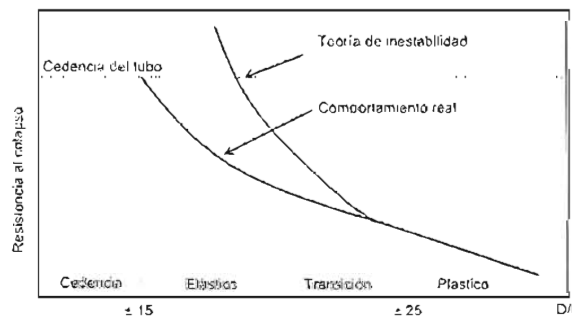


Figura III.1. Comportamiento del Colapso

III.5 MODELO API

Las ecuaciones que API norma para el cálculo de la resistencia al colapso son las siguientes⁽³⁾:

$$P_c = 2\sigma_y \frac{(D/t-1)}{(D/t)^2} \quad D/t \leq \frac{\sqrt{(A-2)^2 + 8(B-C/\sigma_y)} + (A-2)}{2(B+C/\sigma_y)}$$

$$P_c = \frac{45.95 \times 10^6}{D/t[D/t-1]^2} \quad D/t \geq \frac{2+B/A}{3B/A}$$

$$P_c = \sigma_y \left(\frac{F}{D/t} - G \right) \quad D/t \geq \frac{\sigma_y(A-F)}{C + \sigma_y(B-G)}$$

$$P_c = \sigma_y \left(\frac{F}{D/t} - G \right) \quad D/t \leq \frac{2+B/A}{3B/A}$$

$$P_c = \sigma_y \left(\frac{A}{D/t} - B \right) - C \quad D/t \geq \frac{\sqrt{(A-2)^2 + 8(B-C/\sigma_y)} + (A-2)}{2(B+C/\sigma_y)}$$

$$P_c = \sigma_y \left(\frac{A}{D/t} - B \right) - C \quad D/t \leq \frac{\sigma_y(A-F)}{C + \sigma_y(B-G)}$$

$$A = 2.8762 + 0.10679 \times 10^{-5} \sigma_y + 0.21301 \times 10^{-10} \sigma_y^2 - 0.53132 \times 10^{-16} \sigma_y^3$$

$$B = 0.026233 + 0.50609 \times 10^{-6} \sigma_y$$

$$C = -465.93 + 0.030867\sigma_y - 0.10483 \times 10^{-7} \sigma_c^2 + 0.36989 \times 10^{-13} \sigma_c^3$$

$$F = \frac{46.95 \times 10^6 \left(\frac{3B/A}{2+B/A} \right)^3}{\sigma_y \left(\frac{3B/A}{2+B/A} - \frac{B}{A} \right) \left(1 - \frac{3B/A}{2+B/A} \right)^2}$$

$$G = FB/A$$

donde :

- σ_y Cedencia del tubo (psi)
- P_c Resistencia al colapso (psi)
- D Diámetro exterior (pg)
- t Espesor (pg)

III.6 MODELO DE ISSA

Como puede observarse, en las ecuaciones que utiliza el modelo API para el cálculo de la resistencia al colapso no se consideran imperfecciones. En octubre de 1996, *J. A. Issa* y *D. S. Crawford*⁽⁴⁾ presentaron un modelo en un foro de la SPE, en el cual desarrollaron una ecuación basada en un gran número de simulaciones no lineales de elemento finito, a tubulares con diferentes tolerancias geométricas y propiedades mecánicas que toma en cuenta imperfecciones promedio. Después verificaron los resultados comparándolos con pruebas realizadas físicamente. Posteriormente, se ajustaron los parámetros obtenidos de las ecuaciones para el colapso mediante una regresión no lineal para optimizarlos. La ecuación obtenida es válida para variaciones en el diámetro de los tubulares, espesor de pared, ovalidad, excentricidad y comportamiento del material elasto plástico.

La ecuación general del modelo de Issa es la siguiente:

$$P = \left[\frac{1}{2} (P_c + P_{EP}) - \frac{1}{2} \sqrt{(P_c + P_{EP})^2} \right] g \left(S, \frac{D}{t} \right) h(e)$$

Donde:

$$P_E = \frac{2E}{1-\nu^2} \left[\frac{1}{D \left(\frac{D}{t} - 1 \right)^2} \right]$$

$$P_{EP} = \frac{Y \left(\frac{D}{t} - 1 \right)}{\left(\frac{D}{t} \right)^2} \left[\frac{A_1}{1 + \left[A_2 + A_3 \left(\frac{Y}{E} \right) \right] \left(\frac{D}{t} \right)} \right]$$

P_E : Presión elástica de colapso

P_{EP} : Presión elasto plástica de colapso

E : Módulo de Young (30×10^6 psi)

ν : Relación de Poisson (0.3 para el acero)

D : Diámetro (pg)

t : Espesor (pg)

Y : Esfuerzo de cedencia (psi)

A_1 : 7.0333

A_2 : 0.1295

A_3 : 12.3298

Una vez que se definió la resistencia al colapso para tubulares, fue necesario tomar en cuenta el impacto de las imperfecciones. En la ecuación general se observan las funciones de ovalidad y excentricidad.

Función de ovalidad

La relación de ovalidad se derivó de una serie de modelos en el rango de varias relaciones de ovalidad permitidas por API, determinando que la ovalidad S , varía en el rango de 0 a 0.002. La función obtenida tiene un error menor del 2% y se muestra a continuación:

$$g\left(S, \frac{D}{t}\right) = \frac{1}{1 + \left[B_1 + B_2\left(\frac{D}{t}\right)\right] S^{B_3}}$$

Donde:

$$B_1: \quad 0.1648$$

$$B_2: \quad 0.5972$$

$$B_3: \quad 0.7168$$

S : Relación de ovalamiento

Función de excentricidad

Posteriormente, se evaluó el impacto de la excentricidad en la resistencia al colapso, determinando que varía en un rango de 0 a 0.5, y tiene la siguiente forma:

$$h(e) = (1 - e)(1 + C_1 e + C_2 e^2)$$

Donde:

$$C_1: \quad 0.8123$$

$$C_2: \quad -1.1272$$

e : Relación de excentricidad

Los valores de las constantes A_1 , A_2 , A_3 , B_1 , B_2 , B_3 , C_1 y C_2 obtenidas por Issa y Crawford, fueron ajustadas considerando pruebas en tubulares con características API. Sin embargo, para poder evaluar las tuberías propietarias de TAMSA (TAC), no API, PEMEX solicitó al Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)⁽⁹⁾ en julio de 1999, el ajuste mediante un modelo semi-empírico de la resistencia al colapso de dichas tuberías. Los valores obtenidos del ajuste efectuado por el IMP, se muestran en la TABLA III.1, comparándolos con los que obtuvo originalmente Issa. El análisis del modelo de Issa se llevó a cabo utilizando las constantes modificadas con el fin de darle continuidad al proyecto del IMP.

Constante	Modelo Original	Modelo Ajustado
A_1	7.0333	7.0422
A_2	0.1295	0.1140
A_3	12.3298	17.0580
B_1	0.1648	0.1970
B_2	0.5972	0.6060
B_3	0.7618	0.8190
C_1	0.8123	2.0310
C_2	-1.1272	-8.3030

Tabla III.A. Comparación de los valores de las constantes obtenidas por Issa con los ajustados por IMP para tuberías TAC.

III.7 MODELO DEL INSTITUTO SUROESTE CHINO DEL PETRÓLEO

Otro modelo que considera las imperfecciones en el cálculo de la resistencia al colapso en tuberías, es el propuesto por el *Instituto Suroeste Chino del Petróleo*⁽⁶⁾, en junio de 2001, en el cual, al igual que en el modelo de Issa, figuran las funciones de ovalidad y excentricidad. La ecuación obtenida, está basada en la teoría de la elasticidad y la plasticidad.

Cabe aclarar que en el artículo, la ecuación general aparece con un error que se corrigió para realizar la evaluación. La ecuación originalmente aparece como:

$$P_c = \frac{1}{2} - P_e + P - \sqrt{(P_e - P)^2 + gP_eP}$$

Ecuación general (corregida) del modelo del ISCHP

$$P_c = \frac{1}{2} \left[P_e + P - \sqrt{(P_e - P)^2 + gP_eP} \right]$$

Donde:

$$P_e = \frac{454.95 \times 10^4}{(D/t)[(D/t) - 1]^2}$$

$$P = 2.308 \sigma_y \left(\frac{(D/t) - 1}{(D/t)^2} \right)$$

$$g = g_1 + g_2 + g_3$$

$$g_1 = 0.3232 \theta \text{ (\%)}$$

$$g_2 = 0.0028 \varepsilon \text{ (\%)}$$

$$g_3 = -0.5648 \sigma_r / \sigma_y$$

Ovalidad:
$$\theta = \frac{2(D_{\max} - D_{\min})}{D_{\max} + D_{\min}}$$

Excentricidad:
$$\varepsilon = \frac{2(t_{\max} - t_{\min})}{t_{\max} + t_{\min}}$$

D: Diámetro (mm)

t: Espesor de pared (mm)

D/t: Relación diámetro – espesor

σ_y : Esfuerzo de mínima cedencia (Mpa)

σ_r : Esfuerzo residual (Mpa)

θ : Ovalidad
 ϵ : Excentricidad

III.8 ANÁLISIS DE LOS MODELOS DE ISSA, ISCHP Y API, Y PRUEBAS FÍSICAS

Una vez presentados los modelos existentes para determinar la resistencia al colapso en tuberías, se procedió a evaluarlos con datos proporcionados por TAMSA (Anexo 1), que resultaron de pruebas de laboratorio efectuadas a tuberías TAC – 110 y TAC – 140.

En el *Anexo 1*, se presentan las tablas y las gráficas del análisis de tuberías TAC – 110 para diferentes diámetros.

Resistencia elástico plástica

En el *Anexo 2*, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación hecha a tuberías TAC – 110. En una primer etapa, se retomó la premisa de que el modelo API no considera imperfecciones y se evaluaron los modelos de Issa e ISCHP (ver TABLA III.1), tomando en cuenta únicamente la parte de los modelos que corresponde a la resistencia elástico - plástica. De los resultados obtenidos, en la GRÁFICA III.1 se comparó el comportamiento del modelo API evaluado con datos nominales de diámetro, espesor y cedencia, con la resultante de resistencias al colapso medidas físicamente en varias tuberías, observando que la resistencia al colapso real se encuentra arriba de la nominal 31.05%. De igual forma se evaluó el mismo modelo pero esta vez con valores de diámetro, espesor y cedencia reales medidos en pruebas de laboratorio, observando una diferencia de 22.40%.

A continuación se evaluó el modelo de Issa con los mismos parámetros de diámetro, espesor y cedencia nominales y se comparó con la resultante de las resistencias al colapso reales (ver TABLA III.1 y GRÁFICA III.2), observando que con éste modelo, la resistencia elástico - plástica es superior en un 6.64% a las

resistencias medidas físicamente. Al evaluar el modelo de Issa con datos reales, supera en 12.13% a la resultante resistencias reales.

Posteriormente se evaluó el modelo ISCHP en las mismas condiciones (ver TABLA III.1 y GRÁFICA III.3), observando que con valores nominales se tiene una diferencia de 8.27% arriba de la resistencia real y un 9.67% al evaluar con datos reales.

Una vez evaluados los tres modelos, se comparó su comportamiento considerando datos nominales (ver TABLA III.1 y GRÁFICA III.4), con la resistencia real, observando que Issa e ISCHP superan en 33.99% y 56.20% respectivamente al modelo API y 6.64% y 8.27% con respecto a la resistencia real.

Al comparar de manera similar los tres modelos considerando valores reales (ver TABLA III.1 y GRÁFICA III.5), puede notarse un comportamiento prácticamente paralelo del modelo de Issa con respecto al API, que además supera a la resistencia real en un 13.15 % para todas las relaciones D/t , mientras que ISCHP se comporta por debajo de la resistencia real en relaciones D/t mayores a 23 e incluso tienden a caer por debajo de la resistencia calculada con el modelo API.

Hasta éste punto, es notable que el modelo de Issa supera por mucho a los modelos API e ISCHP, sin perder de vista que no se tomaron en cuenta las imperfecciones.

Evaluación de Modelos considerando Ovalidad

Una segunda etapa consistió en realizar la evaluación de los modelos tomando en cuenta la "ovalidad geométrica congénita" de las tuberías. Considerando la ovalidad para cada diámetro de las tuberías en estudio y la ovalidad promedio general de éstas, se realizó la comparación del modelo API con valores de diámetro, espesor y cedencia tanto reales como nominales (ver TABLA III.2 y GRÁFICA III.6), con la resistencia real.

Seguido de esta comparación, se evaluó el modelo de Issa con valores nominales y reales de diámetro, espesor y cedencia, además de considerar la ovalidad (ver TABLA III.2 y GRÁFICA III.7), observando que la variación con respecto a éste mismo modelo cuando no se consideró la ovalidad (GRÁFICA III.2), es mínima.

A continuación se evaluó el modelo ISCHP (ver TABLA III.2 y GRÁFICA III.8), observando que tampoco en este caso varía la resistencia al colapso cuando se evaluó sin ovalidad (GRÁFICA III.3).

Efectuando la comparación de los modelos considerando datos nominales, con la resistencia real (ver TABLA III.2 y GRÁFICA III.9), se observa que no hay mucha variación con la evaluación de los modelos sin considerar ovalidad.

Sin embargo, al comparar los modelos evaluados datos reales considerando ovalidad (ver TABLA III.2 y GRÁFICA III.10) con los obtenidos sin considerar ovalidad, se observa que el modelo de Issa aun permanece con resistencias superiores a las reales para todos las relaciones D/t , mientras que el modelo ISCHP tiene un comportamiento prácticamente igual al de la resistencia real para relaciones D/t mayores a 21, es decir, dos puntos menos que cuando no se consideró la ovalidad.

Evaluación de Modelos considerando Excentricidad

Continuando con el análisis, la tercer etapa consistió en evaluar nuevamente los modelos con datos nominales y reales considerando esta vez el efecto de excentricidad. Nuevamente figura la evaluación del modelo API con datos nominales y reales (ver TABLA III.3 y GRÁFICA III.11), como marco de referencia.

Al evaluar el modelo de Issa de nueva cuenta con valores nominales y reales de diámetro, espesor y cedencia, además de considerar la excentricidad (ver TABLA III.3 y GRÁFICA III.12), se observa que su comportamiento aun permanece arriba de la resistencia real en un 20.76% para todas las relaciones D/t , mientras que el modelo ISPCH (ver TABLA III.3 y GRÁFICA III.13) se acerca a la resistencia real a

medida que aumentan los valores de la relación D/t , quedando por debajo de ésta cuando los valores de D/t son mayores de 24.

Al comparar los modelos evaluados con valores nominales de diámetro, espesor y cedencia, considerando la excentricidad (ver TABLA III.3 y GRÁFICA III.14), se nota que el modelo de Issa aun tiene un comportamiento paralelo respecto al modelo API y la resistencia calculada supera a la resistencia real. Por otra parte, en el modelo ISCHP se reduce la resistencia al colapso conforme aumenta la relación D/t cuando ésta es mayor de 24 para el caso de la resistencia real y mayores a 26 comparado con el API.

Ahora bien, al comparar los modelos evaluados con valores de diámetro, espesor y cedencia reales (ver TABLA III.3 y GRÁFICA III.15), además de considerar la excentricidad, el modelo de Issa difiere positivamente un 47.90% y un 20.76% con respecto al modelo API y resistencia real respectivamente.

Sin embargo, el modelo ISCHP reduce su resistencia al colapso para relaciones D/t mayores de 23 con respecto a la resistencia real y mayores a 25 respecto a la resistencia real.

La cuarta etapa del análisis consistió en evaluar los modelos considerando datos de diámetro y espesor nominales y cedencia real con la finalidad de determinar el impacto de la cedencia real cuando se consideran características geométricas nominales.

De aquí, se puede observar que al evaluar el modelo API (ver tabla III.4 y gráfica III.16) y compararlo con la resistencia real, para relaciones D/t mayores de 24 tiene una tendencia lineal, es decir, su resistencia al colapso se vuelve prácticamente constante, mientras que la tendencia de la resistencia real muestra un decremento continuo a medida que aumenta la relación D/t .

Para el caso del modelo de Issa (ver TABLA III.4 y GRÁFICA III.17), se observa como en los casos anteriores, que se comporta de manera paralela con respecto al modelo API, mostrando una resistencia al colapso 8.27% superior al de la resistencia real para todas las relaciones D/t .

En lo que respecta al modelo ISCHP (ver TABLA III.4 y GRÁFICA III.18), nuevamente se observa que para relaciones D/t mayores de 24, su resistencia al colapso disminuye e incluso su tendencia es seguir disminuyendo a medida que aumenta la relación D/t con respecto a la resistencia real.

Al comparar los modelos con la resistencia real (ver tabla III.4 y gráfica III.19), se observa que el modelo cuyo comportamiento se acerca más a la resistencia real, es el de Issa, debido a que éste sigue presentando una resistencia al colapso ligeramente mayor que la de la resistencia real.

Comparando las GRÁFICAS III.15 y III.19, en las cuales únicamente permaneció constante la cedencia real, se percibe que considerando los datos reales la resistencia al colapso evaluada con los modelos de Issa e ISCHP superan en 12% a la resistencia real, mientras que al considerar datos nominales, la resistencia evaluada prácticamente se acerca a la resistencia real. También se observa que en el caso del modelo de ISCHP la resistencia al colapso evaluada se encuentra por debajo de la resistencia real para relaciones D/t mayores a 23 considerando datos reales, mientras que al considerar datos nominales de diámetro y espesor y cedencia nominal, disminuye cuando la relación D/t es mayor de 24.

Posteriormente, se graficaron las ovalidades de todas las tuberías en analizadas al igual que la ovalidad promedio por cada diámetro de tubería (ver TABLA III.3 y GRÁFICA III.20), determinando una ovalidad media de 0.25%. De manera similar, se compararon las excentricidades de todas las tuberías con el promedio por cada diámetro (ver TABLA III.4 y GRÁFICA III.21), obteniendo una ovalidad media de 4.50%.

Evaluación de Modelos Considerando ambas imperfecciones (Ovalidad y Excentricidad)

Continuando con el análisis, se compararon los modelos considerando valores nominales de diámetro, espesor y cedencia involucrando ovalidad y excentricidad (ver tabla III.5 y gráfica III.22), observando que la resistencia evaluada con el modelo de Issa, tiene un comportamiento bastante ajustado al de la resistencia

real, aunque ofrece menor resistencia para relaciones D/t menores a 16, mientras que en el modelo ISCHP las resistencias son menores que la resistencia real en todas las relaciones D/t .

Sin embargo, al evaluar los modelos con valores reales, considerando ovalidad y excentricidad (ver TABLA III.5 y GRÁFICA III.23), el modelo de Issa se sigue ajustando más a la resistencia real para todas las relaciones D/t , mientras que el modelo ISCHP, aunque ofrece resistencias superiores a relaciones D/t menores de 15, en relaciones D/t mayores a 21 la resistencia va disminuyendo.

Continuando con el análisis de los modelos, nuevamente se evaluaron los modelos para la tubería TAC – 140 de la misma forma que se describió para la TAC – 110.

Resistencia elástico plástica

El Anexo 3, muestra las tablas y las gráficas del análisis de tuberías TAC – 140 para diferentes diámetros.

En la GRÁFICA III.24 se muestra el modelo API evaluado con datos de diámetro, espesor y cedencia nominales y reales, observando que para relaciones D/t mayores de 17 permanece estable, mientras que para relaciones D/t menores de 13 la tendencia es aumentar la resistencia al colapso por arriba de la resistencia real.

Evaluando el modelo de Issa bajo las mismas condiciones (ver TABLA III.6 y GRÁFICA III.25), al igual que para las tuberías TAC – 110 la resistencia elástico - plástica es mayor que la resistencia real, mientras que para el modelo ISCHP (ver TABLA III.6 y GRÁFICA III.26), la resistencia evaluada cae por debajo de la resistencia real para relaciones D/t mayores a 19.

Comparando los modelos evaluados con datos nominales, con la resistencia real (ver TABLA III.6 y GRÁFICA III.27), se observa que el modelo de Issa se ajusta mas a la resistencia real mientras que el modelo ISCHP tiende a disminuir su resistencia a medida que aumenta la relación D/t y nuevamente se observa el

mismo comportamiento cuando se evalúa con datos reales (ver TABLA III.6 y GRÁFICA III.28).

Evaluación de modelos considerando Ovalidad

Continuando con el análisis, se consideró el modelo API como marco de referencia (ver TABLA III.7 y GRÁFICA III.29) y se evaluó el modelo de Issa con datos nominales y reales considerando ovalidad (ver TABLA III.7 y GRÁFICA III.30), presentando éste modelo un mejor ajuste en comparación con la resistencia real, a diferencia del modelo ISCHP (ver TABLA III.7 y GRÁFICA III.31), cuya resistencia disminuye a medida que aumenta la relación D/t .

Comparando los modelos evaluados tanto con datos nominales (ver TABLA III.7 y GRÁFICA III.32) como reales (ver TABLA III.7 y GRÁFICA III.33), el modelo de Issa presenta muy poca variación con respecto a la resistencia real. El modelo ISCHP tiende a reducir la resistencia al colapso a medida que aumenta la relación D/t .

Evaluación de Modelos considerando Excentricidad

Tomando como base nuevamente el modelo API (ver TABLA III.8 y GRÁFICA III.34), se evaluaron los modelos con datos nominales y reales considerando la excentricidad. El modelo de Issa muestra un incremento en la resistencia al colapso con respecto a la resistencia real (ver TABLA III.8 y GRÁFICA III.35) para todas las relaciones D/t , mientras que el modelo ISCHP sigue mostrando una tendencia a reducir la resistencia al colapso en relaciones D/t mayores a 19.

Al comparar los modelos evaluados con datos nominales (ver TABLA III.8 y GRÁFICA III.37) y con datos reales (ver TABLA III.8 y GRÁFICA III.38), se aprecia que el modelo de Issa es el que mejor se ajusta a la resistencia real.

Partiendo del modelo API (ver TABLA III.8 y GRÁFICA III.39) como punto de referencia, se compararon los modelos evaluados con diámetro y espesor nominales y cedencia real, la resistencia con Issa (ver TABLA III.9 y GRÁFICA III.40) sigue presentando el mejor ajuste con respecto a la resistencia real, por el

contrario, la resistencia ISCHP (ver TABLA III.9 y GRÁFICA III. 41) continúa mostrando una tendencia a reducir en relaciones D/t mayores a 24.

Comparando los modelos evaluados con datos de diámetro y espesor nominales y cedencia real (GRÁFICA III.42), Issa muestra un comportamiento por arriba de la resistencia real para todas las relaciones D/t , mientras que ISCHP disminuye para relaciones D/t mayores a 24.

Posteriormente se comparó la ovalidad medida con la ovalidad promedio (ver TABLA III.7 y GRÁFICA III.43), encontrando una diferencia de 0.25% igual que en el caso de la tubería TAC – 110. también se comparó la excentricidad medida con la excentricidad promedio (ver TABLA III.8 y GRÁFICA III.44), determinando una diferencia de 4.41% semejante a la misma TAC – 110.

Una vez analizadas las diferentes posibilidades de los modelos, se hizo una comparación de éstos considerando datos de diámetro, espesor y cedencia nominales (ver TABLA III.10 y GRÁFICA III.45) y reales (ver TABLA III.10 y GRÁFICA III.46), involucrando los efectos de ovalidad y excentricidad.

Aquí puede observarse que nuevamente el modelo de Issa es el que mejor se ajusta a la resistencia real, aunque presenta baja resistencia para relaciones D/t menores de 14, mientras que en el modelo ISCHP la resistencia tiende a disminuir en relaciones D/t mayores que 19.

III.9 RESUMEN DE MODELOS DE RESISTENCIA AL COLAPSO

La TABLA III.B, muestra las diferencias en resistencia al colapso que presentan las tuberías TAC–110 expresadas en porcentajes al evaluar los modelos de Issa e ISCHP y compararlos con el modelo API y la resistencia real, sin considerar imperfecciones. Como puede observarse, el modelo de Issa ofrece una resistencia al colapso mayor cuando se evalúa con la cedencia real que cuando se evalúa con la cedencia nominal, mientras que el modelo de ISCHP es el caso contrario al compararlo con el modelo API. Aparentemente este modelo muestra una mejora al evaluarlo con la cedencia real, sin embargo, gráficamente se observa que para relaciones D/t mayores de 23, ofrece menor resistencia al colapso al compararlo con la resistencia real.

ANÁLISIS DEL MODELO	Diferencia con API (%)	Diferencia con Resistencia Real (%)
Issa (D, t y σ nominales)	33.99	6.50
Issa (D y t nominales, σ real)	40.37	8.87
ISCHP (D, t y σ nominales)	56.20	8.35
ISCHP (D y t nominales, σ real)	25.85	15.85
API (D, t y σ nominales)	-	31.05
API (D y t nominales, σ real)	-	31.05

Tabla III.B. Comparación de los modelos con respecto a API y resistencia real sin considerar imperfecciones, para tubería TAC - 110.

Al evaluar los modelos de Issa e ISCHP para la misma tubería TAC – 110 tomando en cuenta las imperfecciones, se observa que el modelo de ISCHP ofrece mayor resistencia cuando se considera la ovalidad y la excentricidad por separado, comparándolas tanto con el modelo API como con la resistencia real. Sin embargo, cuando se considera ovalidad y excentricidad, el modelo de Issa muestra un comportamiento más estable al compararlo con la resistencia real utilizando valores nominales, que para fines de diseño son los que se consideran.

ANÁLISIS DEL MODELO	Diferencia con API (%)	Diferencia con Resistencia Real (%)
Issa (D, t y σ nominales, o)	33.99	6.64
Issa (D, t y σ nominales, e)	43.37	5.34
Issa (D, t y σ nominales, o y e)	34.75	6.81
Issa (D y t nominales, σ real, o y e)	52.51	8.27
ISCHP (D, t y σ nominales, o)	56.20	8.27
ISCHP (D, t y σ nominales, e)	52.73	6.71
ISCHP (D, t y σ nominales, o y e)	40.11	5.65
ISCHP (D y t nominales, σ real, o y e)	49.78	8.45

TABLA III.C. Comparación los modelos con respecto a API y resistencia real considerando imperfecciones, para tubería TAC - 110.

Analizando los resultados obtenidos para el caso de una tubería TAC – 140, sin considerar imperfecciones como lo muestra la tabla III.D, se observa que el modelo de ISCHP ofrece mayor resistencia al compararlo con el modelo API, sin embargo, respecto a la resistencia real, el modelo de Issa ofrece mayor resistencia y de manera semejante a la tubería TAC – 110, el modelo de ISCHP disminuye su resistencia al colapso para relaciones D/t mayores de 19, con la tendencia a seguir decreciendo por debajo de la resistencia real a medida que se incrementa la relación D/t.

ANÁLISIS DEL MODELO	Diferencia con API (%)	Diferencia con Resistencia Real (%)
Issa (D, t y σ nominales)	36.31	3.59
Issa (D y t nominales, σ real)	51.82	17.84
ISCHP (D, t y σ nominales)	48.98	9.21
ISCHP (D y t nominales, σ real)	73.17	16.36
API (D, t y σ nominales)	-	26.48
API (D y t nominales, σ real)	-	32.24

TABLA III.D. Comparación de los modelos con respecto a API y resistencia real sin considerar imperfecciones, para tubería TAC - 140.

Finalmente, al comparar los resultados obtenidos considerando imperfecciones, como se muestra en la tabla III.E, se observa que al igual que en la tubería TAC – 110, al evaluar los modelos considerando la ovalidad y la excentricidad por separado aparentemente el modelo de ISCHP ofrece un mejor comportamiento, sin embargo, al revisar las gráficas, se observa que para relaciones D/t mayores de 19, la resistencia de la tubería tiende a disminuir por debajo de la resistencia real, mientras que el modelo de Issa tiene un comportamiento más estable para todos las relaciones D/t analizadas.

ANÁLISIS DEL MODELO	Diferencia con API (%)	Diferencia con Resistencia Real (%)
Issa (D, t y σ nominales, o)	36.31	3.66
Issa (D, t y σ nominales, e)	43.54	6.33
Issa (D, t y σ nominales, o y e)	32.93	3.50
Issa (D y t nominales, σ real, o y e)	50.09	17.43
ISCHP (D, t y σ nominales, o)	48.98	9.08
ISCHP (D, t y σ nominales, e)	46.93	7.82
ISCHP (D, t y σ nominales, o y e)	36.00	3.26
ISCHP (D y t nominales, σ real, o y e)	37.40	18.95

TABLA III.E. Comparación los modelos con respecto a API y resistencia real considerando imperfecciones, para tubería TAC - 140.

Del análisis efectuado a las tuberías TAC – 110 y TAC – 140, puede concluirse que el modelo que mejor se comporta y que más se aproxima a la resistencia real, es el modelo de Issa, ya que además de seguir una tendencia semejante a la del modelo API, se ajusta a la resistencia real para todos los diámetros.

Cabe aclarar que para el análisis efectuado, se utilizó información pruebas de laboratorio a escala real de tuberías TAC – 110 y TAC - 140, proporcionados por la compañía TAMSA, y que no fue posible realizar un análisis más completo debido a que no se contó con pruebas semejantes para tuberías API. Sin

embargo, considerando que parte de las evaluaciones efectuadas se realizó con datos nominales y se observó que el comportamiento del modelo de Issa sigue la misma tendencia del modelo API, con un incremento aproximado en la resistencia 30%, por lo que podría considerarse que en realidad la tubería TAC – 110 es una tubería P – 110 mejorada, ya que la resistencia real se ajusta a la evaluada con este modelo.

Derivado del análisis realizado utilizando valores reales en los modelos estudiados, se observa que la cedencia real juega un papel importante en la evaluación de las resistencias al colapso real. Con lo que se enfatiza que hay una diferencia entre la resistencia al colapso para efectos de diseño y la resistencia al colapso real. El impacto de la cedencia real en la resistencia al colapso calculada con el modelo de Issa es en promedio 12.16 % mayor que la resistencia real.

Por ejemplo, para una tubería TAC – 110 de 5" de diámetro exterior con un espesor de 0.367" (ver TABLA III.5), se observa que al evaluar la resistencia al colapso con el modelo de ISCHP para una cedencia nominal de 110,000 psi, la resistencia al colapso que se obtiene es de 14,488 psi representando una diferencia de 9.65% arriba de la resistencia real de esta tubería, mientras que al considerar la cedencia real de 125,605 psi, la resistencia al colapso que se obtiene es de 16,364 psi que representa una diferencia de 2.05 % mayor que la resistencia real. En esta misma tabla, se observa que utilizando los mismos parámetros de entrada para evaluar el modelo de Issa, con la cedencia nominal se tiene una resistencia al colapso de 14,767 psi, que representa una diferencia de 7.91% con respecto a la resistencia real de dicha tubería, la cual es mayor a la obtenida con el modelo de ISCHP. Evaluando con la cedencia real, la resistencia al colapso es de 16,558 psi, es decir, un 3.26% por arriba de la resistencia real, la cual nuevamente queda arriba de la resistencia real.

Del resultado del análisis realizado a las tuberías TAC – 110 y TAC – 140, prácticamente se puede resumir que con el modelo de Issa evaluado con datos de diámetro, espesor y cedencia nominales, considerando una ovalidad promedio de 0.25% y una excentricidad promedio de 4.50% (ver GRÁFICAS III.20, III.21, III.43 Y III. 44), se reproducen valores de resistencia al colapso muy aproximados a los

de las pruebas realizadas a escala real por TAMSA, por lo que el uso del modelo de Issa debe ser el más apropiado para utilizarse considerando imperfecciones geométricas.

III.10. MODELOS DE AKGUN

Como se mencionó anteriormente, los modelos de Issa e ISCHP permiten evaluar la resistencia al colapso de una tubería con imperfecciones geométricas congénitas. Pero ¿Cómo afectan las imperfecciones de la tubería cuando ésta se coloca en el interior del pozo?.

Cuando las tuberías son colocadas en pozos altamente desviados, se deforman debido a los esfuerzos a los que se somete al tubo, independientemente de las imperfecciones geométricas congénitas, provocando un cambio en la sección transversal del tubo de circular a elíptica. Esta deformación es función de la curvatura del agujero y del peso que soporta la tubería (carga axial). La magnitud de la deflexión (deformación por ovalamiento homogéneo), depende del diámetro exterior y del espesor del tubo.

Existen dos modelos que permiten evaluar la ovalidad que sufre una tubería en el interior del pozo y que es adicional a la ovalidad geométrica congénita, la cual se conoce como deflexión y es generado cuando una tubería se sujeta a cargas axiales y de presión^{(5). (7)}.

MODELO DE AKGUN – MITCHELL

El modelo de Freda Akgun y Joe Mitchell evalúa la reducción del diámetro del tubo debido a la tensión y flexión generada para el caso de pozos desviados principalmente. La FIGURA III.2 muestra el comportamiento de este modelo para determinar la deformación de los tubos considerando varios ángulos de severidad en el pozo y sujeto a diferentes cargas axiales, en varios grados API de tuberías.

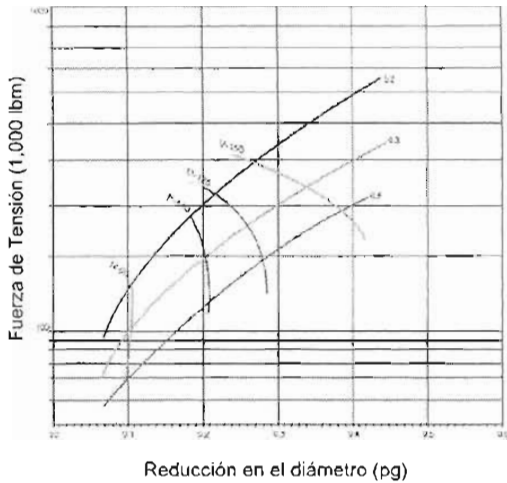


FIGURA III.2. Deformación tubular en un pozo

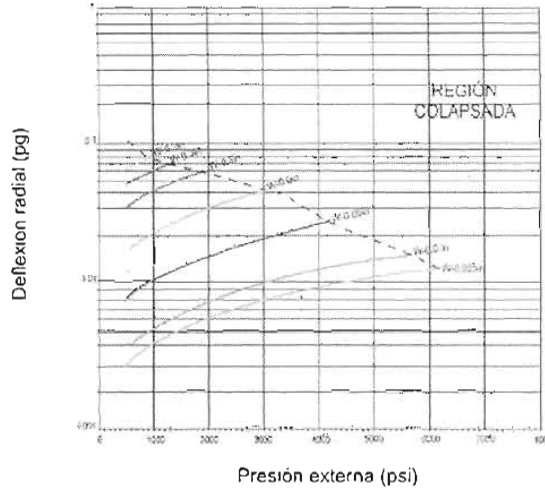


FIGURA III.3. Presión de colapso y desplazamiento radial para una tubería de 5" K-55 de 11.5 lb/lin

MODELO DE AKGUN

Posteriormente, Akgun propuso un nuevo modelo que permite determinar la reducción del diámetro del tubo por efecto de la carga de presión diferencial manifestada en su cara externa, adicional a la generada por tensión y flexión.

La ecuación diferencial que permite modelar la sección circular del tubo (90°), es:

$$\frac{d^2 \omega}{d\theta^2} + \omega \left[1 + \frac{12(1-\mu^2)}{Et^3} Pr_o^3 \right] = - \frac{12(1-\mu^2)}{Et^3} Pr_o^3 \omega_0 \cos 2\theta$$

Donde:

- ω : Cambio radial en el eje medio de la sección cruzada, pg
- θ : Ángulo en el cual se determina ω , rad
- ω_0 : Deformación o cambio radial en el eje medio de la sección cruzada en $\theta = 0$
- μ : Relación de Poisson
- E: Módulo de Young (30×10^6)

- P: Presión diferencial, psi
 r_o: Radio medio de un tubo, pg
 t: Espesor de pared, pg

Al aplicarla a diferentes presiones diferenciales y deflexiones radiales, se generan las gráficas mostradas en las FIGURAS III.3.

Por ejemplo, para una tubería de 7" de diámetro exterior y espesor de 0.317 pg, grado N-80 que trabaja a una presión diferencial de 2,000 psi y está sujeta a una carga axial de 100,000 psi con curvatura de 30°/100ft.

Al aplicar el modelo de la FIGURA III.2, se obtiene una reducción en el diámetro de la tubería de 0.1 pg, generando consecuentemente una ovalidad adicional.

Aplicando el modelo de Akgun para obtener la presión diferencial actuando en el tubo, se tiene una deflexión total de 0.07. Se debe tener cuidado respecto al significado de este número final. Por ejemplo, este número representa la deflexión, pero solo debido a la presión diferencial positiva. Si la reducción total en el diámetro de la tubería circular va a ser determinada, entonces el valor de ω_o (0.1 pg para este problema en particular), debe ser agregado a este número final. Por ejemplo, para este caso:

$$0.07 + 0.1 = 0.17 \text{ pg}$$

Por lo cual la ovalidad generada en el cuerpo del tubo en condiciones reales, tomando como diámetro exterior máximo el nominal, será:

$$S = \frac{(7 - (7 - 0.17))}{7} = 0.024 = 2.4\%$$

Este resultado impacta en la evaluación de la resistencia al colapso de la tubería. Para el caso ideal de ésta y de acuerdo con el API, se tiene una resistencia al colapso de 3,830 psi. Considerando la ovalidad calculada de 2.4% por efecto de carga, la resistencia al colapso de esta tubería es de 3,480 psi, por lo que al aplicar el modelo de Issa para estimar la resistencia al colapso considerando $e =$

0, se tendrá una resistencia al colapso nominal reducida en un 15% por efecto de cargas.

III.11 APLICACIÓN DE LA RESISTENCIA AL COLAPSO OBTENIDA CON ISSA AL MODELO DE AKGUN

Una vez que se ha determinado que el modelo de Issa es el que presenta mejor comportamiento, el siguiente paso es evaluar el modelo de Akgun con la resistencia obtenida de dicho modelo para determinar la reducción en el diámetro exterior de la tubería por efecto de tensión y la deflexión radial debida a la presión diferencial.

Para tal efecto, se tomó como base los resultados obtenidos de una tubería TAC – 110 de diámetro exterior de 9 5/8", espesor de 0.480 y cedencia real de 125,458 psi , con una resistencia real de 8,530 psi (ver TABLA III.5).

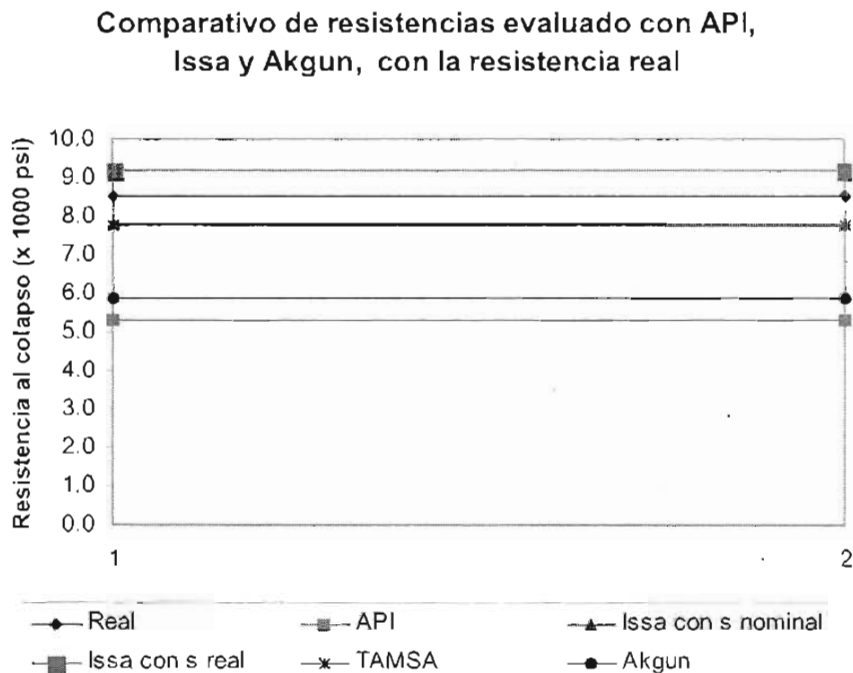


Figura III.4. Comparación de resistencias al colapso evaluadas con los modelos API, Issa y Akgun con la resistencia real.

Al evaluarla con el modelo API se tiene una resistencia al colapso de 5,296 psi, para el modelo de Issa utilizando datos reales tiene una resistencia de 9,198 psi y con datos nominales 7,798 psi. La resistencia recomendada por TAMSA es de 7,740 psi y modificando los valores de Issa con los modelos de Akgun es de 5,863 psi.

Al graficar estos datos (figura III.4), se observa que el modelo de Issa evaluado con datos nominales tiene prácticamente el mismo comportamiento que el recomendado por TAMSA. La evaluación con el modelo de Issa al igual que la resistencia real, se encuentran arriba de los valores de TAMSA e Issa con los valores nominales. Pero una vez que se afecta el modelo de Issa con los modelos de Akgun, se observa que cae en un rango arriba del API, es decir, se tiene una "ganancia" en resistencia cuando se evalúa el modelo de Issa con datos reales.

Esta "ganancia" en resistencia al colapso, se ve compensada al ajustar la resistencia que aun se encuentra arriba del API, con lo cual se demuestra la importancia de considerar las imperfecciones geométricas congénitas de la tubería, debidas a efectos combinados de carga y presión diferencial en el proceso de diseño de tuberías de revestimiento.

Una vez que se ha determinado que el modelo de Issa es el que mejor reproduce los valores de resistencia real, y se determinó la forma de evaluar la ovalidad por efecto de cargas combinadas mediante el modelo de Akgun – Mitchell, a continuación se propone un procedimiento discreto que permite tomar en cuenta las imperfecciones geométricas en el proceso, mediante el cual se efectúe el diseño de tuberías de revestimiento a partir del producto del software Stress Check (que utiliza el modelo API para evaluar la resistencia al colapso), a fin de aprovechar estas herramientas de diseño de tuberías (ver FIGURA IV.1).

Retomando la premisa de que el marco normativo en materia de diseño de tuberías es el establecido por API, se consideran como parámetros de entrada los valores nominales de diámetro, espesor y cedencia nominales, así como los valores de ovalidad (0.25%) y excentricidad (4.50%) determinados en este trabajo.

PROCEDIMIENTO

1. Entrar al programa Stress Check al inventario de tuberías (Pipe Inventory) y seleccionar todas las filas y columnas que componen ésta sección para copiar esta información al portapapeles de Windows.
2. Abrir un archivo de Excel y se pega la información en un primer libro que podría denominarse "Stress orig" (FIGURA IV.2). Generado este libro, se crea otro que llevaría por título "Modelo de Issa". Aquí, se escriben los factores involucrados en el modelo de Issa (A_1 , A_2 , A_3 , B_1 , B_2 , B_3 , C_1 Y C_2) y se ligan las primeras columnas con los valores de diámetro, espesor y cedencia del libro "Stress orig" (FIGURA IV.3).
3. Programar las ecuaciones de resistencia al colapso, ovalidad, excentricidad y resistencia al colapso mediante el modelo de Issa en las siguientes columnas (ver FIGURA IV.4). Las ecuaciones se programan únicamente para la primera celda y posteriormente se copian y se pegan en las celdas siguientes para facilitar la elaboración de éste libro.

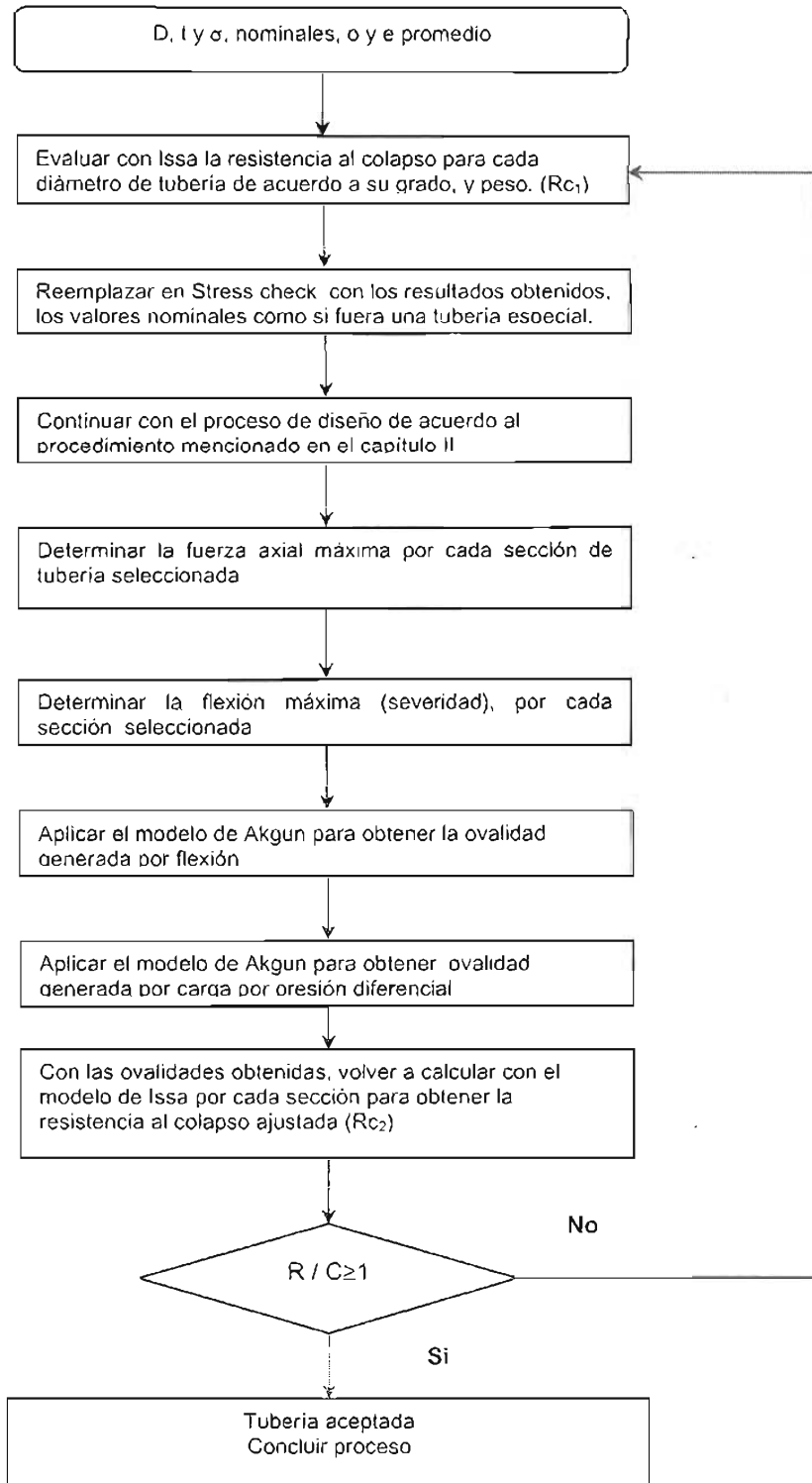


FIGURA IV.1 Proceso de implantación de los modelos de Issa y Akgun – Mitchel para el diseño de tuberías

4. Copiar dentro del mismo archivo, el libro "Stress orig", pegarlo y cambiarle el nombre a "Stress mod". Aquí, se borran los datos correspondientes a la columna "Resistencia al colapso" y se ligan los valores correspondientes obtenidos del libro "Modelo de Issa".
5. Borrar de la columna "Pipe Type" el texto "Standard" y se escribe la palabra "Special" en la primera celda de esta columna; se copia al portapapeles y se pega a las demás celdas de todas las tuberías. Es necesario efectuar este cambio debido a que cuando el programa Stress Check encuentra la palabra "Standard", todos los cálculos que efectúa los hace tomando de su base de datos los valores nominales (como si los realizara para una tubería API), y en realidad se van a trabajar como una tubería especial para utilizar el programa de diseño de TR's considerando imperfecciones.
6. Seleccionar la columna "Pipe Type" con la palabra "Special" y se copia al portapapeles de Windows; se regresa nuevamente al programa Stress Check y se selecciona la columna "Pipe Type" desde el encabezado. En este momento se pega la información del portapapeles y aparece toda la columna con la palabra "Special" sin necesidad de reemplazar una a una las 958 celdas (ver FIGURA IV.5). De esta manera, Stress Check permitirá cambiar los valores iniciales de resistencia al colapso por los que se evaluaron con el modelo de Issa.
7. Regresar al libro "Stress Mod" y seleccionar la columna correspondiente a las resistencias al colapso y se copia al portapapeles. Posteriormente, se regresa a Stress Check y se selecciona la columna "Collapse Resist" para pegar la información del portapapeles a esta columna y de esta forma, se tiene un inventario de tuberías modificado que contiene valores de resistencia al colapso calculados con el modelo de Issa, considerando imperfecciones.

IMPORTANTE: Cada vez que se efectúe un nuevo diseño o se desee modificar alguno ya hecho, se debe repetir el procedimiento descrito, ya que cuando se inicia un nuevo diseño de tuberías en Stress Check, por default toma los valores

nominales del modelo API. Por supuesto que ya no se tiene que volver a evaluar el modelo de Issa, únicamente se tendrá que abrir el archivo que se creó, seleccionar las columnas apropiadas de resistencia al colapso y tipo de tubería (Special), copiarlas al portapapeles por separado y pegarlas en el inventario de Stress Check para dar inicio al diseño.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Diam	Peso	Grado	Unid	Tip	Estall	Res. Colapso	Res	Tension	UR	Ced X 1000	% exp	Costo rel
4.5	0.5	H-40	4.00	40	3.006	Standard	3180	2761	110044	60	87.6	3.33
4.5	0.5	J-55	4.09	55	3.905	Standard	4385	3313	152135	75	87.6	3.33
4.5	0.5	K-55	4.09	55	3.905	Standard	4385	3313	152135	85	87.6	3.33
4.5	10.5	J-55	4.052	55	3.927	Standard	4791	4007	165500	75	87.6	3.07
4.5	10.5	K-55	4.052	55	3.927	Standard	4791	4007	165500	85	87.6	3.07
4.5	11	J-55	4.026	55	3.901	Standard	5069	4483	174573	75	87.6	3.85
4.5	11	K-55	4.026	55	3.901	Standard	5069	4483	174573	85	87.6	3.85
4.5	11	C-75	4.026	75	3.801	Standard	6013	6447	239054	85	87.6	6.37
4.5	11	C-80	4.026	80	3.801	Standard	7373	5815	253921	85	87.6	5.13
4.5	11	C-90	4.026	90	3.801	Standard	7373	5815	253921	100	87.6	4.05
4.5	11	C-95	4.026	95	3.801	Standard	8295	8009	285861	100	87.6	5.58
4.5	11	T-95	4.026	95	3.901	Standard	8750	6109	301035	100	87.6	6.89
4.5	11	P-105	4.026	105	3.875	Standard	8750	6109	301035	100	87.6	6.81
4.5	11	P-110	4.026	110	3.801	Standard	10100	8568	348145	125	87.6	8.88
4.5	11	B J-55	4	55	3.875	Standard	5347	4950	183587	75	87.6	4.08
4.5	11	B K-55	4	55	3.875	Standard	5347	4950	183587	85	87.6	4.08
4.5	11	B C-75	4	75	3.875	Standard	7202	6104	260346	85	87.6	5.58
4.5	11	B L-80	4	80	3.875	Standard	7778	6255	267035	85	87.6	5.73
4.5	11	B N-80	4	80	3.875	Standard	7778	6255	267035	100	87.6	6.17
4.5	11	B C-90	4	90	3.875	Standard	8750	6818	300415	100	87.6	6.89
4.5	11	B C-95	4	95	3.875	Standard	9238	7028	317105	105	87.6	6.17
4.5	11	B T-95	4	95	3.875	Standard	9238	7028	317105	105	87.6	7.18
4.5	11	B P-105	4	105	3.875	Standard	10208	7407	350484	120	87.6	8.97
4.5	11	B P-110	4	110	3.875	Standard	10604	7575	367174	125	87.6	8.07
4.5	12	B J-55	3.958	55	3.833	Standard	5790	5725	199025	75	87.6	4.41
4.5	12	B K-55	3.958	55	3.833	Standard	5790	5725	199025	85	87.6	4.41
4.5	12	B C-75	3.958	75	3.833	Standard	7801	7173	270031	85	87.6	6.01
4.5	12	B L-80	3.958	80	3.833	Standard	8431	7501	290026	85	87.6	6.22

FIGURA IV.2. pegado de información tomada del "Pipe Inventory" de Stress Check

Evaluación del modelo de Issa									
Datos para el modelo de Issa									
A _v	B _v	C _v	A _s	B _s	C _s				
0.1970	0.1140	0.0190	2.0310	6.3030	3E+07				
Datos Reales					Modelo de Issa				
Diametro (in)	Espesor (in)	Relación D/t	Cedencia (psi)	Ovalidad real	Excentricidad real	Resistencia al colapso (psi)	Ovalidad	Excentricidad	Colapso Total (psi)
4.5	0.2050	21.9512	40,000.00	0.0026	0.0045	3.081	0.9992	1.0048	2.796
4.5	0.2050	21.9512	55,000.00	0.0025	0.0045	4.212	0.9952	1.0048	3.848
4.5	0.2050	21.9512	55,000.00	0.0025	0.0018	4.212	0.9992	1.0018	3.848
4.5	0.2050	21.9512	55,000.00	0.0025	0.0045	4.200	0.9179	1.0048	4.529
4.5	0.2240	20.0883	55,000.00	0.0026	0.0015	4.820	0.9162	1.0018	4.320
4.5	0.2370	18.9873	55,000.00	0.0025	0.0045	5.428	0.9204	1.0048	5.019
4.5	0.2370	18.9873	75,000.00	0.0025	0.0045	6.989	0.9204	1.0048	5.472
4.5	0.2370	18.9873	80,000.00	0.0025	0.0045	7.368	0.9204	1.0048	6.811
4.5	0.2370	18.9873	80,000.00	0.0025	0.0045	7.368	0.9204	1.0048	6.811
4.5	0.2370	18.9873	95,000.00	0.0025	0.0045	8.409	0.9204	1.0048	7.776
4.5	0.2370	18.9873	105,000.00	0.0025	0.0015	8.080	0.8201	1.0018	8.379
4.5	0.2370	18.9873	110,000.00	0.0025	0.0045	8.374	0.8204	1.0048	8.569
4.5	0.2500	18.0000	55,000.00	0.0025	0.0015	5.853	0.9211	1.0018	5.327
4.5	0.2500	18.0000	55,000.00	0.0025	0.0045	5.853	0.9241	1.0048	5.527

FIGURA IV.3. Línea de valores del libro "Stress Ora" a "Modelo de Issa"

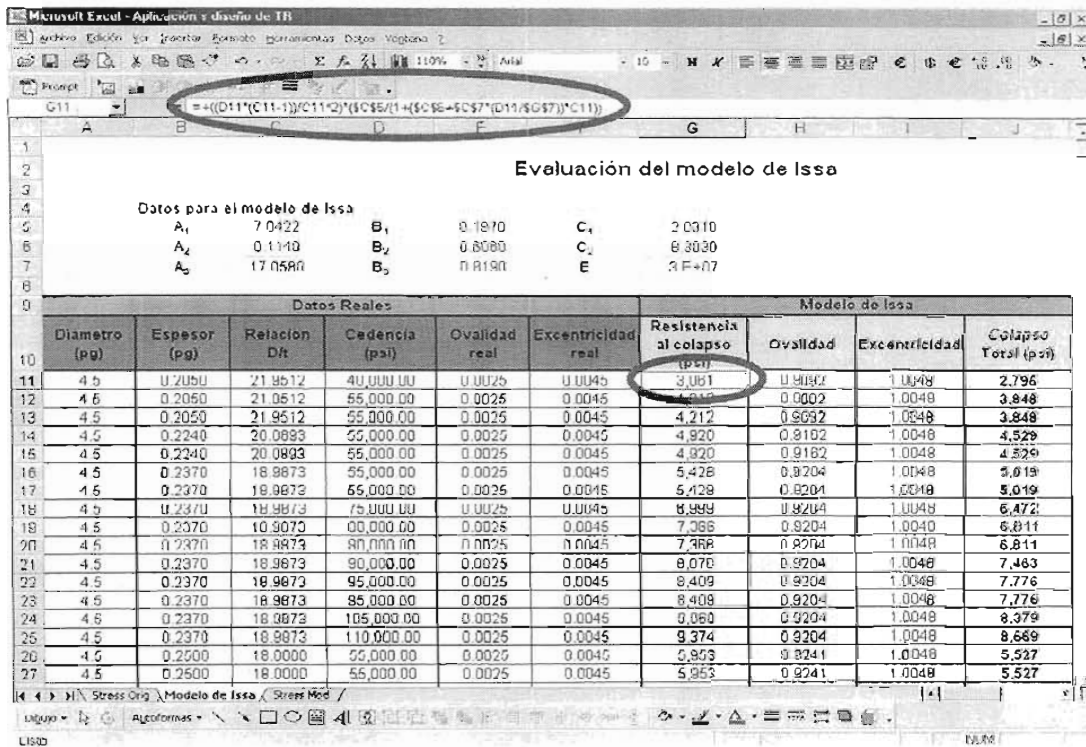


FIGURA IV.4. Programación de fórmulas de Issa para la resistencia al colapso sin imperfecciones

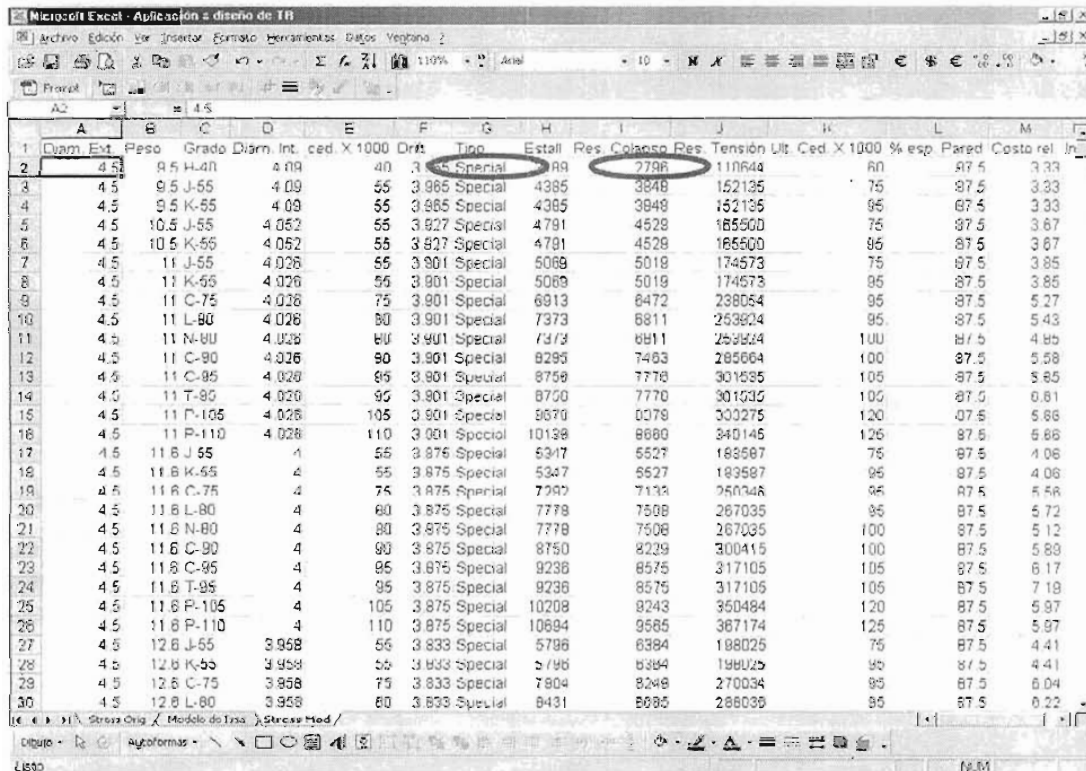


FIGURA IV.5. Libro con valores de colapso y tipo de tubería modificados

8. Una vez que se actualiza la sección correspondiente al inventario de tuberías, se aplica el proceso de diseño descrito en el capítulo II para determinar la fuerza axial máxima por cada sección de tubería seleccionada, y su correspondiente flexión y presión diferencial externa.
9. Con los valores de carga axial, flexión y presión, se obtienen de las gráficas del modelo de Akgun – Mitchell (ver FIGURA III.2) y el modelo de Akgun (ver FIGURA III.3), la deflexión generada a partir de la cual se obtiene con la siguiente ecuación la ovalidad total:

$$\begin{aligned} \mathcal{G}_T &= \mathcal{G}_O + \mathcal{G}_A + \mathcal{G}_P \\ \mathcal{G}_A &= \frac{\omega_A}{\Delta_n} \\ \mathcal{G}_P &= \frac{\omega_P}{\Delta_n} \end{aligned}$$

Donde:

- \mathcal{G}_T : Ovalidad total
- \mathcal{G}_O : Ovalidad original
- \mathcal{G}_A : Ovalidad del modelo de Akgun – Mitchell
- \mathcal{G}_P : Ovalidad del modelo de Akgun
- ω_A : Deflexión axial (modelo de Akgun – Mitchell)
- ω_P : Deflexión por presión (modelo de Akgun)
- Δ_n : $D_{\text{máx}} - D_{\text{mín}}$

10. Con los valores de ovalidad total, se evalúa nuevamente la resistencia al colapso con el modelo de Issa y se revisan los factores de trabajo para determinar si es mayor que la unidad para cubrir el margen de diseño.

11. Si la tubería cumple con esta condición, se da por buena la selección de tubería y aquí termina el proceso, de lo contrario, se vuelve a efectuar el proceso de diseño, modificando el grado o peso de las tuberías hasta que se obtenga un factor de trabajo normalizado mayor o igual que la unidad.

Capítulo V

APLICACIÓN DE DISEÑOS DE TR's

A efecto de aplicar el procedimiento de diseño, se efectuaron algunos diseños con datos obtenidos del diseño de tuberías del pozo KAX – 13 de la Región Marina. Cabe indicar que se presentan los resultados del diseño bajo el concepto "Convencional" y aquellos obtenidos bajo el procedimiento propuesto, en el que se considera la aplicación de las imperfecciones geométricas.

Datos del pozo KAX – 13

Las figuras V.1 a la V.4 muestran los datos correspondientes al estado mecánico, desplazamiento, severidad y geopresiones del pozo, respectivamente.

Diseño convencional

Al correr el programa Stress Check de manera convencional, es decir, con datos nominales API, se obtuvieron las condiciones de carga, límites de diseño, factores de seguridad y el propio diseño de tuberías, mostrados en las figuras V.5 a la V.27.

Diseño modificado

Basado en el procedimiento descrito, se corrió nuevamente el programa Stress Check con los datos actualizados para todas las tuberías. Al hacer los ajustes por imperfecciones, las resistencias al colapso obtenidas al aplicar los modelos de Issa, Akgun – Mitchell y Akgun, en algunas ocasiones cayeron por debajo de los factores de diseño y otras quedaron sobradas tal como se esperaba, por lo cual se tuvo que correr el programa en varias ocasiones hasta llegar a un diseño final en el que las resistencias de las tuberías cumplieron con el factor de diseño, en un rango adecuado en el que no estuvieron sobradas.

La TABLA V.1 muestra un resumen de los resultados del diseño convencional y de modificado por Issa. Aquí se puede observar que con el modelo de Issa modificado, las resistencias al colapso para las tuberías de 9 5/8" secciones 1 y 2

aumentaron y para la tubería de 7" sección 1 son mayores que en diseño convencional, mientras que para las tuberías de 7" sección 2 y 5" hay un decremento, debido al efecto de ovalidad.

Sección	Datos del Tubo						Akgun-Mitchell		Akgun		Ovalidad original	Ovalidad Total	Resistencia al Colapso		
	Diámetro exterior	Grado	Espesor	Fuerza Axial (x 1000 lb)	Severidad	Presión de colapso máxima	Deflexión	Ovalidad	Deflexión	Ovalidad			API	Issa Original	Issa Modificada
1	9 5/8	P-110	0.435	400	0.15	100	0.02	0.0021	0.0003	0.008	0.0025	0.0126	5,296	6,514	5,863
2	9 5/8	N-80	0.472	750	3.80	400	0.12	0.0125	0.0003	0.007	0.0025	0.0220	4,754	5,973	5,473
1	7	C-95	0.408	300	0.15	400	0.05	0.0071	0.0004	0.004	0.0025	0.0136	7,837	10,442	8,100
2	7	P-110	0.408	300	3.80	250	0.04	0.0057	0.0004	0.009	0.0025	0.0172	8,532	10,442	7,587
1	5	T-95	0.362	150	3.80	350	0.07	0.0140	0.0005	0.007	0.0025	0.0235	12,026	13,783	10,097

TABLA V.1. Comparación del modelo de Issa original e Issa modificado con el modelo convencional

También puede apreciarse que la resistencia evaluada con el modelo de Issa originalmente, es mayor que la resistencia calculada con el mismo modelo de Issa cuando se afecta por los modelos de Akgun. Lo cual muestra un efecto de compensación debido a que al calcular la resistencia al colapso con el modelo de Issa a condiciones estándar, se tiene una "ganancia" en resistencia con respecto al modelo convencional (API). Sin embargo, ésta se ve "reducida" con respecto al modelo de "Issa modificada" por los modelos de Akgun debido a los efectos combinados de tensión, flexión y presión diferencial a los que está sujeta la tubería cuando se introduce al pozo. Esta compensación no había sido tomado en cuenta porque no se tenía una certeza del comportamiento de la tubería cuando esta se introduce al pozo, sin embargo, actualmente se cuenta con herramientas que permiten predecir dicho comportamiento y reproducirlo a condiciones estándar, logrando así seleccionar los tubulares cuyo comportamiento sea lo mas cercano posible a la realidad.

Las FIGURA V.28 muestra el resultado del primer ensayo, en el cual se observa que la resistencia al colapso de la tubería cae por debajo de los factores de diseño, por lo cual, fue necesario efectuar varios ensayos más, tomando como parámetros iniciales, los que arrojó el primer ensayo.

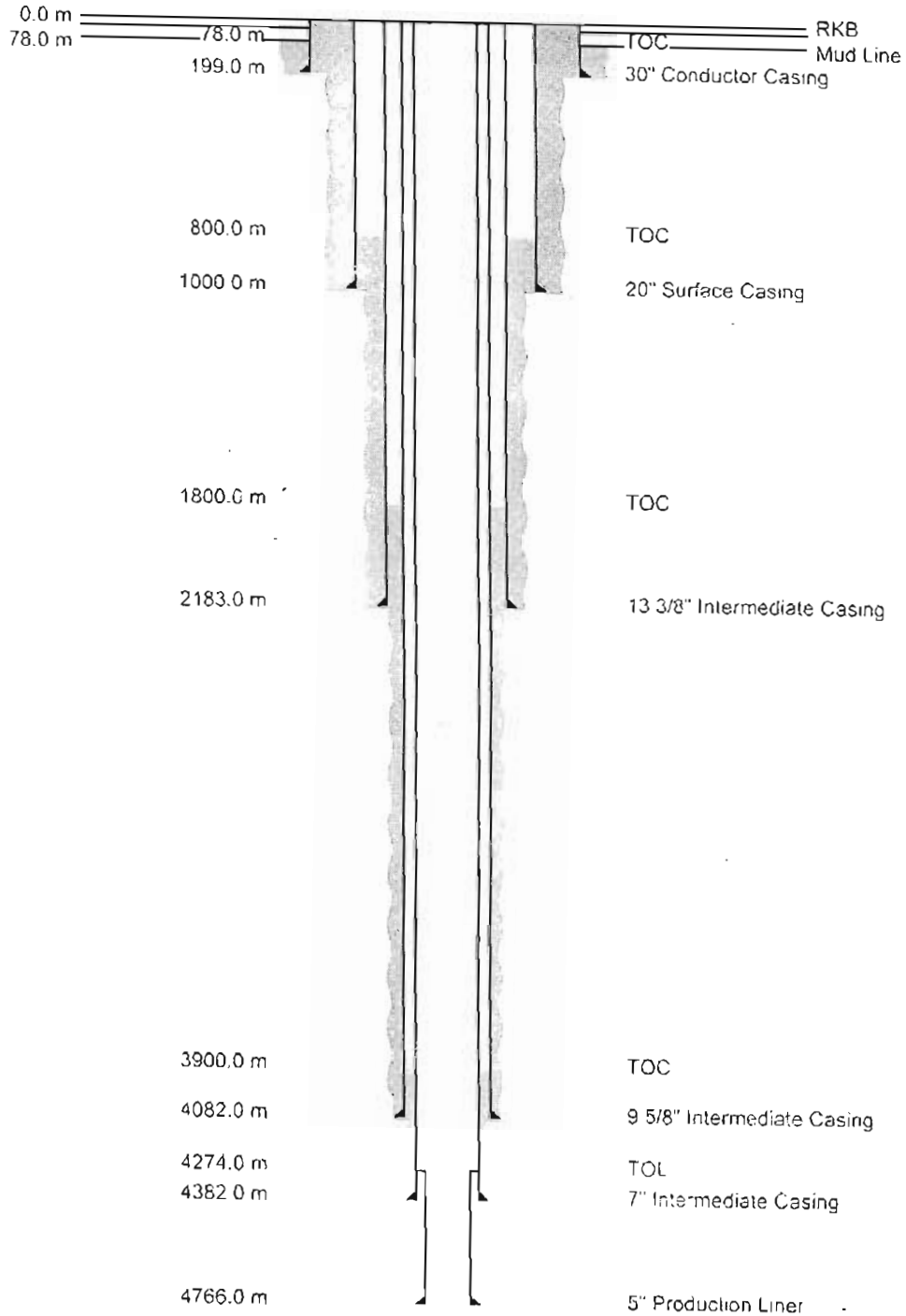
Las FIGURAS V.29 a la V.31, puede apreciarse que los resultados del diseño pasaron los factores de diseño, y al no mostrar problemas se da por bueno el diseño.

Finalmente, las FIGURAS V.33, V.34 y V.35, son los análisis de costos del primer ensayo, uno intermedio y el diseño que se consideró definitivo respectivamente, apreciándose que el costo del modelo convencional tiene un impacto del 15% arriba del costo ajustado por los modelos de Issa y Akgun.

Lo anterior demuestra la importancia de tomar en cuenta tanto las imperfecciones geométricas congénitas de las tuberías como la ovalidad adicional que se genera cuando se introduce la tubería al pozo, no tan solo por que la resistencia de la tubería se ve afectada, sino por el costo que representa el no considerarlas.

File: Equipo 3 Pozo Kax 13
WELL SCHEMATIC

Date: November 24, 2001 Page: 1



Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998.5 Build 3

FIGURA V.1
61

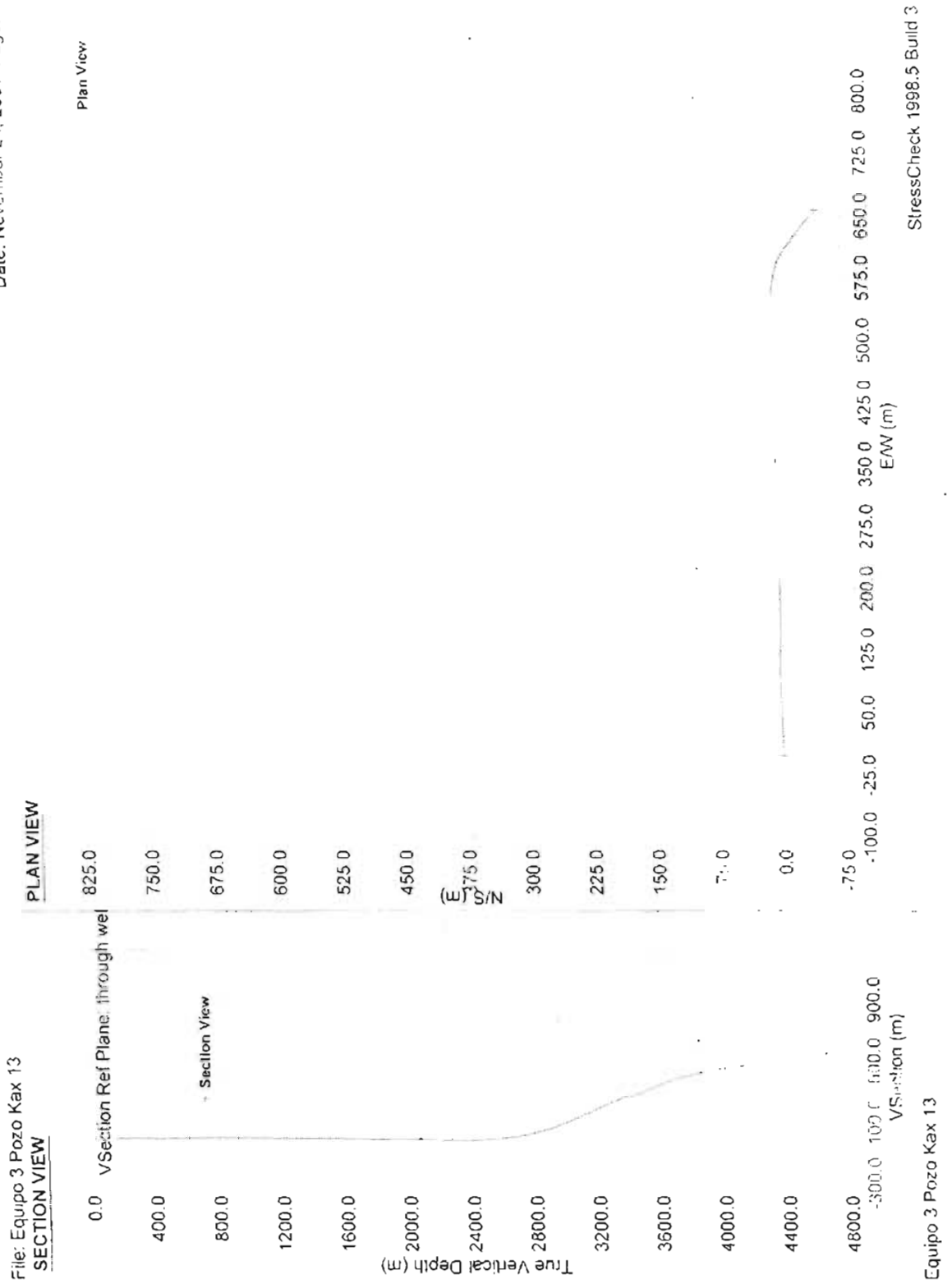
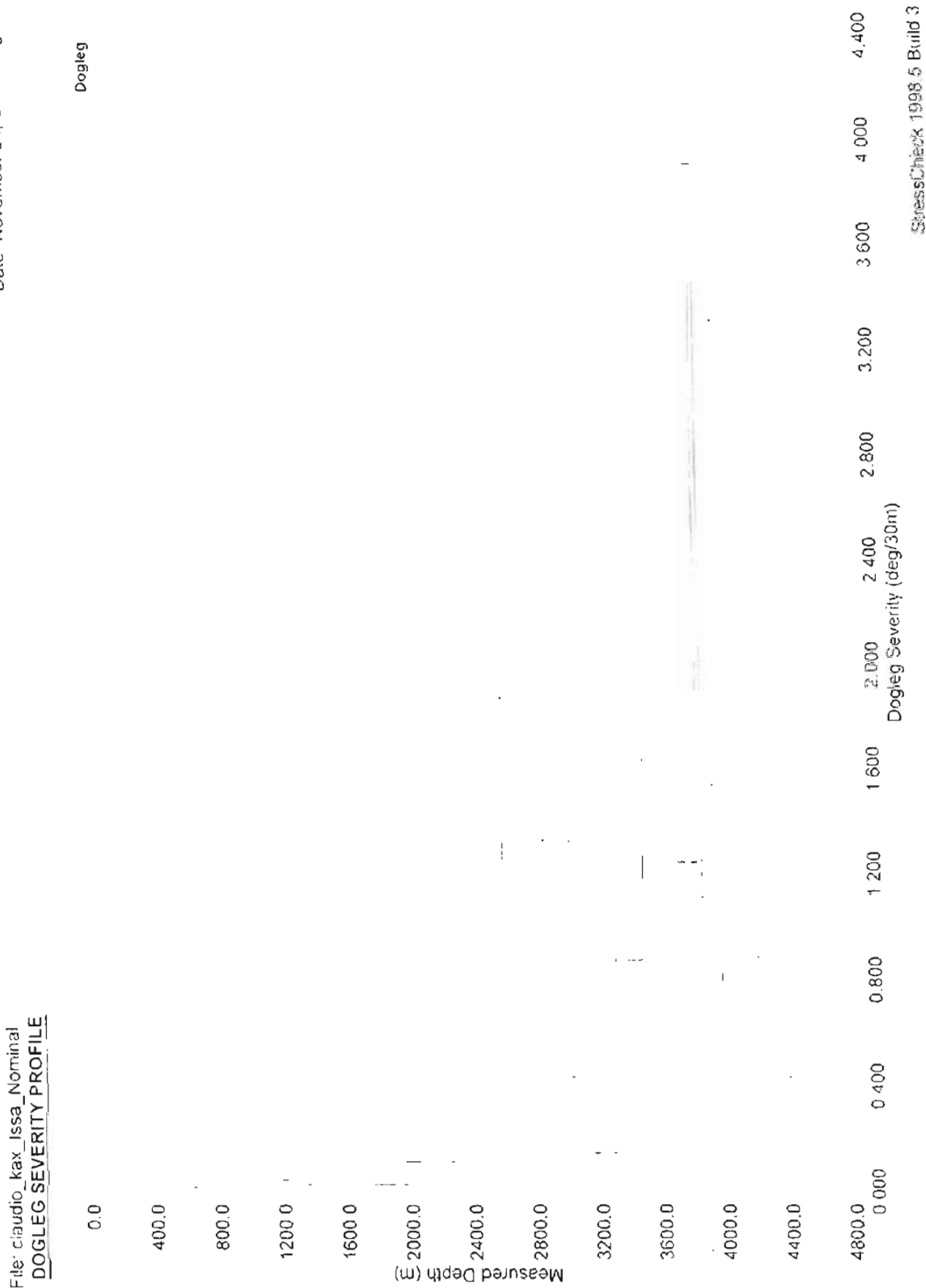


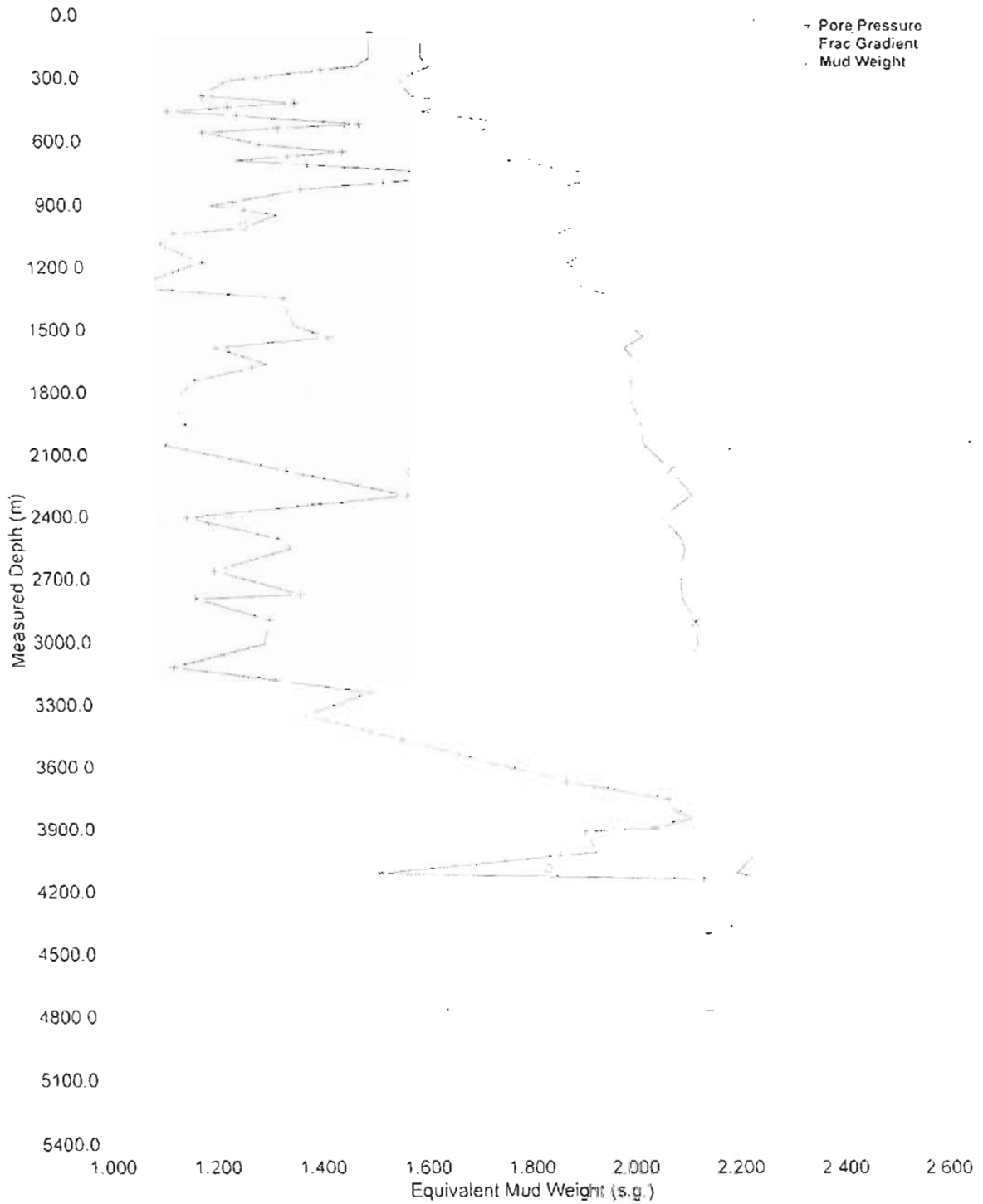
FIGURA V.2



Equipo 3 Pozo Kax 13

FIGURA V.3

PORE, FRAC & MW PROFILE



Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998.5 Build 3

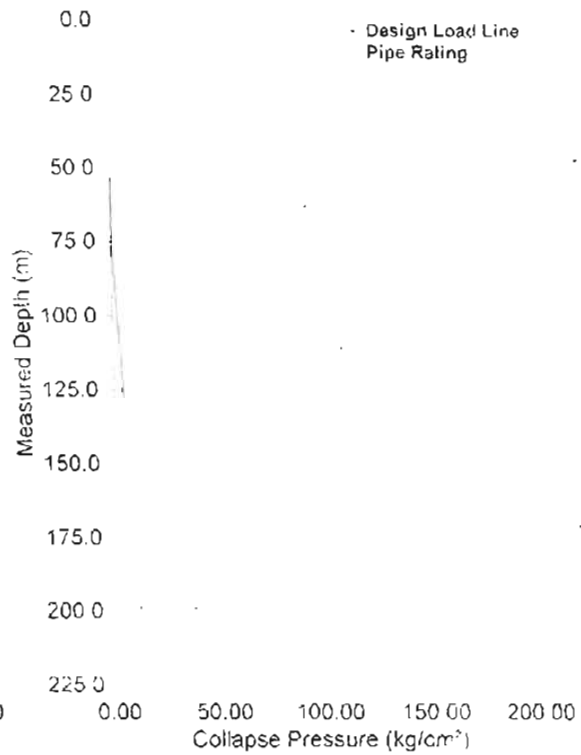
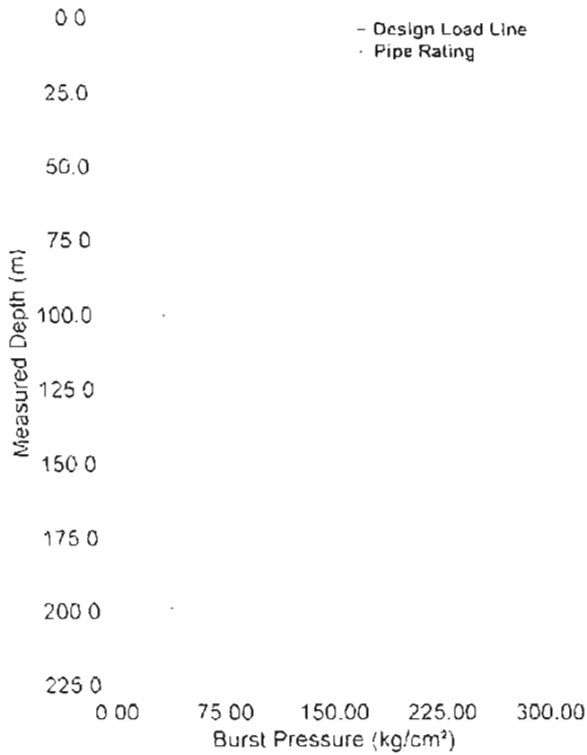
FIGURA V.4

File: claudio_kax_ Issa_Nominal

Date: November 26, 2001 Page 1

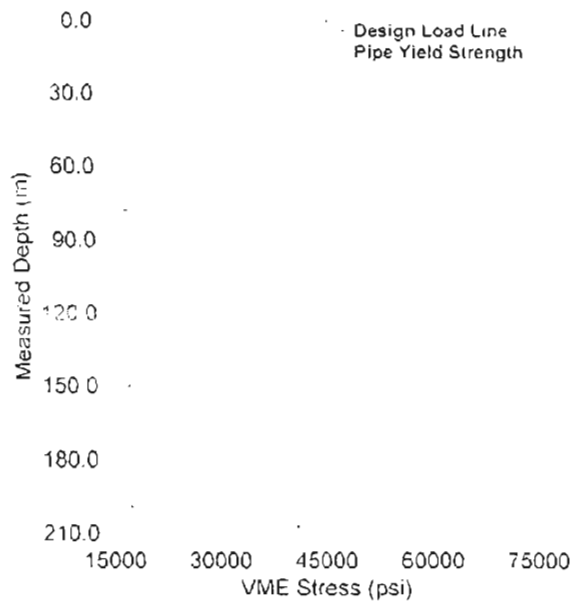
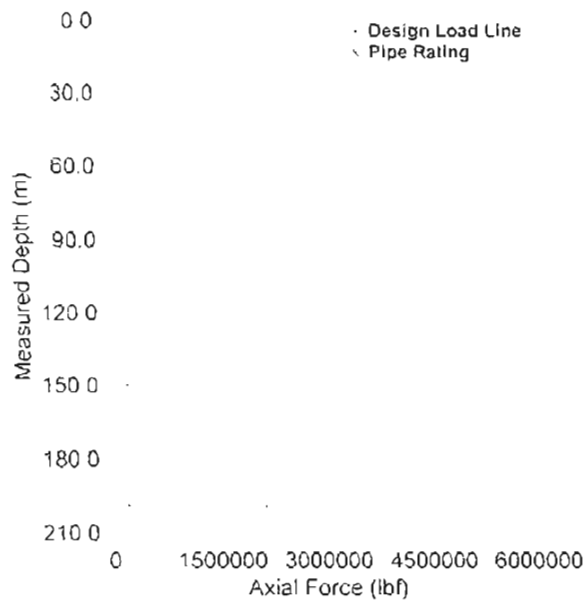
BURST DESIGN (30" Conductor Casing)

COLLAPSE DESIGN (30" Conductor Casing)



AXIAL DESIGN (30" Conductor Casing)

TRIAXIAL DESIGN (30" Conductor Casing)



Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998.5 Build 3

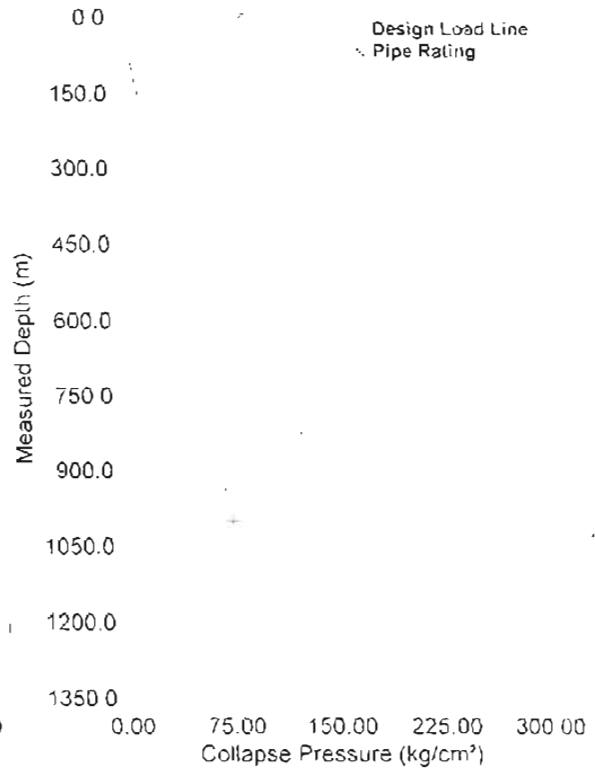
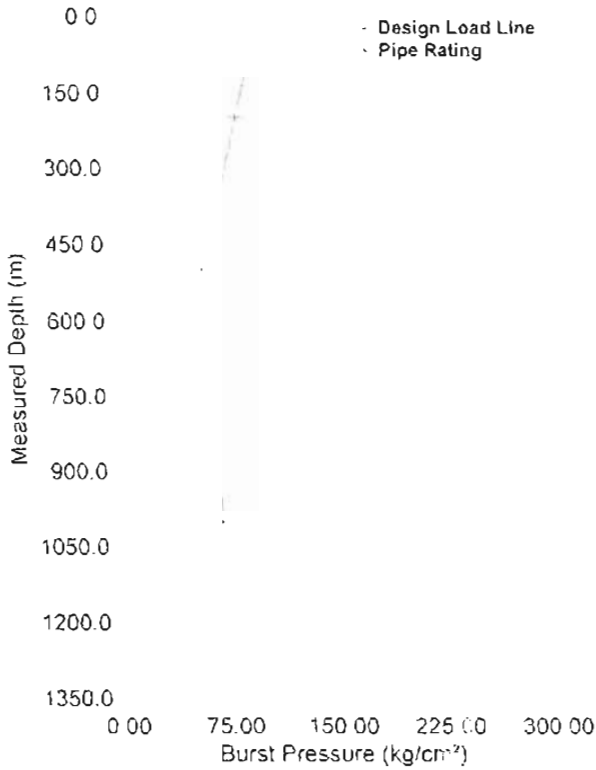
FIGURA V.5

File: claudio_kax_Issa_Nomina'

Date: November 26, 2001 Page 1

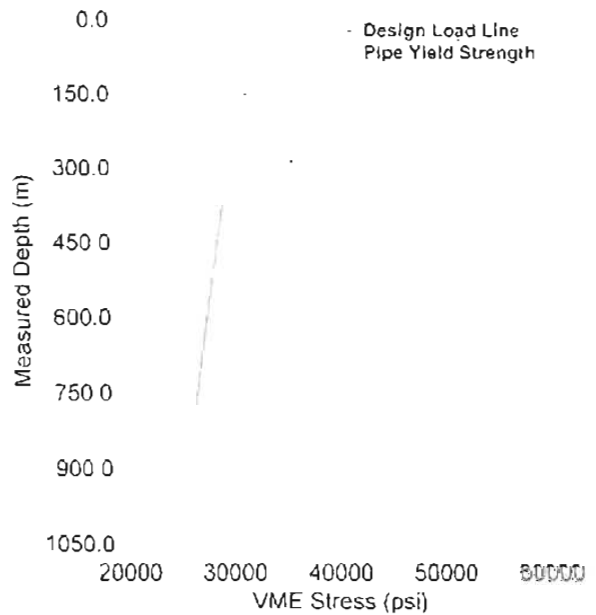
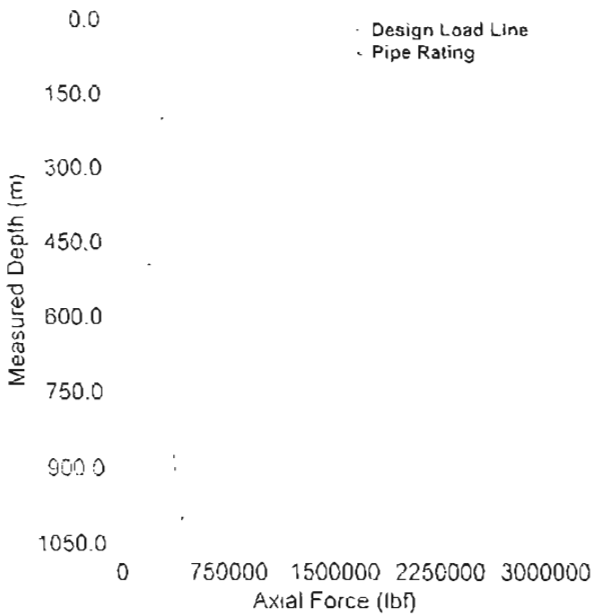
BURST DESIGN (20" Surface Casing)

COLLAPSE DESIGN (20" Surface Casing)



AXIAL DESIGN (20" Surface Casing)

TRIAxIAL DESIGN (20" Surface Casing)



Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998.5 Build 3

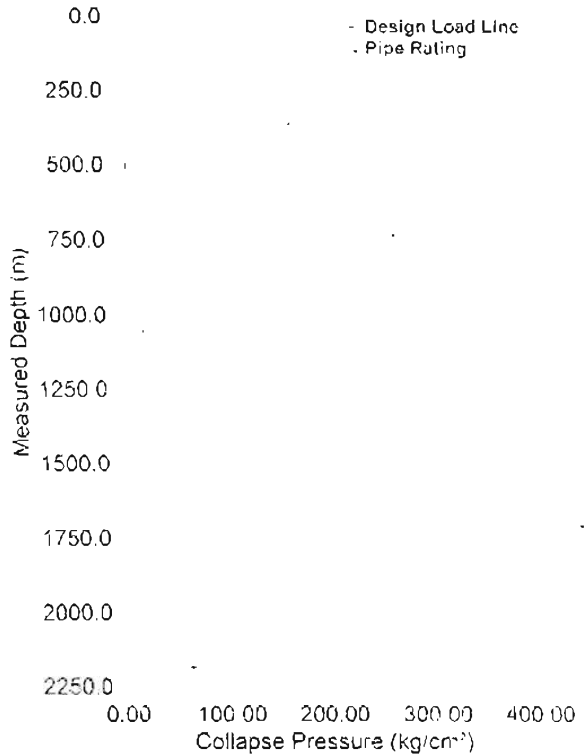
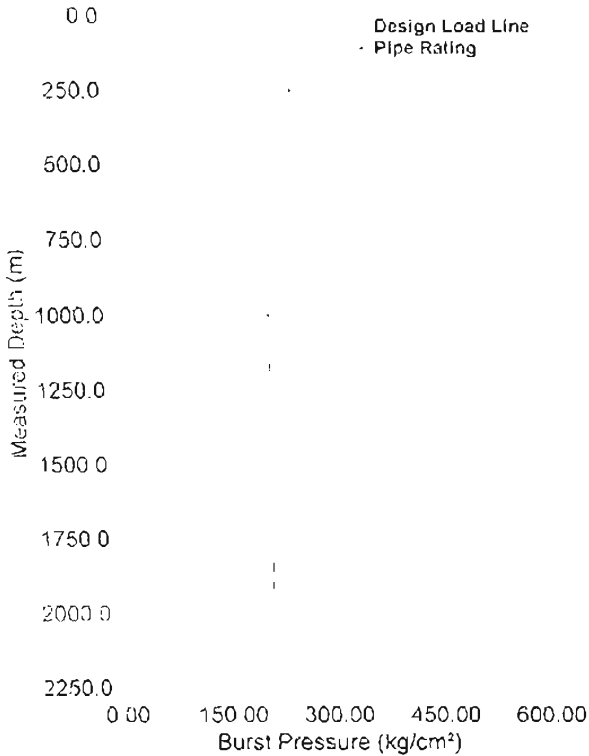
FIGURA V.6

File: claudio_kax_Issa_Nominal

Date: November 26, 2001 Page: 1

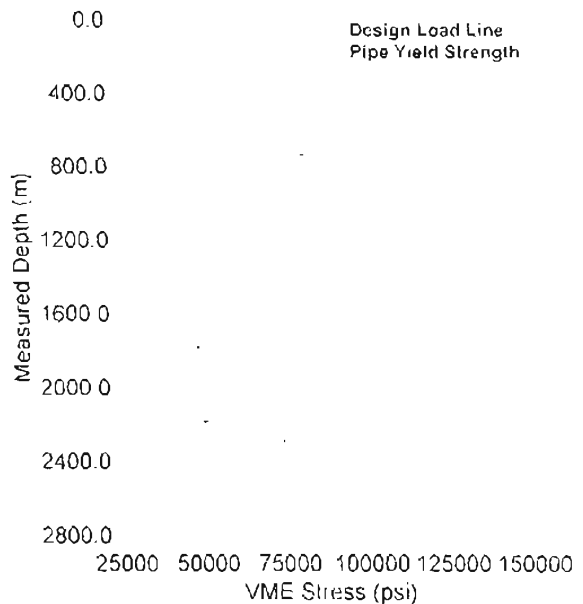
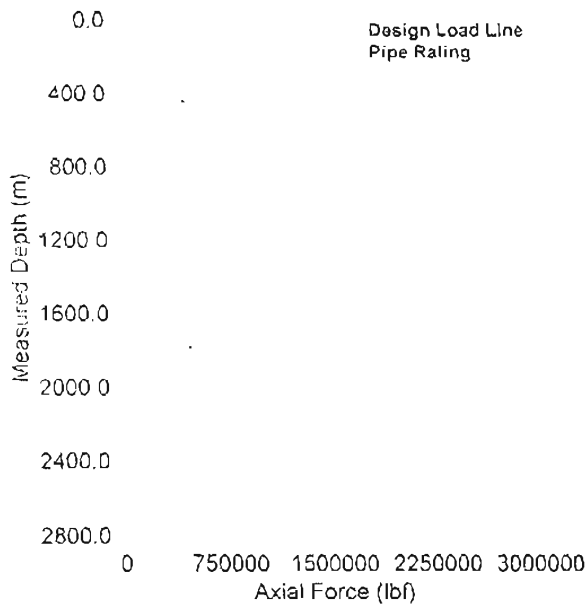
BURST DESIGN (13 3/8" Intermediate Casing)

COLLAPSE DESIGN (13 3/8" Intermediate Casing)



AXIAL DESIGN (13 3/8" Intermediate Casing)

TRIAXIAL DESIGN (13 3/8" Intermediate Casing)



Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998.5 Build 3

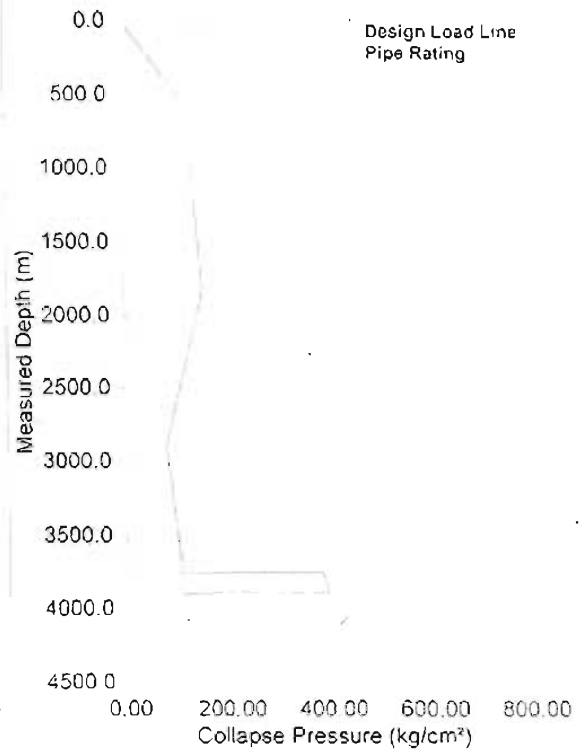
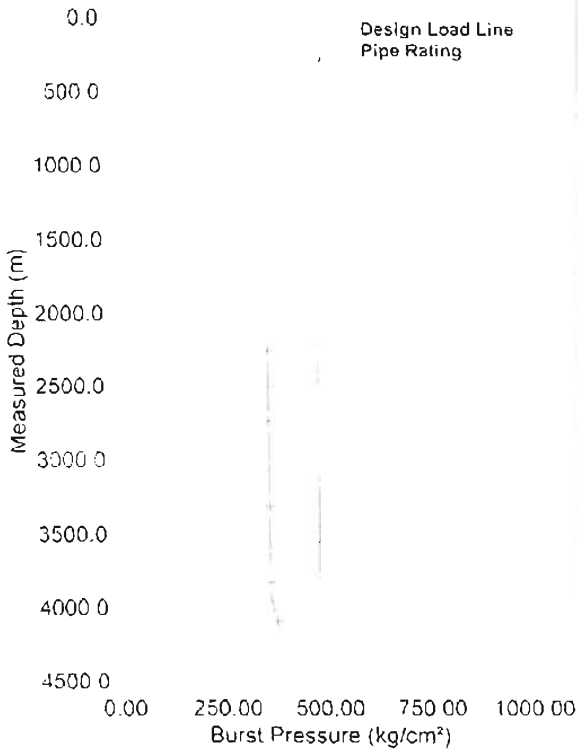
FIGURA V.7

File claudio_kax_issu_Nominal

Date: November 26, 2001 Page: 1

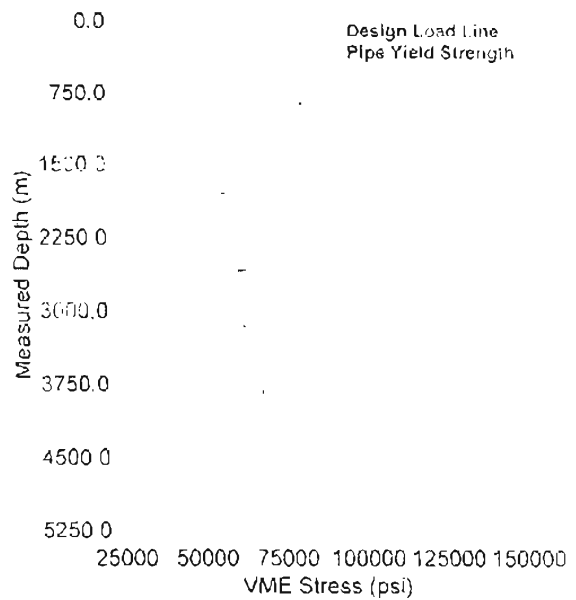
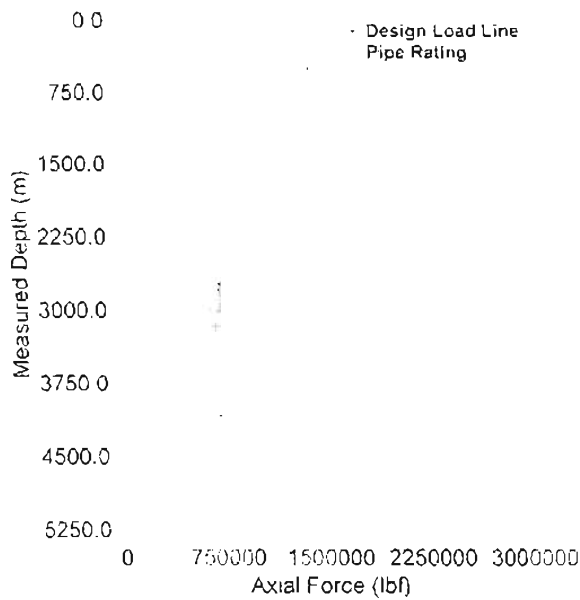
BURST DESIGN (9 5/8" Intermediate Casing)

COLLAPSE DESIGN (9 5/8" Intermediate Casing)



AXIAL DESIGN (9 5/8" Intermediate Casing)

TRIAXIAL DESIGN (9 5/8" Intermediate Casing)



Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998.5 Build 3

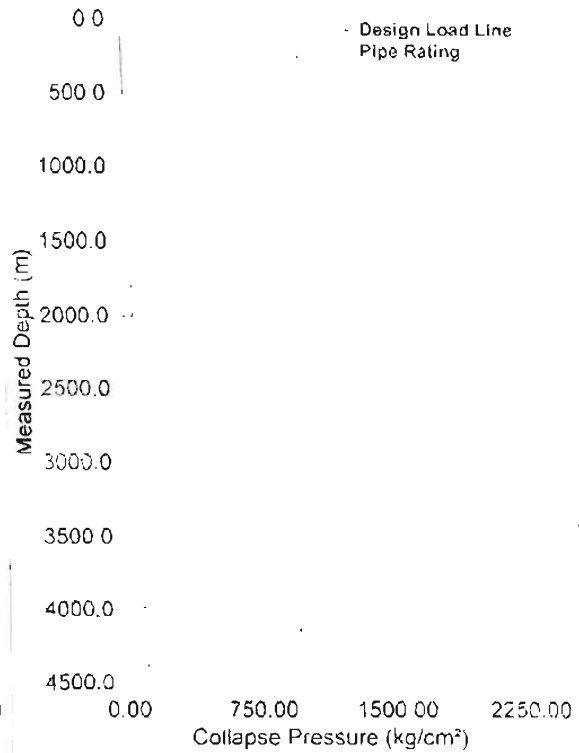
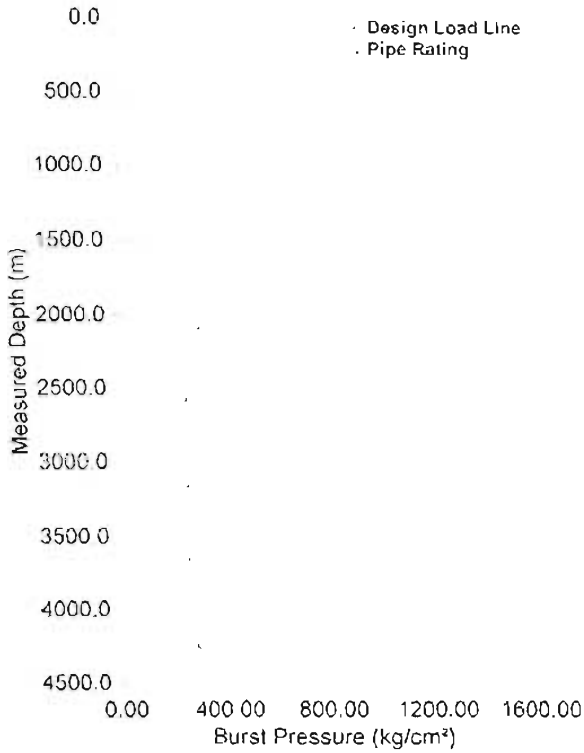
FIGURA V.8

File: claudio_kax_Issa_Nominal

Date: November 26, 2001 Page 1

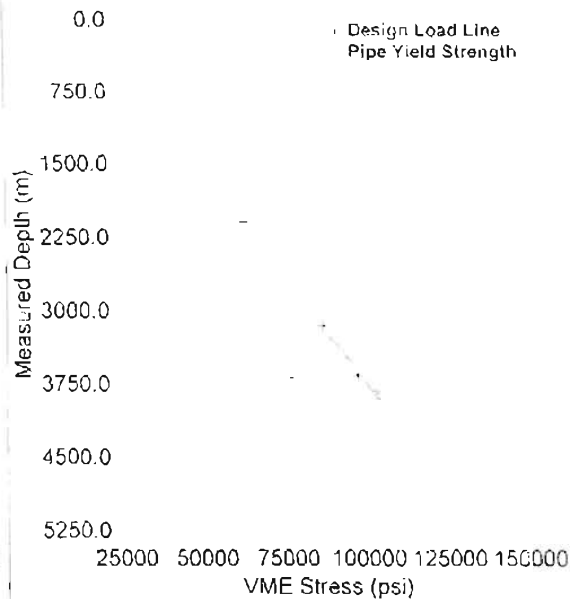
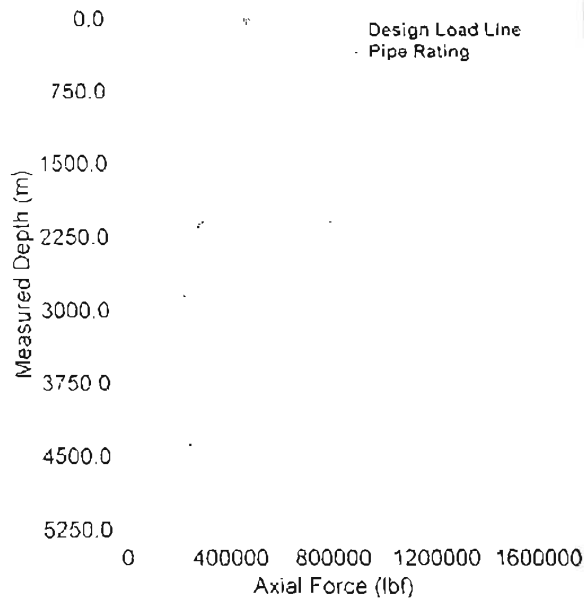
BURST DESIGN (7" Intermediate Casing)

COLLAPSE DESIGN (7" Intermediate Casing)



AXIAL DESIGN (7" Intermediate Casing)

TRIAXIAL DESIGN (7" Intermediate Casing)



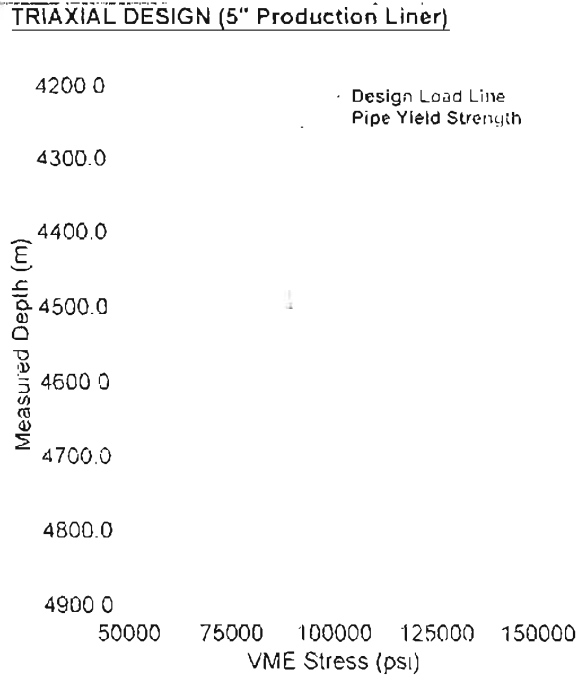
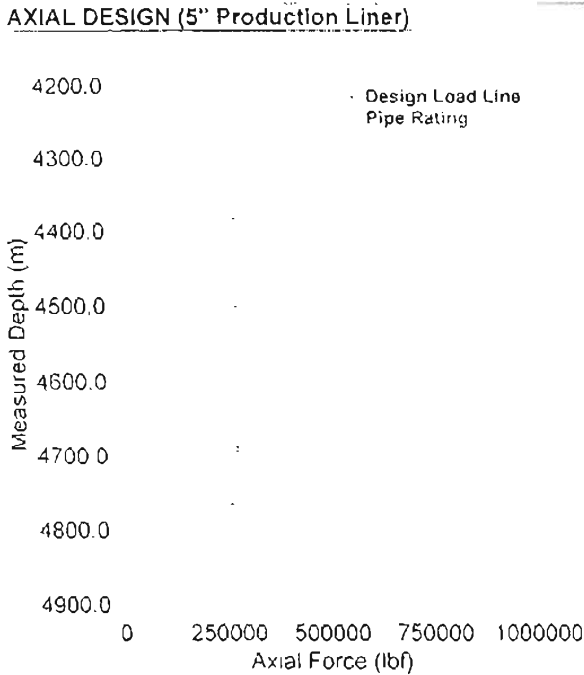
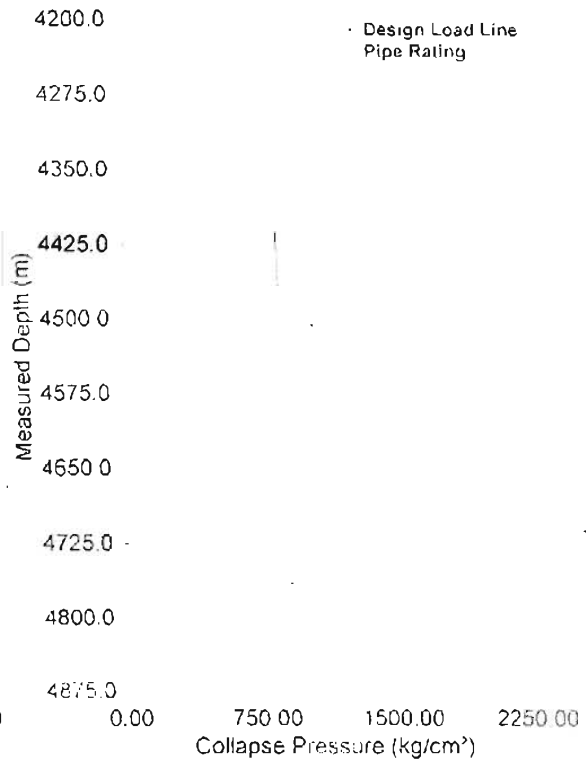
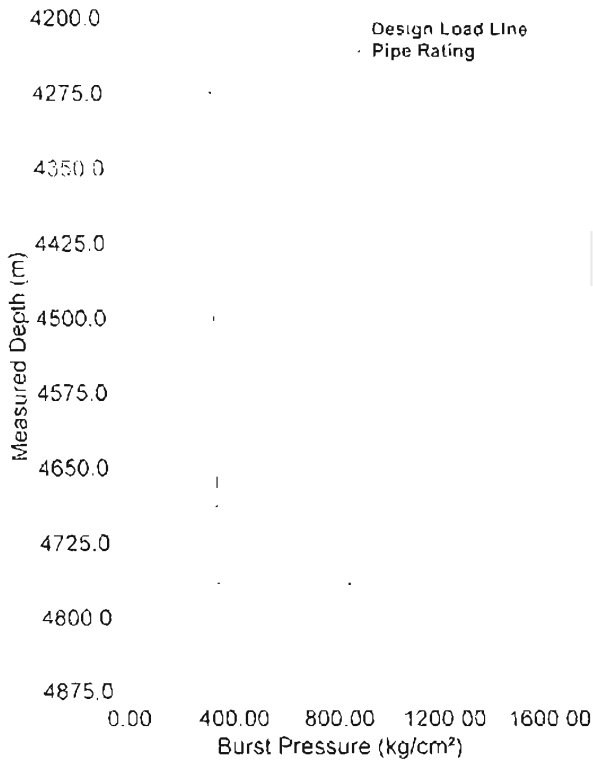
Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998.5 Build 3

FIGURA V.9

File: claudio_kax_ Issa_Nominal
BURST DESIGN (5" Production Liner)

Date: November 26, 2001 Page: 1
COLLAPSE DESIGN (5" Production Liner)



Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998 5 Build 3

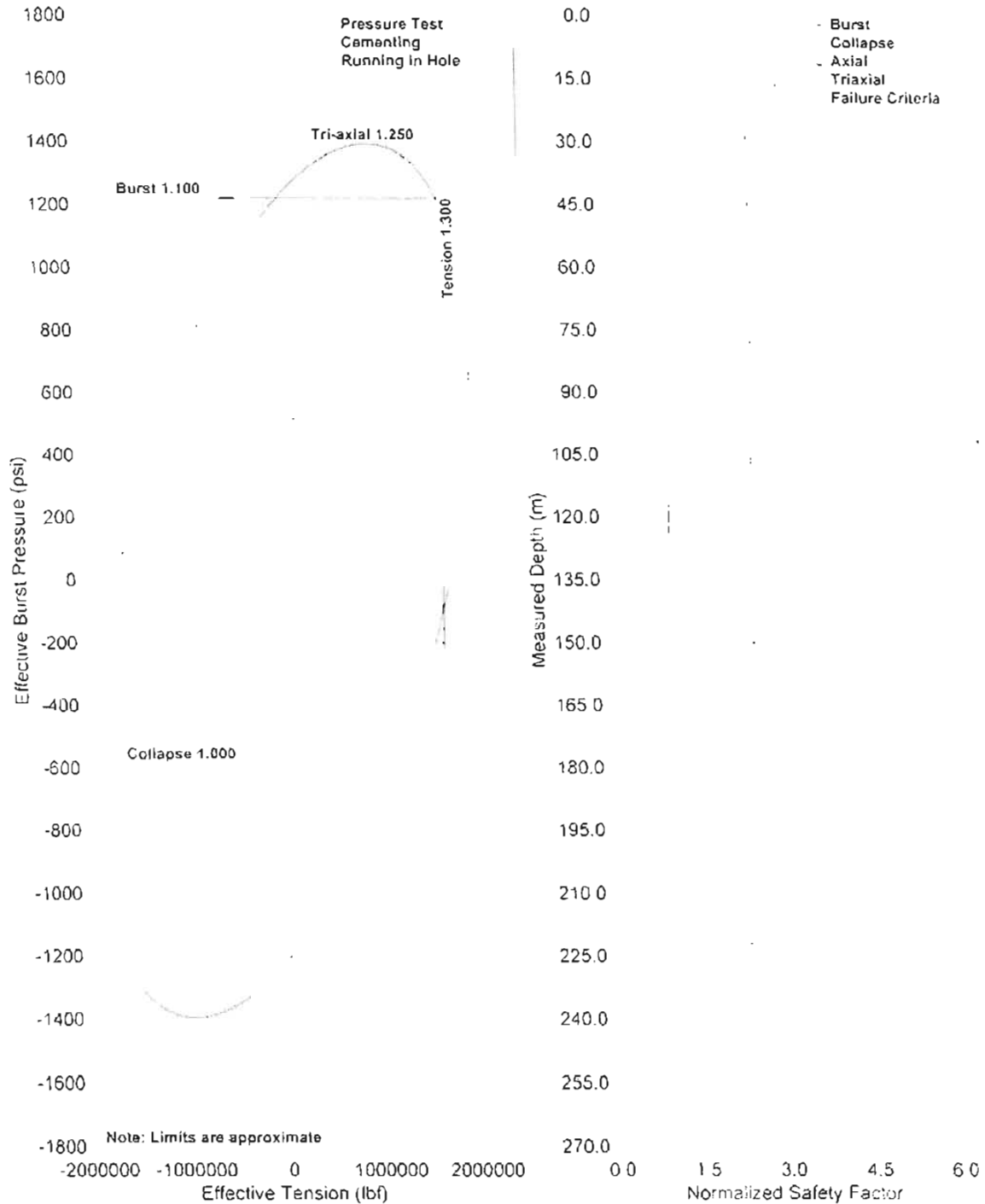
FIGURA V.10

File: claudio_kax_Issa_Nominal

Date: November 26 2001 Page 1

DESIGN LIMITS - SECTION 1 (30" Conductor Casing)

TRIAXIAL SAFETY FACTORS (30" Conductor Cas



Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998 5 Build 3

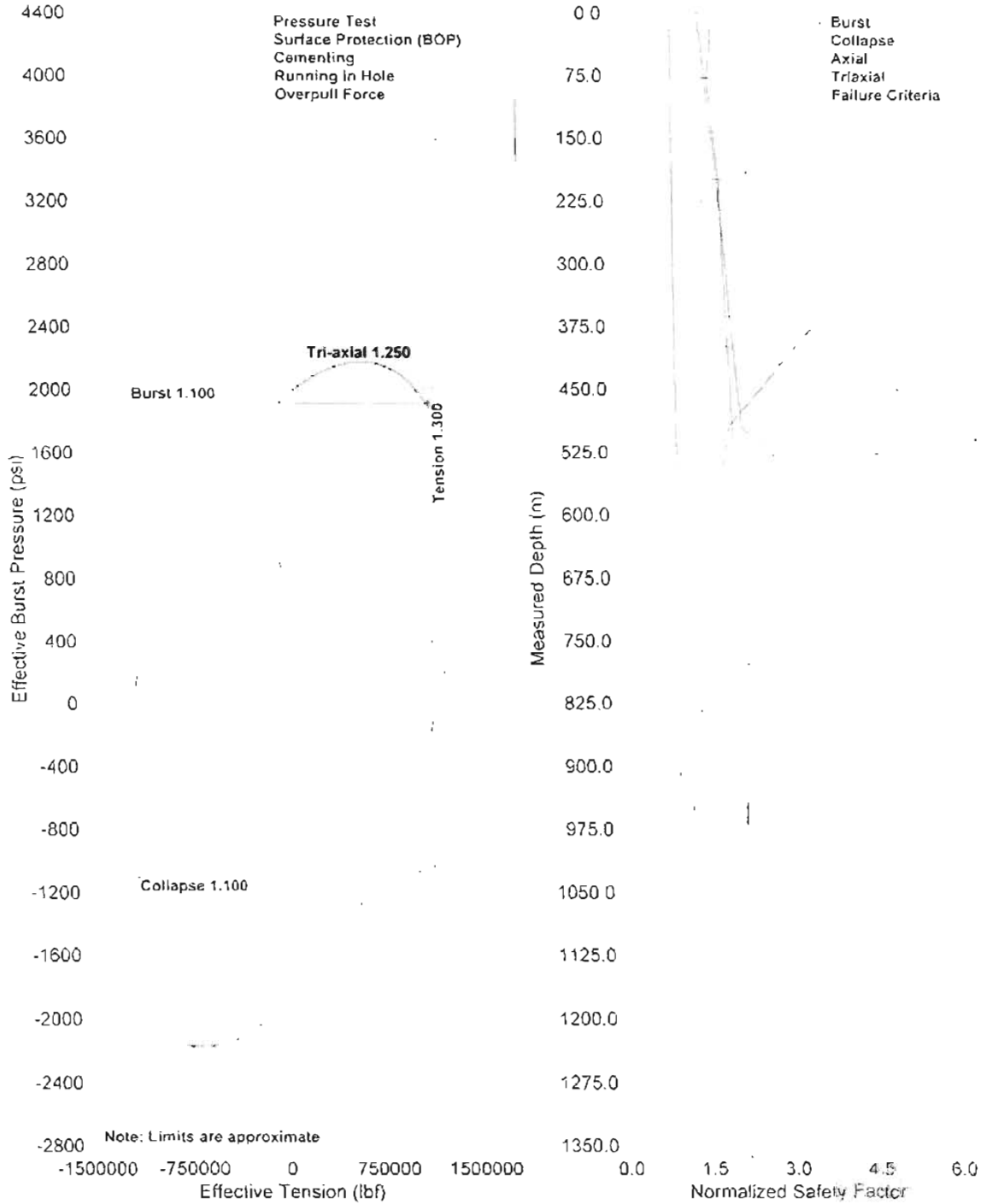
FIGURA V.11

File claudio_kax_Issa_Nominal

Date: November 26, 2001 Page 1

DESIGN LIMITS - SECTION 1 (20" Surface Casing)

TRIAXIAL SAFETY FACTORS (20" Surface Casing)



Equipo 3 Pozo Kax 13

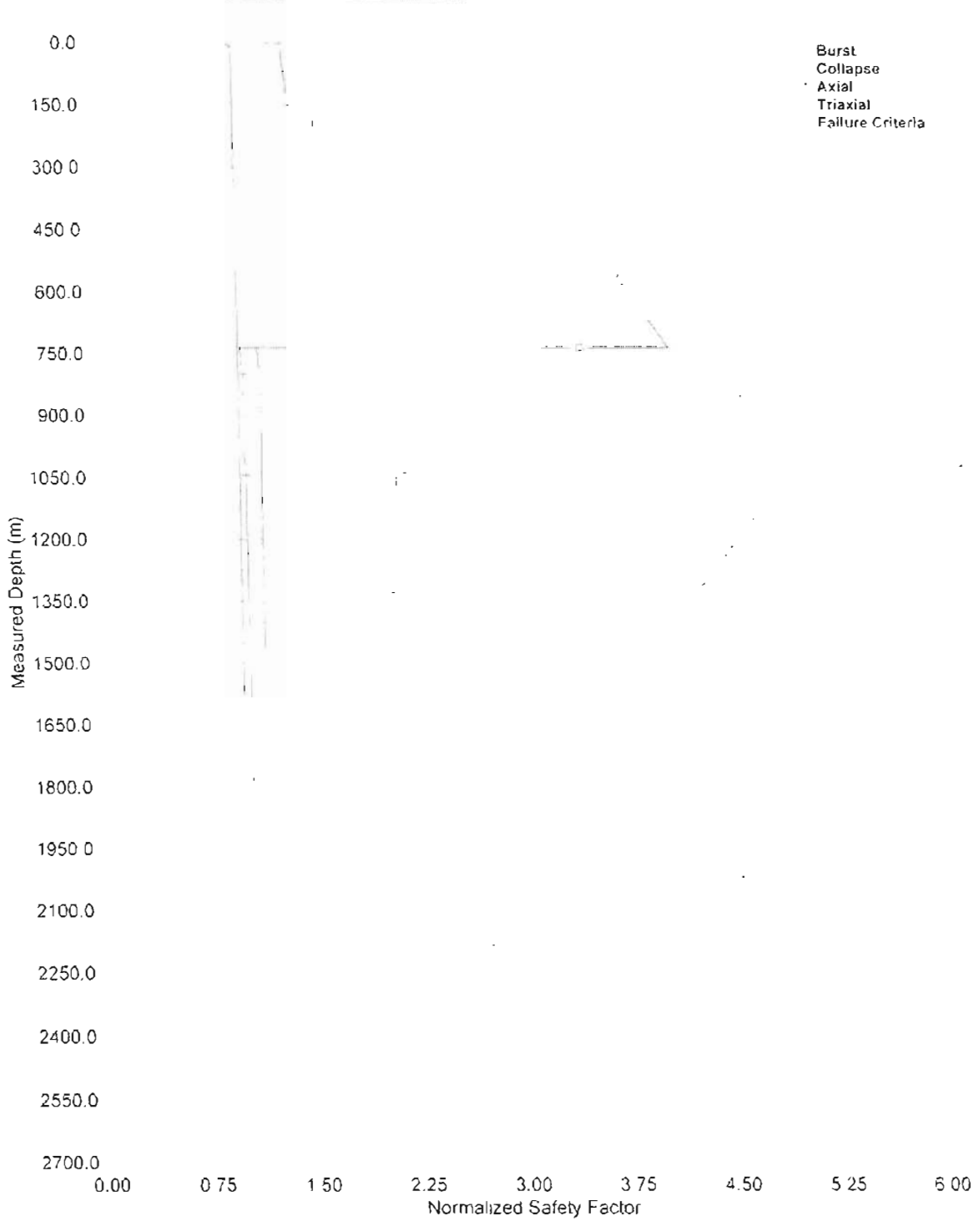
StressCheck 1998.5 Build 3

FIGURA V.12

File: claudio_kax_Issa_Nominal

Date: November 26, 2001 Page 1

TRIAXIAL SAFETY FACTORS (13 3/8" Intermediate Casing)



Equipo 3 Pozo Kax 13

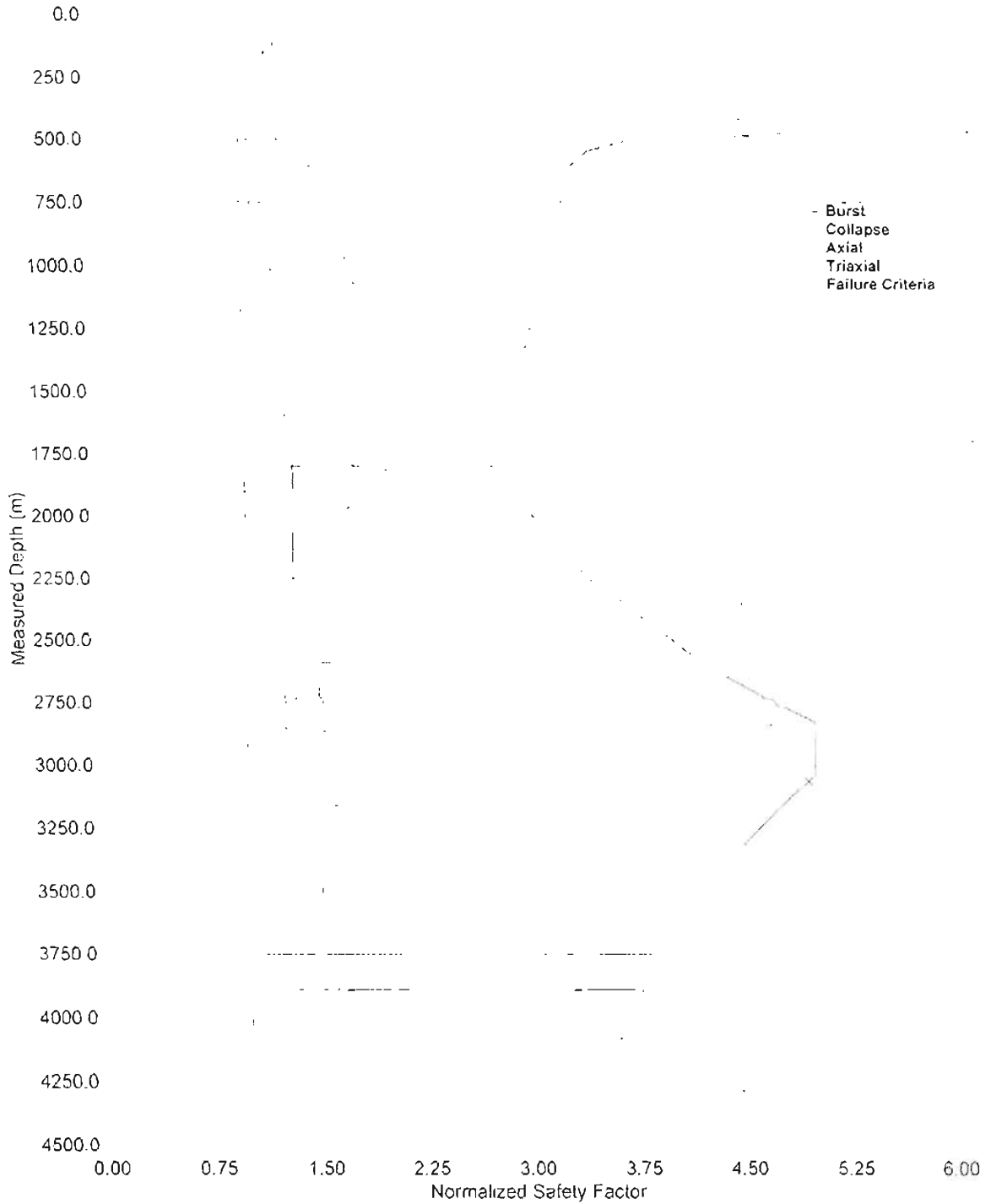
StressCheck 1998 5 Build 3

FIGURA V.13

File: claudio_kax_Issa_Nominal

Date November 26, 2001 Page 1

TRIAXIAL SAFETY FACTORS (9 5/8" Intermediate Casing)

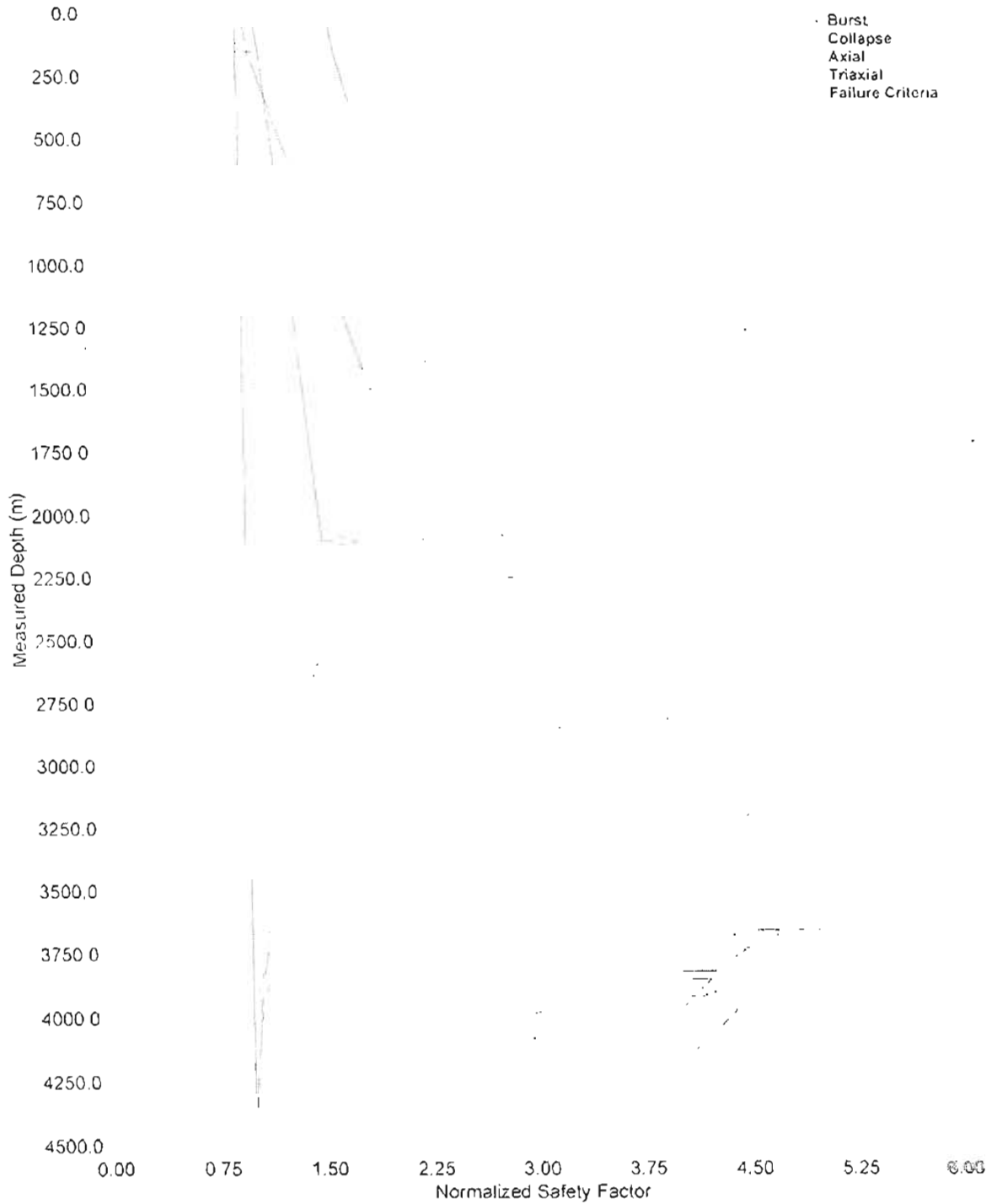


Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998.5 Build 3

FIGURA V.14

TRIAXIAL SAFETY FACTORS (7" Intermediate Casing)



Equipo 3 Pozo Kax 13

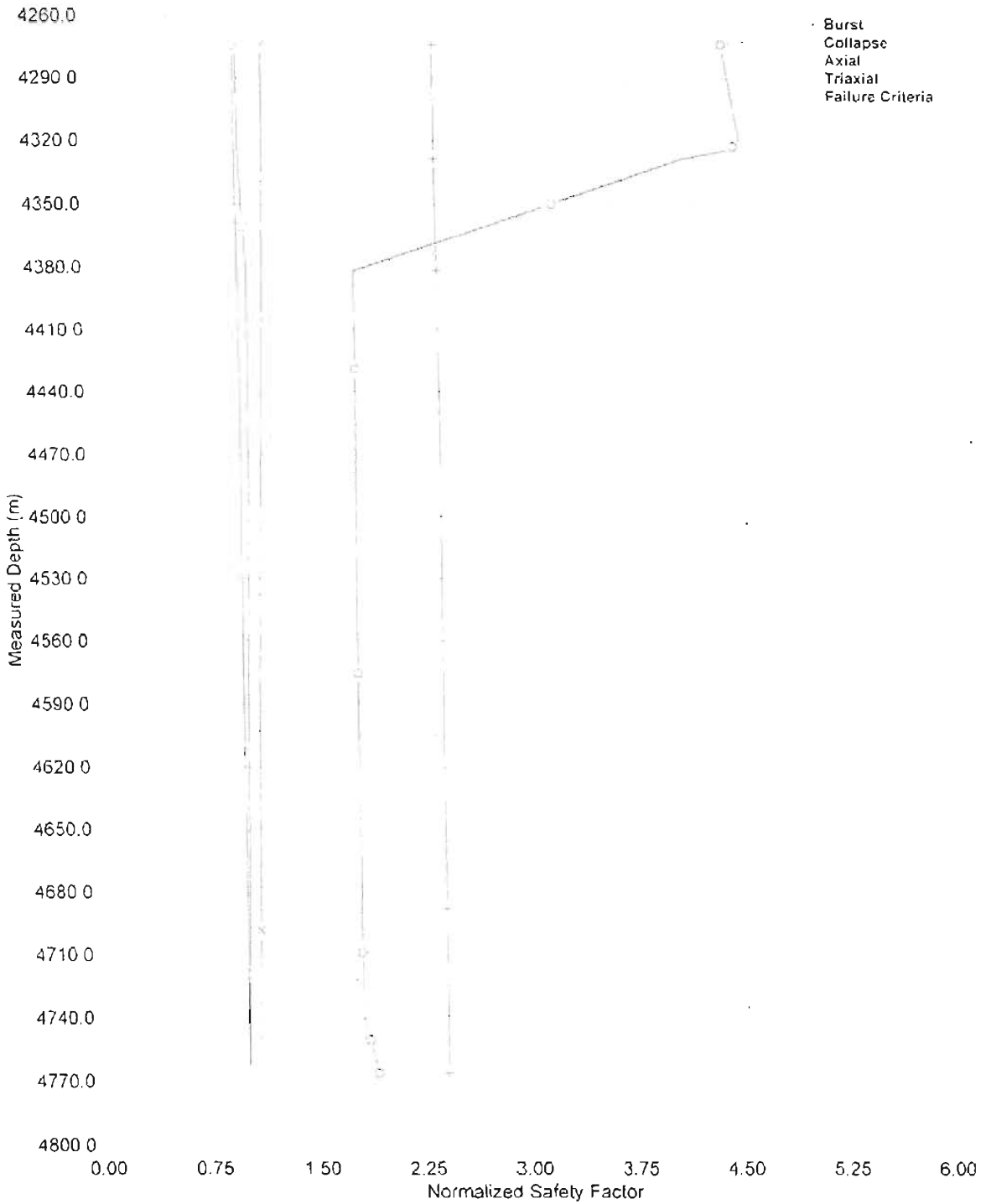
StressCheck 1998 5 Build 3

FIGURA V.15

File: claudio_kax_Issa_Nominal

Date: November 26, 2001 Page: 1

TRIAXIAL SAFETY FACTORS (5" Production Liner)



Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998.5 Build 3

FIGURA V.16

File: claudio_kax

Date: November 24, 2001 Page: 1

DESIGN PARAMETERS DATA (30" Conductor Casing)

Design Factor (Pipe) - Axial:	1 300
Design Factor (Coupling) - Axial:	
Design Factor (Pipe) - Burst:	1 100
Design Factor (Coupling) - Burst:	
Design Factor (Pipe) - Collapse:	1 000
Design Factor (Pipe) - Triaxial:	1.250
Minimum Internal Drift Diameter:	26.000 in
Single External Pressure Profile:	Yes
Temperature Deration:	No
Limit to Frac at Shoe:	No
Buckling:	No

BURST LOADS DATA (30" Conductor Casing)

Drilling Load:	Pressure Test
Test Pressure:	35.00 kg/cm ²
Mud Weight:	1.060 s.g.
Assigned External Pressure:	Mud & Cement Mix-Water
External Pressure:	Mud & Cement Mix-Water
TOC, MD:	78.0 m
Mud Weight:	1.060 s.g.
Cement Mix-Water Density:	1.000 s.g.

COLLAPSE LOADS DATA (30" Conductor Casing)

Drilling Load:	Cementing
Mud Weight at Shoe:	1.060 s.g.
TOC, MD:	78.0 m
Lead Slurry Density:	1.897 s.g.
Displacement Fluid Density:	1.060 s.g.
Float Collar Depth, MD:	199.0 m
Assigned External Pressure:	Mud & Cement Mix-Water

AXIAL LOADS DATA (30" Conductor Casing)

Running in Hole - Avg. Speed:	0.01 m/s
Service Loads:	Yes

DESIGN PARAMETERS DATA (20" Surface Casing)

Design Factor (Pipe) - Axial:	1 300
Design Factor (Coupling) - Axial:	
Design Factor (Pipe) - Burst:	1 100
Design Factor (Coupling) - Burst:	
Design Factor (Pipe) - Collapse:	1 100
Design Factor (Pipe) - Triaxial:	1.250
Minimum Internal Drift Diameter:	17.500 in
Single External Pressure Profile:	Yes
Temperature Deration:	No
Limit to Frac at Shoe:	No
Buckling:	No

Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998.5 Build 3

File: claudio_kax

Date: November 24, 2001 Page: 2

BURST LOADS DATA (20" Surface Casing)

Drilling Load:	Surface Protection (BOP)
Frac at Shoe:	190.15 kg/cm ²
Gas Gradient:	0.2310 s.g.
Assigned External Pressure:	Mud & Cement Mix-Water
Drilling Load:	Pressure Test
Test Pressure:	35.00 kg/cm ²
Mud Weight:	1.280 s.g.
Assigned External Pressure:	Mud & Cement Mix-Water
External Pressure:	Mud & Cement Mix-Water
TOC, MD:	0.0 m
Mud Weight:	1.280 s.g.
Cement Mix-Water Density:	1.000 s.g.

COLLAPSE LOADS DATA (20" Surface Casing)

Drilling Load:	Cementing
Mud Weight at Shoe:	1.280 s.g.
TOC, MD:	0.0 m
Lead Slurry Density:	1.897 s.g.
Displacement Fluid Density:	1.280 s.g.
Float Collar Depth, MD:	1000.0 m
Assigned External Pressure:	Mud & Cement Mix-Water

AXIAL LOADS DATA (20" Surface Casing)

Running in Hole - Avg. Speed:	0.01 m/s
Overpull Force:	40000 lbf
Service Loads:	Yes

DESIGN PARAMETERS DATA (13 3/8" Intermediate Casing)

Design Factor (Pipe) - Axial:	1.300
Design Factor (Coupling) - Axial:	
Design Factor (Pipe) - Burst:	1.100
Design Factor (Coupling) - Burst:	
Design Factor (Pipe) - Collapse:	1.100
Design Factor (Pipe) - Triaxial:	1.250
Minimum Internal Drift Diameter:	12.250 in
Single External Pressure Profile:	Yes
Temperature Deration:	Yes
Limit to Frac at Shoe:	Yes
Buckling:	Yes

File: claudio_kax
BURST LOADS DATA (13 3/8" Intermediate Casing)

Date: November 24, 2001 Page 3

Drilling Load:	Displacement to Gas
Influx Depth, MD:	3840.7 m
Pore Pressure:	786.76 kg/cm ²
Gas Gradient:	0.2310 s.g.
Frac at Shoe:	455.46 kg/cm ²
Frac Margin of Error:	0.000 s.g.
Gas/Mud Interface, MD:	3500.0 m
Mud Weight:	1.840 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)
Pressure is Limited by Frac Gradient at Shoe	

Drilling Load:	Lost Returns with Water
Frac at Shoe:	455.46 kg/cm ²
Frac Margin of Error:	0.000 s.g.
Mud/Water Interface, MD:	2183.0 m
Mud Weight:	1.840 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Drilling Load:	Gas Kick Profile
Influx Depth, MD:	4082.0 m
Kick Volume:	1.50 m ³
Kick Intensity:	0.060 s.g.
Maximum Mud Weight:	1.840 s.g.
Kick Gas Gravity:	0.70
Frac at Shoe:	455.46 kg/cm ²
Frac Margin of Error:	0.000 s.g.
Drill Pipe OD:	5.000 in
Collar OD:	8.000 in
Collar Length:	81.0 m
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Drilling Load:	Pressure Test
Test Pressure:	0.00 kg/cm ²
Mud Weight:	1.590 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)
TOC MD:	800.0 m
Prior Shoe, MD:	1000.0 m
Mud Weight Above TOC:	1.590 s.g.
Fluid Gradient Below TOC:	1.000 s.g.
Pore Pressure In Open Hole:	No

File: claudio_kax

Date: November 24, 2001 Page: 4

COLLAPSE LOADS DATA (13 3/8" Intermediate Casing)

Drilling Load:	Cementing
Mud Weight at Shoe:	1.590 s.g.
TOC, MD:	800.0 m
Lead Slurry Density:	1.900 s.g.
Tail Slurry Density:	1.700 s.g.
Tail Slurry Length:	400.0 m
Displacement Fluid Density:	1.590 s.g.
Float Collar Depth, MD:	2183.0 m
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

AXIAL LOADS DATA (13 3/8" Intermediate Casing)

Running in Hole - Avg. Speed:	0.01 m/s
Overpull Force:	60000 lbf
Service Loads:	Yes

DESIGN PARAMETERS DATA (9 5/8" Intermediate Casing)

Design Factor (Pipe) - Axial:	1.300
Design Factor (Coupling) - Axial:	
Design Factor (Pipe) - Burst:	1.100
Design Factor (Coupling) - Burst:	
Design Factor (Pipe) - Collapse:	1.125
Design Factor (Pipe) - Triaxial:	1.250
Minimum Internal Drift Diameter:	8.500 in.
Single External Pressure Profile:	Yes
Temperature Deration:	Yes
Limit to Frac at Shoe:	Yes
Buckling:	Yes

File: claudio_kax

Date: November 24, 2001 Page: 5

BURST LOADS DATA (9 5/8" Intermediate Casing)

Drilling Load:	Displacement to Gas
Influx Depth, MD:	4382.0 m
Pore Pressure:	910.52 kg/cm ²
Gas Gradient:	0.2310 s.g.
Frac at Shoe:	873.94 kg/cm ²
Frac Margin of Error:	0.000 s.g.
Gas/Mud Interface, MD:	4100.0 m
Mud Weight:	1.760 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)
Pressure is Limited by Frac Gradient at Shoe	

Drilling Load:	Lost Returns with Water
Frac at Shoe:	873.94 kg/cm ²
Frac Margin of Error:	0.000 s.g.
Mud/Water Interface, MD:	4082.0 m
Mud Weight:	1.760 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Drilling Load:	Gas Kick Profile
Influx Depth, MD:	4382.0 m
Kick Volume:	1.50 m ³
Kick Intensity:	0.060 s.g.
Maximum Mud Weight:	1.760 s.g.
Kick Gas Gravity:	0.70
Frac at Shoe:	873.94 kg/cm ²
Frac Margin of Error:	0.000 s.g.
Drill Pipe OD:	5.000 in
Collar OD:	8.000 in
Collar Length:	61.0 m
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Drilling Load:	Surface Protection (BOP)
Frac at Shoe:	873.94 kg/cm ²
Frac Margin of Error:	0.000 s.g.
Gas Gradient:	0.2310 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Drilling Load:	Pressure Test
Test Pressure:	140.00 kg/cm ²
Mud Weight:	1.840 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Drilling Load:	Green Cement Pressure Test
Test Pressure:	140.00 kg/cm ²
Mud Weight at Shoe:	1.840 s.g.
TOC, MD:	1800.0 m
Lead Slurry Density:	2.000 s.g.
Tail Slurry Density:	1.900 s.g.
Tail Slurry Length:	400.0 m
Displacement Fluid Density:	1.840 s.g.
Float Collar Depth, MD:	4082.0 m

External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)
Equipo 3 Pozo Kax 13	StressCheck 1998.5 Build 3

File: claudio_kax

Date: November 24, 2001 Page: 6

BURST LOADS DATA (9 5/8" Intermediate CasIng)

External Pressure:

TOC, MD:

Prior Shoe, MD:

Mud Weight Above TOC:

Fluid Gradient Below TOC:

Pore Pressure In Open Hole.

Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

1800.0 m

2183.0 m

1.840 s.g.

1.000 s.g.

No

File: claudio_kax

Date: November 24, 2001 Page: 7

COLLAPSE LOADS DATA (9 5/8" Intermediate Casing)

Drilling Load:	Full/Partial Evacuation
Mud Weight:	1.760 s.g.
Mud Level, MD:	500.0 m
Assigned External Pressure:	Mud & Cement Mix-Water

Drilling Load:	Cementing
Mud Weight at Shoe:	1.840 s.g.
TOC, MD:	1800.0 m
Lead Slurry Density:	2.000 s.g.
Tail Slurry Density:	1.900 s.g.
Tail Slurry Length:	400.0 m
Displacement Fluid Density:	1.840 s.g.
Float Collar Depth, MD:	4082.0 m
Assigned External Pressure:	Mud & Cement Mix-Water

Drilling Load:	Lost Returns with Mud Drop
Lost Returns Depth, MD:	4107.0 m
Pore Pressure at Lost Returns Depth:	603.66 kg/cm ²
Pore Pressure Gradient at Lost Returns Depth:	1.518 s.g.
Mud Weight:	1.760 s.g.
Mud Drop Level, MD:	547.8 m
Assigned External Pressure:	Mud & Cement Mix-Water

External Pressure:	Mud & Cement Mix-Water
TOC, MD:	1300.0 m
Mud Weight:	1.840 s.g.
Cement Mix-Water Density:	1.000 s.g.

AXIAL LOADS DATA (9 5/8" Intermediate Casing)

Running in Hole - Avg. Speed:	0.01 m/s
Overpull Force:	63000 lbf
Green Cement Pressure Test:	140.00 kg/cm ²
Service Loads:	Yes

DESIGN PARAMETERS DATA (7" Intermediate Casing)

Design Factor (Pipe) - Axial:	1.300
Design Factor (Coupling) - Axial:	
Design Factor (Pipe) - Burst:	1.100
Design Factor (Coupling) - Burst:	
Design Factor (Pipe) - Collapse:	1.100
Design Factor (Pipe) - Triaxial:	1.250
Minimum Internal Drift Diameter:	5.625 in
Single External Pressure Profile:	Yes
Temperature Deration:	Yes
Limit to Frac at Shoe:	Yes
Buckling:	Yes

File: claudio_kax

Date: November 24, 2001 Page: 8

BURST LOADS DATA (7" Intermediate Casing)

Drilling Load:	Displacement to Gas
Influx Depth, MD:	4769.0 m
Pore Pressure	992.49 kg/cm ²
Gas Gradient:	0.2310 s.g.
Frac at Shoe:	1050.61 kg/cm ²
Frac Margin of Error:	0.000 s.g.
Gas/Mud Interface, MD:	4500.0 m
Mud Weight:	1.760 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Drilling Load:	Gas Kick Profile
Influx Depth, MD:	4769.0 m
Kick Volume:	1.50 m ³
Kick Intensity:	0.060 s.g.
Maximum Mud Weight:	1.760 s.g.
Kick Gas Gravity:	0.70
Frac at Shoe:	1050.61 kg/cm ²
Frac Margin of Error:	0.000 s.g.
Drill Pipe OD:	3.500 in
Collar OD:	4.750 in
Collar Length:	81.0 m
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Drilling Load:	Surface Protection (BOP)
Frac at Shoe:	1050.61 kg/cm ²
Frac Margin of Error:	0.000 s.g.
Gas Gradient:	0.2310 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Drilling Load:	Pressure Test
Test Pressure:	0.00 kg/cm ²
Mud Weight:	1.760 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)
TOC, MD:	3900.0 m
Prior Shoe, MD:	4082.0 m
Mud Weight Above TOC:	1.760 s.g.
Fluid Gradient Below TOC:	1.000 s.g.
Pore Pressure In Open Hole:	No

COLLAPSE LOADS DATA (7" Intermediate Casing)

Drilling Load:	Cementing
Mud Weight at Shoe:	1.760 s.g.
TOC, MD:	3900.0 m
Lead Slurry Density:	1.950 s.g.
Tail Slurry Density:	1.850 s.g.
Tail Slurry Length:	400.0 m
Displacement Fluid Density:	1.760 s.g.
Float Collar Depth, MD:	4382.0 m
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998.5 Build 3

File: claudio_kax

Date: November 24, 2001 Page: 9

AXIAL LOADS DATA (7" Intermediate Casing)

Running in Hole - Avg. Speed:	0.00 m/s
Overpull Force:	60000 lbf
Green Cement Pressure Test:	70.00 kg/cm ²
Service Loads:	Yes

DESIGN PARAMETERS DATA (5" Production Liner)

Design Factor (Pipe) - Axial:	1 300
Design Factor (Coupling) - Axial:	
Design Factor (Pipe) - Burst:	1 100
Design Factor (Coupling) - Burst:	
Design Factor (Pipe) - Collapse:	1 125
Design Factor (Pipe) - Triaxial:	1 250
Minimum Internal Drift Diameter:	3.876 in
Single External Pressure Profile:	Yes
Temperature Deration:	Yes
Limit to Frac at Shoe:	Yes
Buckling:	Yes

File: claudio_kax

Date: November 24, 2001 Page: 10

BURST LOADS DATA (5" Production Liner)

Drilling Load:	Displacement to Gas
Influx Depth, MD:	4769.0 m
Pore Pressure:	992.49 kg/cm ²
Gas Gradient:	0.2310 s.g.
Frac at Shoe:	1050.61 kg/cm ²
Frac Margin of Error:	0.000 s.g.
Gas/Mud Interface, MD:	4500.0 m
Mud Weight:	1.650 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Drilling Load:	Lost Returns with Water
Frac at Shoe:	1050.61 kg/cm ²
Frac Margin of Error:	0.000 s.g.
Mud/Water Interface, MD:	4769.0 m
Mud Weight:	1.650 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Drilling Load:	Gas Kick Profile
Influx Depth, MD:	4769.0 m
Kick Volume:	7.95 m ³
Kick Intensity:	0.060 s.g.
Maximum Mud Weight:	1.650 s.g.
Kick Gas Gravity:	0.70
Frac at Shoe:	1050.61 kg/cm ²
Frac Margin of Error:	0.000 s.g.
Drill Pipe OD:	3.500 m
Collar OD:	4.750 in
Collar Length:	81.0 m
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Drilling Load:	Pressure Test
Test Pressure:	0.00 kg/cm ²
Mud Weight:	1.650 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

Production Load:	Stimulation Surface Leak
Packer Fluid Density:	1.032 s.g.
Packer Depth, MD:	4769.0 m
Injection Pressure:	0.00 kg/cm ²
Injection Density:	1.000 s.g.
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)

External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)
TOC, MD:	4274.0 m
Prior Shoe, MD:	4382.0 m
Mud Weight Above TOC:	1.650 s.g.
Fluid Gradient Below TOC:	1.000 s.g.
Pore Pressure In Open Hole:	No

File: claudio_kax

Date: November 24, 2001 Page: 11

COLLAPSE LOADS DATA (5" Production Liner)

Drilling Load:	Cementing
Mud Weight at Shoe:	1 650 s.g
TOC, MD:	4274.0 m
Lead Slurry Density:	1 900 s.g.
Displacement Fluid Density:	1.650 s.g
Float Collar Depth, MD:	4766.0 m
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)
Production Load:	Full Evacuation
Assigned External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)
External Pressure:	Fluid Gradients (w/ Pore Pressure)
TOC, MD:	4274.0 m
Prior Shoe, MD:	4382.0 m
Fluid Gradient Above TOC:	1 650 s.g
Fluid Gradient Below TOC:	1 650 s.g.
Pore Pressure In Open Hole Below TOC:	No

AXIAL LOADS DATA (5" Production Liner)

Running in Hole - Avg. Speed:	0.00 m/s
Overpull Force:	60000 lbf
Green Cement Pressure Test:	140.00 kg/cm ²
Service Loads:	Yes

String	OD/Weight/Grade	Connection	WD Interval (ft)	Cmt Dia (in)	Minimum Safety Factor (Norm):				Design Cost (\$)
					Burst	Collapse	Axial	Tensile	
1 Conductor Casing	30" 198 lb/ft, J-80	N/A	0-0-195.0	29.563	2.28	2.84	7.65	2.49	44,811
2									Total = 44,811
3									
4 Surface Casing	20" 105.50 lb/ft, J-80	N/A	0-0-472.4	18.813	1.71	1.54	3.48	1.92	57,776
5	20" 133.00 lb/ft, J-80		472.4-1000.0	13.543	3.13	1.37	4.51	3.17	80,571
6									Total = 138,347
7									
8 Intermediate Casing	13.375" 88.00 lb/ft, C-75	N/A	0-0-210.9	12.259	1.26	2.36	2.41	1.41	233,527
9									Total = 233,527
10									
11 Intermediate Casing	9.562" 43.50 lb/ft, P-110	N/A	0-0-272.0	8.625 A	1.11	2.97	1.66	1.24	271,256
12	9.562" 53.50 lb/ft, N-80		272.0-4662.0	8.530 A	1.46	1.11	1.37	1.25	29,452
13									Total = 301,248
14									
15 Intermediate Casing	7" 29.00 lb/ft, C-80	N/A	0-0-2096.0	6.059	1.04	10.34	1.43	1.12	106,093
16	7" 29.00 lb/ft, P-110		2096.0-4337.0	6.059	2.60	3.17	3.04	1.09	111,904
17									Total = 217,997
18									
19 Production Liner	5" 23.20 lb/ft, C-80	N/A	4337.0-4764.0	3.916	3.01	1.19	1.91	1.22	19,009
20									Total = 19,009
21									
22									Total = 959,935
23 A Alternate Drift									
24									

88
 FIGURA V.28

Aplicación de Diseños de TR's

File: claudio_kax_issa_Nominal
WELL SUMMARY

String	OD/Weight/Grade	Connection	MD Interval (ft)	Drift Dia (in)	Burst	Minimum Safety Factor (Norm)	Triaxial	Design Cost (\$)
						Axial		
1 Conductor Casing	30", 157.50 lbm/ft, X-46	N/A	0.0-198.0	28.813	2.40	3.42	8.88	35,990
2								Total = 35,990
3								
4 Surface Casing	20", 94.00 lbm/ft, J-55	N/A	0.0-1000.0	18.936	1.49	1.15	3.45	107,940
5								Total = 107,940
6								
7 Intermediate Casing	13.3/8", 68.00 lbm/ft, N-80 13.3/8", 61.00 lbm/ft, J-55	N/A	0.0-735.2 735.2-2183.0	12.259 12.358	1.35 1.01	28.23 2.74	2.72 1.95	75,333 191,413
8								Total = 173,746
9								
10								
11 Intermediate Casing	9.5/8", 43.50 lbm/ft, P-110 9.5/8", 47.00 lbm/ft, N-80	N/A	0.0-500.5 500.6-4082.0	8.625 A	1.15 1.00	4.20 1.05	1.00 1.32	36,788 243,542
12								Total = 280,300
13								
14								
15 Intermediate Casing	7", 29.00 lbm/ft, C-85 7", 29.00 lbm/ft, P-110	N/A	0.0-2096.0 2096.0-4382.0	6.059	1.04 2.60	13.02 7.05	1.83 3.04	105,003 111,904
16								Total = 217,997
17								
18								
19 Production Liner	5", 16.00 lbm/ft, T-95	N/A	4274.0-4766.0	4.151	2.40	1.07	1.60	14,237
20								Total = 14,237
21								
22								
23 A Alternate Drift								Total = 830,210
24								

StressCheck 1998.5 Build 3

Equipo 3 Pozo Kax 13

FIGURA V.29

File: claudio_kax_issal_Nominal
WELL SUMMARY

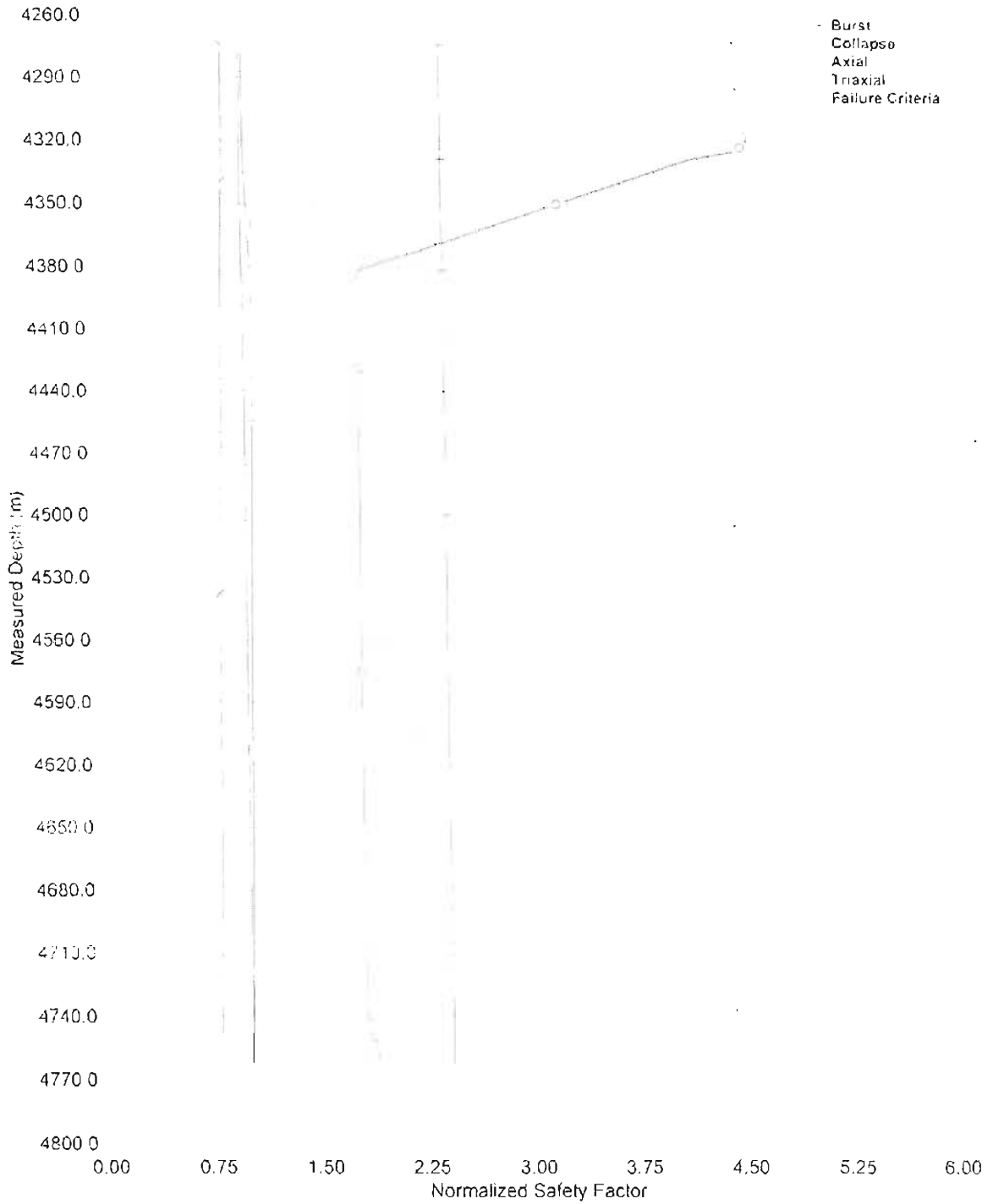
Date: November 26, 2001 Page: 1

	String	OD/Weight/Grade	Connection	MD Interval (m)	Drift Dia. (in)	Minimum Safety Factor (Norm)				Design Cost (\$)
						Burst	Collapse	Axial	Taxial	
1	Conductor Casing	30", 157.50 lbm/ft, X-46	N/A	0.0-199.0	28.813	2.40	3.42	8.88	2.63	35,990
2										Total = 35,990
3										
4	Surface Casing	20" 94.00 lbm/ft, J-55	N/A	0.0-1000.0	18.936	1.49	1.15	3.45	1.54	107,840
5										Total = 107,840
6										
7	Intermediate Casing	13 3/8", 68.00 lbm/ft, N-60	N/A	0.0-735.2	12.259	1.35	28.33	2.72	1.51	72,333
8		13 3/8", 61.00 lbm/ft, J-55		735.2-2183.0	12.359	1.01	2.74	1.95	1.11	101,413
9										Total = 173,746
10										
11	Intermediate Casing	9 5/8", 43.50 lbm/ft, P-110	N/A	0.0-500.6	8.625 A	1.15	4.20	1.60	1.23	38,758
12		9 5/8", 47.00 lbm/ft, N-60		500.6-4082.0		1.00	1.06	1.32	1.06	243,542
13										Total = 280,300
14										
15	Intermediate Casing	7", 29.00 lbm/ft, C-95	N/A	0.0-2096.0	6.059	1.04	11.26	1.83	1.12	106,093
16		7", 20.00 lbm/ft, P-110		2096.0-4382.0		2.60	5.13	3.04	1.00	111,904
17										Total = 217,997
18										
19	Production Liner	5", 18.00 lbm/ft, P-110	N/A	4214.0-4382.0	4.151	2.78	1.20	2.05	1.16	14,948
20										Total = 14,948
21										
22										Total = 630,922
23	A Alternate Drift									
24										

File: claudio_kax_Issa_Nominal

Date: November 26, 2001 Page 1

TRIAXIAL SAFETY FACTORS (5" Production Liner)



Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998 5 Build 3

FIGURA V.31

File: claudio_kax_1ssa_Nominal
TRIAXIAL SAFETY FACTORS (9 5/8" Intermediate Casing)

Date: November 26, 2001 Page: 1



Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998.5 Build 3

FIGURA V.32

TRIAXIAL SAFETY FACTORS (7" Intermediate Casing)

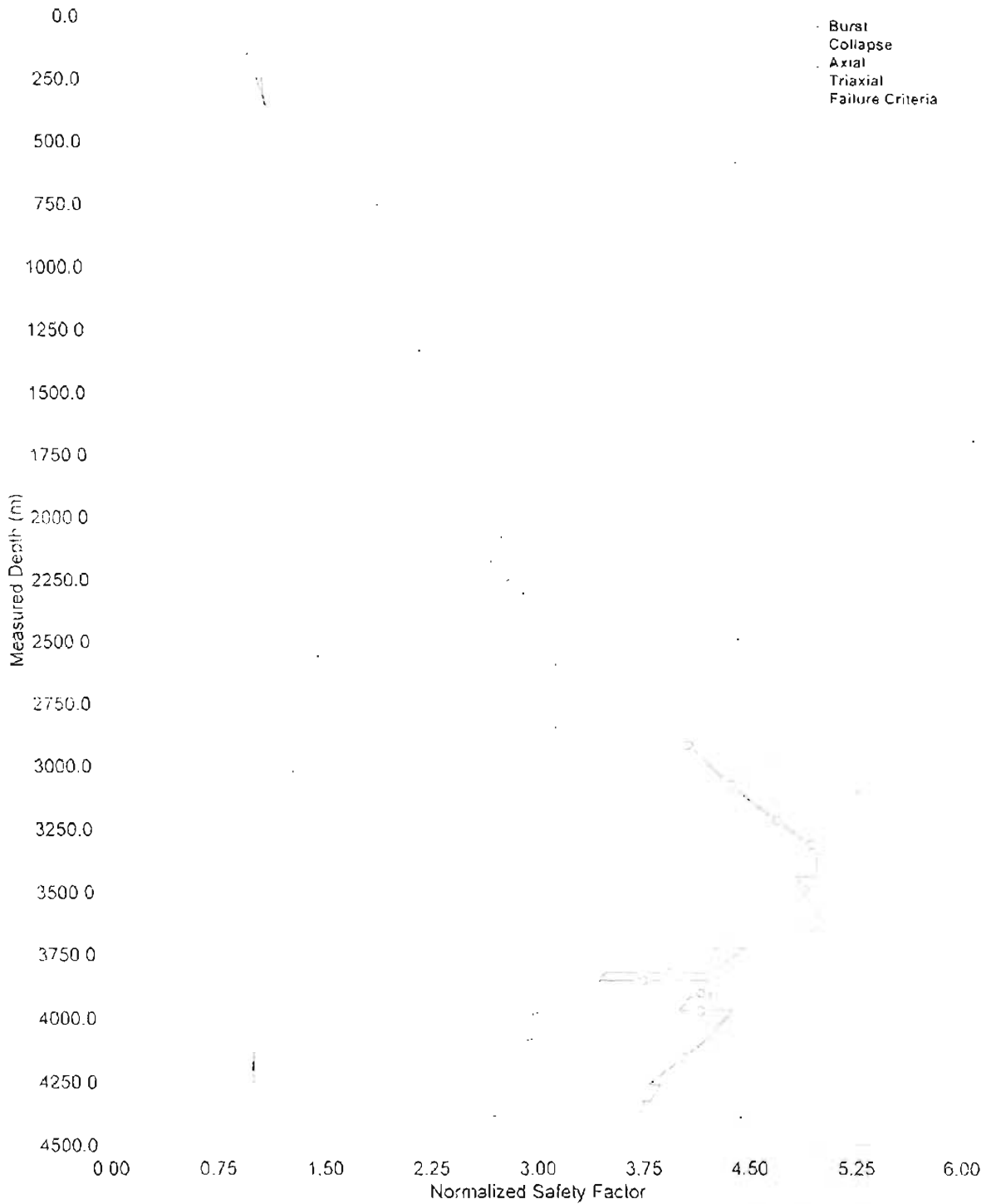
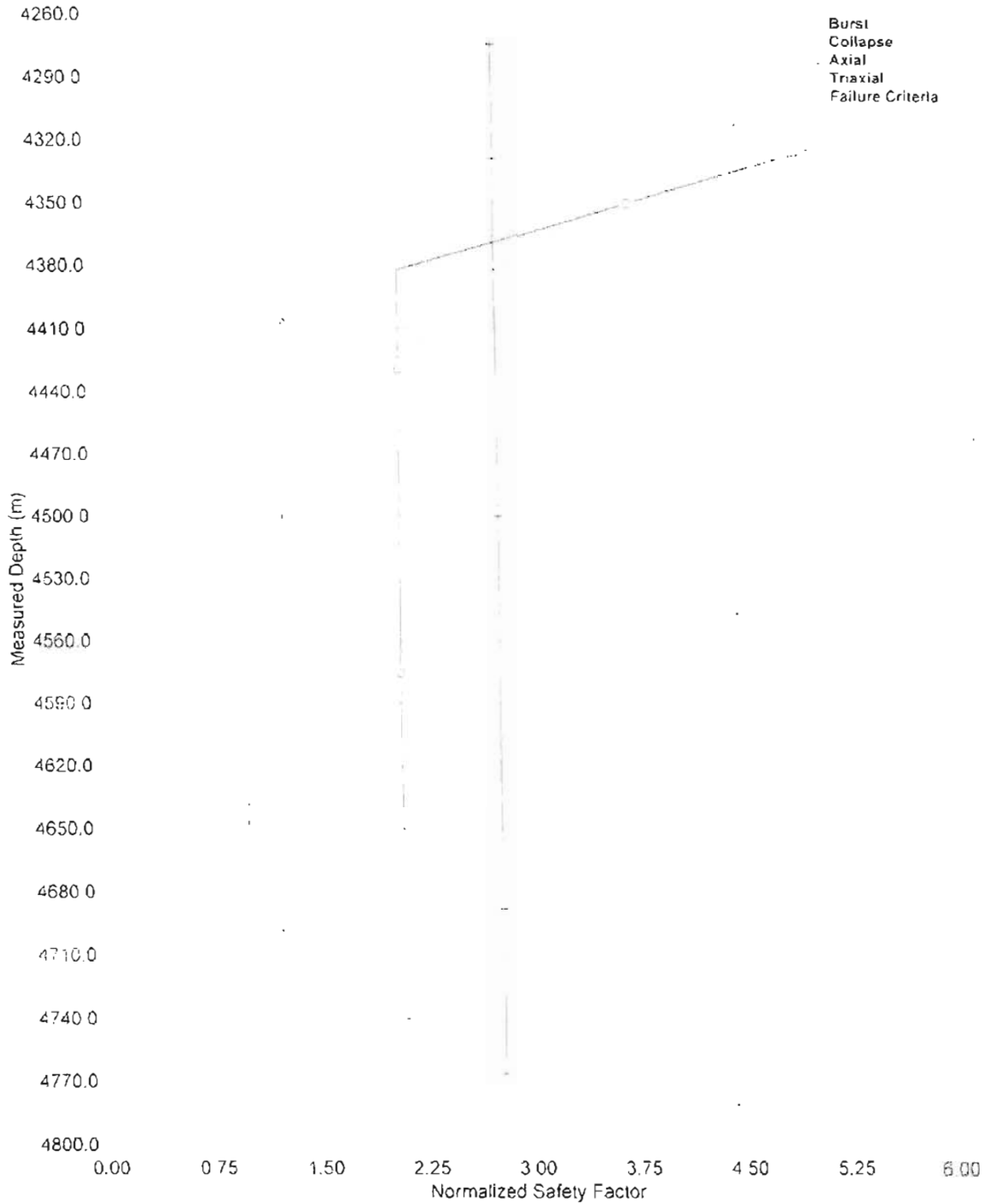


FIGURA V.33

File: claudio_kax_Issa_Nominal

Date: November 26, 2001 Page: 1

TRIAxIAL SAFETY FACTORS (5" Production Liner)



Equipo 3 Pozo Kax 13

StressCheck 1998 5 Build 3

FIGURA V.34

Capítulo VI
Conclusiones

- De los resultados obtenidos del análisis de los modelos, se determinó que el modelo de Issa es el que desempeña un mejor comportamiento, ya que aun con datos de diámetro, espesor y cedencia nominales, además de considerar imperfecciones, es el que mejor se ajusta a la resistencia real, demostrando de esta manera que en forma implícita se está trabajando con márgenes de seguridad contemplados por API en el cálculo de la resistencia al colapso con valores nominales, considerando que API es muy conservador.
- Se planteó un procedimiento viable de aplicar con la ventaja de que se puede reducir el costo de los pozos al mejorar la selección de la tubería más adecuada.
- Se demostró la aplicabilidad del procedimiento en el diseño de TR's con el ejemplo del pozo KAX – 13. Sin embargo, debe tenerse cuidado especial en el proceso de aplicación, dado que en algunas ocasiones como se muestra en el ejemplo, hay una compensación benéfica en la resistencia al colapso, quedando ésta arriba de lo establecido por API, aunque en algunas ocasiones puede quedar por debajo de API, poniendo en riesgo la integridad del pozo si no se selección la tubería más apropiada.
- Puede verse claramente que en realidad las imperfecciones si afectan las condiciones de trabajo de la tubería.
- Las evaluaciones efectuadas con datos proporcionados por TAMSA, se extrapolaron a las demás tuberías para adecuar el inventario de Stress Check.

Recomendaciones

- Derivado de que actualmente se cuenta con un universo de información real en materia de pruebas físicas realizadas a tuberías, se debería utilizar esta información al realizar los diseños de tuberías y no la nominal como se ha utilizado a la fecha, con el propósito de obtener resultados más precisos que se aproximen a las verdaderas condiciones de trabajo a las que estará sujeta la tubería una vez que se introduzca al pozo.
- Partiendo de la premisa de que el modelo API como marco normativo no contempla las imperfecciones en la evaluación de la resistencia al colapso, convendría que los diseñadores de software tomaran en cuenta tanto valores reales en sus bases de datos como la ovalidad y la excentricidad promedio para el diseño de tuberías de revestimiento.
- A fin de hacer más amigable el uso de los modelos gráficos de Akgun, se recomienda efectuar el ajuste mediante un método numérico a fin de contar con ecuaciones fácilmente programables que permitan su sencilla aplicación.
- Sería conveniente contar con datos de pruebas realizadas a tuberías API para complementar el presente estudio y tener otro marco de comparación, a fin de efectuar con un procedimiento cuyos resultados se ajusten más a la realidad y se esté en posibilidades de seleccionar la tubería más adecuada al más bajo costo.

1. Economides, Watters, Dunn Norman. "Petroleum Well Construction", John Willey, 1998.
2. W. T. Jones, N. Drama. "Standardisation of tubular goods for worldwide applications". SPE 1993
3. "Bulletin of formulas and calculations for casing, tubing, drill pipe and line pipes properties". Bulletin 5C3 of American Petroleum Institute, sixth edition USA 1994
4. Issa, J.A. "An improved design equation for tubular collapse", USA SPE 26317, 1993
5. Freda Akgun, Bill J. Mitchell. "The combined effects of curvature, tension and pressure on the ovality and collapse oilfield tubulars", SPE 27881, march 1994
6. Han Jianzeng, Shi Taihe, Southwest Petroleum Institute, China. "Equations calculate collapse pressure for casing strings
7. Freda Akgun, Bill J. Mitchell. "API tubular ovality and stress in horizontal wells with a Finite Element Method", SPE and H Peter Huttelmaier
8. Datos de pruebas de TAMSA para TAC-110 y TAC-140. Tabla de datos de TAMSA en Excel, México 1999

9. José Luis Trejo Rosales, Ignacio Manrique Maldonado. "Ajuste de un modelo semi empírico para determinar la resistencia al colapso de tuberías no API". Proyecto FA-4260. julio de 1999

Índice de Figuras

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
I.1	Uso de tuberías de revestimiento	8
I.2	Proceso de fabricación de tuberías	11
I.3	Proceso de acería	11
I.4	Máquina de colada continua de barras redondas	12
I.5	Laminado continuo a mandril retenido	12
I.6	Templado de tubería	13
I.7	Horno de revenido	14
	Proceso de acabado del tubo,	15
I.8	Corte de extremos y biselado	16
	Inspección de extremos por partículas magnéticas	16
I.9	Proceso de diseño de TR's	19
II.1	Sección transversal de una tubería perfecta	21
II.2	Contorno de una tubería ovalada	22
II.3	Contorno de una tubería excéntrica	23
III.1	Comportamiento del colapso	28
III.2	Deformación tubular en un pozo desviado	47
III.3	Presión de colapso y desplazamiento radial para una tubería de 5", K-55 de 11.5 lb/pie	47
III.4	Comparativo de resistencias al colapso evaluados con los modelos API, Issa y Akgun con la resistencia real	49
IV.1	Proceso de implantación de los modelos de Issa y Akgun – Mitchell para el diseño de tuberías	52
IV.2	Pegado de información tomada del "Pipe Inventory" de Stress Check	54
IV.3	Liga de valores del libro "Stress Orig" a "Modelo de Issa"	54
IV.4	Programación de fórmulas de Issa para la resistencia al colapso sin imperfecciones	55
IV.5	Libro con valores de colapso y tipo de tubería modificados	55

Índice de Tablas

TABLA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
III.A	Comparación de los valores de las constantes obtenidas por Issa con los ajustados por el IMP para tuberías TAC	33
III.B	Comparación de los modelos con respecto a API y resistencia real sin considerar imperfecciones para tubería TAC - 110	43
III.C	Comparación de los modelos con respecto a API y resistencia real considerando imperfecciones para tubería TAC - 110	43
III.D	Comparación de los modelos con respecto a API y resistencia real sin considerar imperfecciones para tubería TAC - 140	44
III.E	Comparación de los modelos con respecto a API y resistencia real considerando imperfecciones para tubería TAC - 110	44
V.1	Comparación del modelo de Issa original e Issa modificado con el modelo convencional	59

ANEXO 1

Datos de tuberías TAC-110 y TAC-140,
proporcionados por TAMSA

TIPO	DIAMETRO		ESPESOR		GRADO	FLUJENCIA		ESPESOR PROM. INCH.	DIAMETRO PROM. mm.	EXC %	OVALIDAD %	COLAPSO (PSI)			CLIENTE
	mm	Inch	mm	Inch		Kg/mm2	PSI					API	REQUERIDO	OBTENIDO	
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-110	86.9	123,613	0.378	127.4	7.58	0.58	13,470	15,540	15,775	PEMEX
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-110	86.9	123,613	0.374	127.5	6.30	0.47	13,470	15,540	15,997	PEMEX
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-110	112.0	159,317	0.375	127.2	7.39	0.29	13,470	15,540	16,318	PEMEX
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-110	88.7	126,174	0.382	126.9	5.59	0.53	13,470	15,540	16,238	PEMEX
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-110	110.2	156,757	0.379	127.5	7.47	0.42	14,830	17,840	19,947	PEMEX
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-110	86.5	123,044	0.370	127.7	4.50	0.31	13,470	15,540	16,214	PEMEX
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-110	88.3	125,605	0.367	127.6	5.09	0.89	13,470	15,540	16,035	PEMEX
CAS	177.8	7	10.36	0.408	TAC-110	95.0	135,135	0.416	178.4	4.01	0.21	8,530	11,140	11,854	PEMEX
CAS	177.8	7	10.36	0.408	TAC-110	97.0	137,980	0.413	178.6	4.84	0.19	8,530	11,140	12,251	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-110	95.8	136,273	0.523	179.0	4.97	0.30	13,020	15,230	16,150	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-110	97.6	138,834	0.518	179.1	4.31	0.30	13,020	15,230	15,829	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-110	94.9	134,993	0.520	178.8	4.17	0.28	13,020	15,230	15,459	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-110	96.2	136,842	0.525	179.3	7.48	0.36	13,020	15,230	16,054	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-110	87.1	123,898	0.508	178.7	11.82	0.37	13,020	15,230	15,735	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-110	92.0	130,868	0.519	178.6	11.36	0.52	13,020	15,230	16,596	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-110	92.9	132,148	0.511	178.8	7.22	0.15	13,020	15,230	16,128	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-110	89.2	126,885	0.512	178.9	2.99	0.24	13,020	15,230	16,095	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-110	92.0	130,868	0.528	178.8	6.50	0.35	13,020	15,230	16,877	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-110	93.0	132,290	0.515	179.4	7.51	0.22	13,020	15,230	16,424	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-110	95.9	136,415	0.526	179.2	4.43	0.15	13,020	15,230	16,704	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-110	84.5	120,199	0.522	178.5	2.11	0.30	13,020	15,230	15,856	PEMEX
CAS	193.7	7.5/8	12.70	0.500	TAC-110	92.4	131,437	0.513	194.8	4.09	0.33	11,080	13,810	13,830	PEMEX
CAS	193.7	7.5/8	12.70	0.500	TAC-110	91.8	130,583	0.521	194.6	5.18	0.14	11,080	13,810	14,205	PEMEX
CAS	193.7	7.5/8	12.70	0.500	TAC-110	96.8	137,696	0.517	194.6	4.84	0.22	11,080	13,810	15,201	PEMEX
CAS	193.7	7.5/8	12.70	0.500	TAC-110	97.5	138,691	0.519	194.4	7.25	0.41	11,080	13,810	15,368	PEMEX
CAS	193.7	7.5/8	12.70	0.500	TAC-110	97.4	138,549	0.527	194.4	4.36	0.48	11,080	13,810	14,685	PEMEX
CAS	193.7	7.5/8	12.70	0.500	TAC-110	88.3	125,605	0.533	194.3	5.57	0.24	11,080	13,810	15,084	PEMEX
CAS	193.7	7.5/8	12.70	0.500	TAC-110	88.7	126,174	0.531	194.5	5.58	0.29	11,080	13,810	14,602	PEMEX
CAS	193.7	7.5/8	12.70	0.500	TAC-110	95.5	135,846	0.530	194.7	5.73	0.24	11,080	13,810	15,832	PEMEX
CAS	193.7	7.5/8	12.70	0.500	TAC-110	94.0	133,713	0.519	194.7	4.23	0.34	11,080	13,810	15,075	PEMEX
CAS	193.7	7.5/8	12.70	0.500	TAC-110	91.3	129,872	0.519	194.9	3.65	0.26	11,080	13,810	14,658	PEMEX
CAS	193.7	7.5/8	12.70	0.500	TAC-110	85.9	122,191	0.524	194.7	5.53	0.27	11,080	13,810	14,559	PEMEX
CAS	193.7	7.5/8	12.70	0.500	TAC-110	94.6	134,566	0.516	195.2	2.77	0.19	11,080	13,810	14,526	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	11.99	0.472	TAC-110	88.2	125,462	0.465	246.2	6.03	0.26	5,300	7,740	7,997	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	11.99	0.472	TAC-110	84.1	119,630	0.485	246.1	4.67	0.45	5,300	7,740	8,406	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	11.99	0.472	TAC-110	92.6	131,721	0.495	245.8	6.12	0.49	5,300	7,740	8,349	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	11.99	0.472	TAC-110	95.0	135,135	0.498	246.1	7.49	0.28	5,300	7,740	8,461	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	11.99	0.472	TAC-110	83.0	118,065	0.477	246.4	4.04	0.22	5,300	7,740	8,015	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	11.99	0.472	TAC-110	90.6	128,876	0.483	246.5	2.96	0.24	5,300	7,740	8,396	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	11.99	0.472	TAC-110	89.5	127,312	0.465	246.5	6.95	0.14	5,300	7,740	8,044	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	11.99	0.472	TAC-110	92.2	131,152	0.472	246.6	6.72	0.30	5,300	7,740	8,084	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	11.99	0.472	TAC-110	90.5	128,734	0.472	246.6	5.11	0.05	5,300	7,740	8,456	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	11.99	0.472	TAC-110	88.9	126,458	0.480	245.9	5.06	0.27	5,300	7,740	8,530	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	11.99	0.472	TAC-110	91.9	130,725	0.486	246.0	4.25	0.33	5,300	7,740	8,410	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	97.2	138,265	0.555	246.5	4.59	0.05	7,950	10,520	11,505	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	95.0	135,135	0.557	246.5	3.89	0.27	7,950	10,520	10,936	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	88.0	125,178	0.552	246.3	3.26	0.20	7,950	10,520	10,593	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	90.0	128,023	0.550	246.2	3.03	0.27	7,950	10,520	11,582	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	89.9	127,881	0.528	246.4	3.65	0.23	7,950	10,520	11,137	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	98.0	139,403	0.560	246.0	3.81	0.23	7,950	10,520	11,751	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	96.5	137,269	0.558	246.2	2.86	0.45	7,950	10,520	11,962	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	92.5	131,579	0.558	246.4	3.28	0.26	7,950	10,520	11,727	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	92.8	132,006	0.548	246.8	3.22	0.15	7,950	10,520	11,443	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	97.0	137,980	0.559	246.3	5.12	0.31	7,950	10,520	10,833	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	93.0	132,290	0.552	246.3	4.23	0.48	7,950	10,520	11,907	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	93.0	132,290	0.555	246.5	4.79	0.30	7,950	10,520	11,464	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	88.7	126,174	0.540	246.5	5.63	0.07	7,950	10,520	10,867	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	91.1	129,587	0.540	246.5	4.57	0.14	7,950	10,520	10,857	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	86.2	122,617	0.552	246.4	7.98	0.15	7,950	10,520	11,547	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	84.1	119,630	0.540	246.7	4.34	0.05	7,950	10,520	11,138	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	92.4	131,437	0.545	246.6	3.43	0.09	7,950	10,520	11,263	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	90.6	128,876	0.547	246.3	6.27	0.08	7,950	10,520	11,320	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	90.3	128,449	0.548	246.4	6.09	0.14	7,950	10,520	11,429	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	91.5	130,156	0.546	246.5	4.21	0.11	7,950	10,520	10,976	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	87.6	124,609	0.588	246.4	8.18	0.19	7,950	10,520	11,194	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	90.8	129,161	0.548	246.5	4.98	0.15	7,950	10,520	10,814	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	89.4	127,169	0.564	246.6	4.55	0.05	7,950	10,520	10,881	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	86.6	123,186	0.551	246.3	4.35	0.20	7,950	10,520	10,843	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	90.9	129,303	0.545	246.4	4.27	0.18	7,950	10,520	10,675	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	89.4	127,169	0.552	246.5	6.75	0.14	7,950	10,520	11,675	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	88.3	125,605	0.540	246.3	4.38	0.26	7,950	10,520	10,910	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	91.1	129,587	0.556	246.2	4.38	0.12	7,950	10,520	10,666	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	92.3	131,294	0.547	246.6	3.11	0.07	7,950	10,520	11,302	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	97.0	137,980	0.559	246.0	3.16	0.14	7,950	10,520	12,378	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	96.2	136,842	0.565	246.2	5.95	0.31	7,950	10,520	12,187	PEMEX
CAS	244.5	9.5/8	13.84	0.545	TAC-110	9									

TIPO	DIAMETRO		ESPESOR		GRADO	FLUENCIA		ESPESOR PROM. INCH.	DIAMETRO PROM. mm.	EXC. %	QUALIDAD %	COLAPSO (PSI)			CLIENTE
	mm	Inch	mm	Inch		Kg/mm2	PSI					API	REQUERIDO	OBTENIDO	
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	90.4	128,592	0.575	246.1	5.15	0.41	7,950	10,520	11,039	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	92.8	132,006	0.575	246.6	5.56	0.18	7,950	10,520	11,733	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	92.4	131,437	0.584	245.9	4.96	0.12	7,950	10,520	12,857	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	93.0	132,290	0.567	246.0	3.70	0.28	7,950	10,520	11,319	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	90.4	128,592	0.578	245.9	4.26	0.33	7,950	10,520	11,524	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	93.0	132,290	0.556	246.1	5.39	0.20	7,950	10,520	11,272	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	91.6	130,299	0.580	246.0	3.96	0.19	7,950	10,520	11,701	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	91.3	129,872	0.553	246.1	4.04	0.23	7,950	10,520	11,584	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	91.0	129,445	0.578	246.1	3.57	0.43	7,950	10,520	11,851	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	91.0	129,445	0.578	246.0	5.25	0.18	7,950	10,520	11,801	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	91.0	129,445	0.578	246.0	5.25	0.18	7,950	10,520	11,801	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	92.4	131,437	0.578	246.2	6.50	0.37	7,950	10,520	11,787	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	92.0	130,868	0.573	246.0	5.70	0.28	7,950	10,520	11,640	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	92.8	132,006	0.572	246.2	6.47	0.31	7,950	10,520	11,579	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-110	93.1	132,432	0.572	246.0	5.59	0.54	7,950	10,520	13,200	PEMEX
CAS	298.5	11 3/4	12.42	0.489	TAC-110	92.0	130,868	0.508	301.6	5.17	0.20	3,610	5,140	5,849	PEMEX
CAS	298.5	11 3/4	14.78	0.582	TAC-110	86.6	123,186	0.602	302.5	1.76	0.24		7,740	8,872	PEMEX
CAS	298.5	11 3/4	14.78	0.582	TAC-110	87.0	123,755	0.610	302.6	2.30	0.28		7,740	8,644	PEMEX
CAS	301.6	11 7/8	14.78	0.582	TAC-110	87.4	124,324	0.597	303.5	3.41	0.23		7,740	8,203	PEMEX
CAS	301.6	11 7/8	14.78	0.582	TAC-110	96.4	137,127	0.598	304.2	3.62	0.34		7,740	8,858	PEMEX
CAS	301.6	11 7/8	14.78	0.582	TAC-110	94.7	134,708	0.607	303.7	3.62	0.20		7,740	9,127	PEMEX
CAS	301.6	11 7/8	14.78	0.582	TAC-110	94.2	133,997	0.602	304.1	2.55	0.22		7,740	9,298	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.06	0.514	TAC-110	96.4	137,127	0.530	342.0	3.99	0.11	2,890	4,110	4,252	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.06	0.514	TAC-110	93.6	133,144	0.534	342.2	5.05	0.23	2,890	4,110	4,211	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.06	0.514	TAC-110	94.0	133,713	0.529	341.0	4.66	0.36	2,890	4,110	4,264	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	86.8	123,471	0.563	342.2	3.96	0.22	3,490	4,980	5,271	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	95.5	135,846	0.564	342.0	5.08	0.20	3,490	4,980	5,119	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	91.9	130,725	0.566	342.1	3.94	0.21	3,490	4,980	5,423	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	94.6	134,566	0.574	341.2	7.14	0.23	3,490	4,980	5,471	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	95.2	135,420	0.562	342.4	6.11	0.25	3,490	4,980	5,197	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	93.6	133,144	0.566	341.6	4.12	0.10	3,490	4,980	5,133	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	93.5	133,001	0.580	341.9	4.71	0.23	3,490	4,980	5,555	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	95.8	136,273	0.570	342.4	7.77	0.46	3,490	4,980	5,239	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	85.5	121,622	0.573	342.0	5.34	0.39	3,490	4,980	5,185	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	93.5	133,001	0.568	342.2	5.45	0.47	3,490	4,980	5,178	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	94.8	134,851	0.578	341.7	4.49	0.21	3,490	4,980	5,737	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	89.1	126,743	0.582	341.4	5.61	0.22	3,490	4,980	5,581	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	92.8	132,006	0.581	342.2	5.56	0.27	3,490	4,980	5,526	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	90.6	128,876	0.581	341.9	4.41	0.28	3,490	4,980	5,399	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	95.2	135,420	0.577	341.9	3.93	0.35	3,490	4,980	5,378	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	91.7	130,441	0.583	342.1	2.12	0.27	3,490	4,980	5,523	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	92.9	132,148	0.563	341.7	6.33	0.06	3,490	4,980	5,253	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	91.6	130,299	0.567	341.7	5.52	0.05	3,490	4,980	5,181	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	87.1	123,898	0.560	342.4	3.52	0.38	3,490	4,980	5,079	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	91.7	130,441	0.564	341.7	8.27	0.07	3,490	4,980	5,353	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.97	0.550	TAC-110	94.1	133,855	0.559	341.7	7.39	0.08	3,490	4,980	5,125	PEMEX

TIPO	DIAMETRO		ESPESOR		GRADO	FLUENCIA		ESPESO R PROM. INCH.	DIAMETRO PROM. mm.	EXC %	OVALIDAD %	COLAPSO (PSI)			CLIENTE
	mm	Inch	mm	Inch		Kg/mm2	PSI					API	RECORRIDO	OBTENIDO	
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-140	104.2	148,222	0.378	127.2	6.79	0.45	14,380	17,840	19,112	PEMEX
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-140	103.0	146,515	0.385	128.1	5.36	0.49	14,830	17,840	19,158	PEMEX
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-140	110.5	157,183	0.393	127.3	3.56	0.29	14,830	17,840	19,273	PEMEX
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-140	110.6	157,326	0.369	127.4	5.77	0.52	14,380	17,840	18,798	PEMEX
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-140	111.9	159,175	0.381	127.7	4.99	0.29	14,830	17,840	20,685	PEMEX
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-140	112.2	159,602	0.369	127.1	7.49	0.39	14,380	17,840	18,639	PEMEX
CAS	127	5	9.19	0.362	TAC-140	116.7	166,003	0.387	127.5	6.54	0.34	14,380	17,840	20,631	PEMEX
CAS	177.8	7	10.36	0.408	TAC-140	116.0	165,007	0.419	178.5	6.44	0.19	9,110	11,480	13,975	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	104.9	149,218	0.520	179.4	4.23	0.26	14,310	17,380	20,452	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	106.7	151,778	0.523	178.4	4.97	0.26	14,310	17,380	19,141	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	106.7	151,778	0.520	179.5	7.73	0.35	14,310	17,380	19,531	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	106.8	151,920	0.525	179.1	5.01	0.22	14,310	17,380	21,166	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	108.6	154,481	0.532	178.6	7.27	0.53	14,310	17,380	19,384	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	108.9	154,908	0.520	179.2	4.22	0.35	14,310	17,380	19,627	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	108.9	154,908	0.531	178.8	5.78	0.17	14,310	17,380	20,127	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	109.0	155,050	0.517	179.3	7.41	0.35	14,310	17,380	19,414	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	109.0	155,050	0.511	179.4	3.52	0.26	14,310	17,380	18,725	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	109.2	155,334	0.531	179.7	5.27	0.17	14,310	17,380	20,483	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	109.5	155,761	0.543	179.3	4.36	0.39	14,310	17,380	21,166	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	110.5	157,183	0.523	178.7	1.85	0.28	14,310	17,380	18,323	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	110.8	157,610	0.516	178.4	3.68	0.52	14,310	17,380	18,107	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	110.9	157,752	0.530	178.6	3.02	0.35	14,310	17,380	18,131	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	111.1	158,037	0.512	179.0	7.51	0.32	14,310	17,380	19,837	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	111.2	158,179	0.514	179.1	4.92	0.34	14,310	17,380	19,005	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	111.3	158,321	0.515	178.8	3.30	0.19	14,310	17,380	19,188	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	111.4	158,464	0.518	179.4	4.88	0.24	14,310	17,380	20,765	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	111.7	158,890	0.530	178.4	3.33	0.49	14,310	17,380	17,845	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	111.9	159,175	0.516	178.7	4.13	0.24	14,310	17,380	19,053	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	111.9	159,175	0.511	179.0	4.56	0.22	14,310	17,380	17,463	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	112.0	159,317	0.530	178.8	5.91	0.28	14,310	17,380	19,151	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	112.0	159,317	0.518	179.1	5.46	0.48	14,310	17,380	19,149	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	112.3	159,744	0.520	178.6	2.56	0.24	14,310	17,380	19,702	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	113.0	160,740	0.515	178.7	2.72	0.28	14,310	17,380	19,000	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	113.0	160,740	0.543	178.6	4.73	0.37	14,310	17,380	19,079	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	113.1	160,882	0.516	178.3	4.45	0.47	14,310	17,380	17,625	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	113.2	161,024	0.523	179.5	5.03	0.37	14,310	17,380	22,032	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	113.5	161,451	0.524	178.5	2.56	0.24	14,310	17,380	20,794	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	113.5	161,451	0.515	178.9	7.05	0.19	14,310	17,380	18,651	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	113.6	161,593	0.516	179.1	4.45	0.26	14,310	17,380	19,853	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	113.8	161,878	0.524	178.5	4.90	0.37	14,310	17,380	17,642	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	114.0	162,162	0.508	179.2	3.93	0.30	14,310	17,380	19,739	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	114.8	163,300	0.521	178.9	6.46	0.35	14,310	17,380	18,846	PEMEX
CAS	177.8	7	12.65	0.498	TAC-140	116.0	165,007	0.510	179.3	4.12	0.39	14,310	17,380	19,216	PEMEX
CAS	177.8	7	13.72	0.54	TAC-140	101.6	144,523	0.583	178.9	9.37	0.19	16,750	19,640	23,706	PEMEX
CAS	177.8	7	13.72	0.54	TAC-140	108.0	153,627	0.561	178.4	6.23	0.30	16,750	19,640	21,365	PEMEX
CAS	177.8	7	13.72	0.54	TAC-140	109.7	156,046	0.556	178.8	4.20	0.22	16,750	19,640	21,249	PEMEX
CAS	177.8	7	13.72	0.54	TAC-140	110.4	157,041	0.559	179.1	3.87	0.33	16,750	19,640	22,436	PEMEX
CAS	177.8	7	13.72	0.54	TAC-140	111.8	159,033	0.576	179.0	3.70	0.20	16,750	19,640	23,039	PEMEX
CAS	177.8	7	13.72	0.54	TAC-140	112.0	159,317	0.556	178.5	3.60	0.26	16,750	19,640	21,218	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	11.99	0.472	TAC-140	109.6	155,903	0.512	246.1	3.44	0.35	5,640	8,490	9,492	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	11.99	0.472	TAC-140	110.3	156,899	0.493	246.4	7.62	0.37	5,640	8,490	8,710	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	11.99	0.472	TAC-140	111.1	158,037	0.496	246.1	6.58	0.26	5,640	8,490	8,928	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	11.99	0.472	TAC-140	111.8	159,033	0.498	246.0	4.75	0.42	5,640	8,490	8,796	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	11.99	0.472	TAC-140	113.2	161,024	0.499	246.3	6.78	0.30	5,640	8,490	9,138	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	11.99	0.472	TAC-140	113.2	161,024	0.489	245.9	4.56	0.26	5,640	8,490	9,085	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	11.99	0.472	TAC-140	114.5	162,873	0.504	246.3	7.20	0.31	5,640	8,490	9,494	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	11.99	0.472	TAC-140	115.1	163,727	0.482	244.6	4.63	0.20	5,640	8,490	8,517	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	11.99	0.472	TAC-140	115.4	164,154	0.479	246.2	6.54	0.26	5,640	8,490	8,806	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	105.6	150,213	0.553	246.7	4.93	0.08	8,440	11,700	13,048	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	106.2	151,067	0.551	246.6	4.53	0.12	8,440	11,700	12,335	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	108.4	154,196	0.550	246.4	5.48	0.12	8,440	11,700	13,287	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	108.5	154,339	0.552	245.7	3.20	0.28	8,440	11,700	13,036	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	108.5	154,339	0.557	246.1	4.85	0.24	8,440	11,700	12,120	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	108.7	154,623	0.546	246.6	4.03	0.19	8,440	11,700	12,234	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	109.2	155,334	0.554	246.2	2.95	0.22	8,440	11,700	12,685	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	109.2	155,334	0.548	246.1	3.84	0.23	8,440	11,700	12,980	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	109.3	155,477	0.549	246.3	2.68	0.30	8,440	11,700	12,600	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	109.4	155,619	0.565	246.8	3.19	0.34	8,440	11,700	12,880	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	109.8	156,188	0.548	246.1	3.59	0.24	8,440	11,700	11,961	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	109.9	156,330	0.555	246.7	6.18	0.19	8,440	11,700	11,930	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	110.2	156,757	0.548	246.5	4.80	0.35	8,440	11,700	11,947	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	110.3	156,899	0.547	246.0	4.54	0.11	8,440	11,700	12,606	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	110.5	157,183	0.546	246.7	4.15	0.19	8,440	11,700	12,418	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	110.7	157,468	0.558	246.0	3.41	0.27	8,440	11,700	12,664	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	110.8	157,610	0.551	246.5	4.53	0.12	8,440	11,700	12,485	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84												

TIPO	DIAMETRO		ESPESOR		GRADO	FLUENCIA		ESPESO R PROM. INCH	DIAMETRO PROM. mm.	EXC %	OVALIDAD %	COLAPSO (PSI)			CLIENTE
	mm	Inch	mm	Inch		Kg/mm2	PSI					API	REGGEMID	OBTENIDO	
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	111.6	158,748	0.553	246.3	2.11	0.20	8,440	11,700	12,262	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	111.7	158,890	0.554	246.4	4.09	0.19	8,440	11,700	11,935	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	111.9	159,175	0.561	246.4	2.73	0.32	8,440	11,700	13,334	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	112.2	159,602	0.560	247.0	5.58	0.50	8,440	11,700	12,160	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	112.2	159,602	0.547	246.5	3.48	0.31	8,440	11,700	12,263	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	112.4	159,886	0.555	246.4	3.96	0.27	8,440	11,700	12,764	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	112.4	159,886	0.547	246.7	2.10	0.31	8,440	11,700	12,000	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	112.7	160,313	0.560	246.6	5.60	0.14	8,440	11,700	13,146	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	113.1	160,882	0.548	246.5	5.98	0.22	8,440	11,700	12,375	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	113.3	161,166	0.554	245.9	4.34	0.23	8,440	11,700	12,440	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	113.5	161,451	0.550	246.7	5.16	0.11	8,440	11,700	12,636	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	113.5	161,451	0.550	246.5	4.53	0.22	8,440	11,700	12,832	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	113.8	161,878	0.548	246.5	3.77	0.16	8,440	11,700	12,360	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	113.8	161,878	0.548	246.5	3.77	0.16	8,440	11,700	12,360	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	113.9	162,020	0.556	246.4	3.78	0.18	8,440	11,700	11,907	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	114.0	162,162	0.548	246.7	3.34	0.09	8,440	11,700	12,821	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	114.2	162,447	0.546	246.6	4.52	0.24	8,440	11,700	12,434	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	114.4	162,731	0.546	246.3	5.10	0.46	8,440	11,700	12,077	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	114.5	162,873	0.553	246.3	3.49	0.22	8,440	11,700	12,537	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	114.6	163,016	0.552	246.5	2.41	0.16	8,440	11,700	12,869	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	115.0	163,585	0.552	246.7	4.35	0.12	8,440	11,700	11,754	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	115.1	163,727	0.558	246.2	3.40	0.27	8,440	11,700	12,549	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	115.8	164,723	0.559	246.0	3.52	0.24	8,440	11,700	13,030	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	116.0	165,007	0.562	246.6	7.94	0.20	8,440	11,700	12,062	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	117.5	167,141	0.549	246.5	3.40	0.21	8,440	11,700	12,258	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	112.8	160,455	0.549	246.5	4.19	0.15	8,440	11,700	12,785	PEMEX
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	108.5	154,339	0.558	246.5	3.94	0.43	8,440	11,700	13,555	PEMEX MAR
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	113.8	161,878	0.549	246.7	5.82	0.12	8,440	11,700	12,749	PEMEX MAR
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	114.4	162,731	0.546	246.4	6.52	0.16	8,440	11,700	12,077	PEMEX MAR
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	115.7	164,580	0.550	246.5	5.19	0.16	8,440	11,700	11,904	PEMEX MAR
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	110.2	156,757	0.547	246.5	6.10	0.16	8,440	11,700	11,947	PEMEX SUR
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	114.8	163,300	0.562	246.6	4.37	0.14	8,440	11,700	14,173	PEMEX SUR
CAS	244.5	9 5/8	13.84	0.545	TAC-140	117.5	167,141	0.549	246.5	4.92	0.22	8,440	11,700	12,258	PEMEX SUR
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	111.6	158,748	0.658	253.0	7.94	0.26	11,140	14,390	15,870	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	109.0	155,050	0.641	252.7	2.75	0.13	11,140	14,390	15,729	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	110.7	157,468	0.647	253.1	3.96	0.22	11,140	14,390	15,123	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	110.7	157,468	0.636	253.0	3.56	0.17	11,140	14,390	16,122	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	110.8	157,610	0.646	253.3	3.20	0.20	11,140	14,390	16,129	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	111.4	158,464	0.642	252.3	1.30	0.20	11,140	14,390	16,348	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	112.3	159,744	0.641	252.3	2.96	0.32	11,140	14,390	15,890	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	112.6	160,171	0.627	252.9	3.03	0.25	11,140	14,390	15,176	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	113.1	160,882	0.646	252.7	4.95	0.18	11,140	14,390	16,601	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	113.1	160,882	0.644	253.0	3.68	0.29	11,140	14,390	14,987	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	113.1	160,882	0.643	252.8	4.51	0.24	11,140	14,390	15,657	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	113.7	161,735	0.647	252.6	5.40	0.28	11,140	14,390	15,812	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	113.8	161,878	0.643	253.4	1.91	0.26	11,140	14,390	16,047	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	113.8	161,878	0.635	252.9	4.15	0.28	11,140	14,390	16,203	PEMEX
CAS	250.8	9 7/8	15.88	0.625	TAC-140	114.1	162,304	0.644	253.0	5.16	0.46	11,140	14,390	15,276	PEMEX
CAS	339.7	13 3/8	13.06	0.514	TAC-140	113.7	161,735	0.507	342.3	4.53	0.19	2,890	4,350	4,404	PEMEX

144.523

1.30
0.08
9.37
0.53

ANEXO 2

Análisis de los modelos de Issa e ISCHP,
comparados el modelo API y con datos
obtenidos de pruebas físicas, para
tubería TAC-110

Tabla III.1. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores (D, I, σ) nominales y reales sin considerar Imperfecciones, comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo API, para tubería TAC-110

Datos		Resultados Nominales				Diferencias con API		Dif. con pba. Física			Resultados reales			Diferencias con API		Dif. con pba. física			
Diámetro	Pba. Física	Dif	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	Dif	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
5	15.775	13.8122	13.470	16.311	17.050	21.09	26.58	14.61	3.40	3.08	13.2692	15.086	17.008	19.861	10.83	23.15	0.70	11.61	24
5	15.997	13.8122	13.470	16.311	17.050	21.09	26.58	16.80	1.96	4.28	13.4216	15.344	18.073	19.473	20.13	28.56	2.83	16.73	25
5	16.310	13.8122	13.470	16.311	17.050	21.09	26.58	17.45	6.04	4.49	13.3322	18.076	22.817	25.476	19.20	34.97	16.68	37.94	26
5	16.235	13.8122	13.470	16.311	17.050	21.09	26.58	17.05	0.45	5.00	13.0746	16.396	19.822	20.969	19.44	23.94	2.21	22.07	27
5	15.947	13.8122	13.470	16.311	17.050	21.09	26.58	15.47	18.25	14.62	13.2459	18.987	22.842	25.252	18.94	30.09	4.81	13.21	28
5	16.214	13.8122	13.470	16.311	17.050	21.09	26.58	16.92	0.60	5.16	13.5880	15.127	18.222	19.362	20.48	28.00	6.71	12.38	29
5	16.035	13.8122	13.470	16.311	17.050	21.09	26.58	16.03	1.72	6.33	13.6883	15.142	18.264	19.031	20.66	29.88	5.57	13.80	30
7	11.894	17.1969	8.532	11.206	13.935	31.35	63.33	28.03	5.46	17.36	16.5790	9.895	13.357	15.504	35.53	57.32	16.86	12.68	31
7	12.251	17.1969	8.532	11.206	13.935	31.35	63.33	30.36	8.53	13.75	17.0216	9.720	13.350	15.101	37.35	55.37	20.06	6.97	32
7	16.150	14.0562	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	15.32	1.99	3.88	13.4747	16.589	19.880	21.600	19.02	30.27	2.71	23.17	33
7	15.829	14.0562	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	17.68	0.00	6.99	13.8123	16.471	19.806	21.810	20.25	32.42	4.06	26.13	34
7	15.459	14.0562	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	15.71	2.39	8.52	13.5373	16.322	19.603	21.315	20.10	30.59	5.59	26.81	35
7	16.054	14.0562	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	18.24	1.40	4.50	13.4481	16.704	20.019	21.739	19.85	30.14	4.05	24.76	36
7	15.735	14.0562	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	17.19	0.60	6.62	13.8493	14.649	17.724	19.157	20.99	30.77	6.90	12.64	37
7	16.590	14.0562	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	21.49	4.62	1.88	13.5482	15.629	19.547	20.644	20.21	29.63	4.02	15.37	38
7	16.128	14.0562	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	19.21	1.85	4.62	13.7757	15.517	18.738	20.533	20.75	32.33	3.79	16.17	39
7	16.096	14.0562	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	19.04	1.65	4.24	13.7626	15.115	18.251	19.746	20.24	30.63	6.03	13.29	40
7	16.917	14.0562	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	22.79	6.21	4.59	13.3329	16.437	19.681	20.855	19.74	27.48	2.61	16.82	41
7	16.424	14.0562	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	20.66	3.62	2.15	13.7139	15.673	18.590	20.642	20.59	31.71	4.58	15.07	42
7	16.794	14.0562	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	21.99	5.24	0.44	13.4090	16.163	20.078	21.729	19.76	29.62	0.35	20.18	43
7	16.696	14.0562	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	16.77	1.11	7.15	13.4628	15.127	18.199	19.075	20.30	28.10	3.38	16.24	44
7.58	13.859	15.2520	11.079	13.794	15.854	24.15	40.40	19.95	0.61	12.39	14.9460	13.018	16.208	18.939	24.51	45.48	24.51	37.12	45
7.58	14.208	15.2520	11.079	13.794	15.854	24.15	40.40	22.01	3.17	6.50	14.7052	13.439	16.586	19.101	23.67	42.23	8.45	16.83	46
7.58	15.201	15.2520	11.079	13.794	15.854	24.15	40.40	27.12	9.52	2.32	14.8152	13.673	17.005	20.003	24.37	46.29	10.05	11.87	47
7.58	15.368	15.2520	11.079	13.794	15.854	24.15	40.40	27.91	10.50	1.21	14.7490	13.874	17.225	20.232	24.16	45.83	9.72	12.08	48
7.58	14.685	15.2520	11.079	13.794	15.854	24.15	40.40	24.36	6.34	5.92	14.5199	14.353	17.687	20.506	23.23	42.87	2.28	20.45	49
7.58	15.051	15.2520	11.079	13.794	15.854	24.15	40.40	26.55	8.62	3.12	14.3490	13.773	16.840	18.795	22.27	36.47	8.69	11.84	50
7.58	14.602	15.2520	11.079	13.794	15.854	24.15	40.40	24.13	5.81	6.52	14.4172	13.692	16.757	18.798	22.48	37.39	6.20	14.76	51
7.58	15.075	15.2520	11.079	13.794	15.854	24.15	40.40	30.02	13.12	1.75	14.4600	14.296	17.570	20.183	22.91	41.18	9.70	10.98	52
7.58	15.075	15.2520	11.079	13.794	15.854	24.15	40.40	26.51	8.76	2.18	14.7094	13.517	16.754	19.484	25.95	44.14	10.33	11.14	53
7.58	14.688	15.2520	11.079	13.794	15.854	24.15	40.40	24.42	6.17	5.12	14.7838	13.234	16.385	18.907	23.80	42.86	9.71	11.76	54
7.58	14.559	15.2520	11.079	13.794	15.854	24.15	40.40	25.91	5.53	8.84	14.6295	12.983	15.927	17.961	22.98	38.34	10.82	9.67	55
7.58	14.526	15.2520	11.079	13.794	15.854	24.15	40.40	25.73	5.31	7.08	14.8947	13.316	16.579	19.452	24.50	46.08	8.33	14.15	56
7.58	7.997	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	33.79	3.24	2.56	20.4407	5.364	6.715	8.043	62.53	69.93	6.92	0.00	0
9.58	8.400	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	37.01	1.78	2.33	19.9797	5.779	6.994	8.168	57.48	58.75	31.30	8.18	9
9.58	8.349	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	36.58	1.11	3.03	19.5522	6.345	6.105	6.223	54.43	23.96	21.07	1.00	10
9.58	8.461	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	37.42	2.42	1.66	19.4518	6.409	6.382	6.963	59.75	53.30	23.19	22.71	11
9.58	8.015	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	33.94	3.01	7.32	20.3330	5.522	6.732	6.682	58.14	57.24	31.11	8.95	12
9.58	8.396	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	36.94	1.69	2.48	20.0926	5.908	6.484	6.900	60.53	62.49	26.64	12.95	13
9.58	8.044	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	34.18	2.64	6.93	20.6670	5.379	6.787	6.011	63.38	48.94	33.13	9.24	14
9.58	8.064	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	34.60	2.13	6.41	20.5708	5.631	6.202	6.574	63.43	46.73	30.36	13.83	15
9.58	8.456	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	37.59	2.36	1.72	20.5692	5.391	6.586	6.377	62.53	49.63	33.88	7.46	16
9.58	8.530	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	37.53	3.21	0.84	20.1714	5.806	6.295	6.900	60.09	63.29	31.04	8.95	17
9.58	8.410	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	37.04	1.83	2.28	19.9307	6.056	6.177	6.258	60.64	62.53	27.68	15.84	18
9.58	11.505	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	30.32	7.43	16.96	17.4891	9.015	12.745	13.879	41.25	53.95	21.64	10.78	19
9.58	10.938	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	27.32	2.62	23.04	17.4232	9.035	12.629	14.041	39.77	55.40	17.88	15.48	20
9.58	10.593	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	24.97	0.54	27.02	17.5632	8.568	11.803	13.094	37.76	59.63	19.11	11.43	21
9.58	11.582	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	31.38	6.05	10.18	17.6235	8.866	11.015	13.540	39.11	58.12	28.02	2.81	22
9.58	11.137	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	28.13	4.17	20.82	16.3090	7.607	11.068	11.907	45.48	56.82	11.89	6.82	23
9.58	11.751	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	32.36	9.37	14.51	17.2954	9.355	11.071	14.367	48.04	63.93	20.57	11.25	24
9.58	11.962	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	37.58	14.97	12.48	17.3715	9.165	12.833	14.171	60.02	64.62	23.38	7.28	25
9.58	11.727	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	32.22	9.19	14.74	17.3635	8.667	12.447	14.141	58.35	57.17	25.28	6.14	26
9.58	11.443	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	30.54	6.93	17.69	17.1916	8.522	12.046	13.269	41.34	55.97	23.52	5.27	27
9.58	10.833	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	28.63	1.66	24.21	17.3454	9.222	12.913	14.236	40.02	54.30	14.87	16.20	28
9.58	11.907	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	33.25	16.56	13.01	17.9039	8.762	12.268	13.693	56.28	60.42	3.03	1.00	29
9.58	11.464	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	30.67	7.16	17.37	17.4432	8.876	12.369	13.891	56.81	62.58	3.79	2.00	30
9.58	10.867	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	28.96	2.90	23.82	17.0801	6.072	11.401	12.754	41.24	58.01	22.56	4.35	31
9.58	10.857	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	28.79	1.91	21.84	17.9698	8.150	11.612	12.751	42.52	56.48			

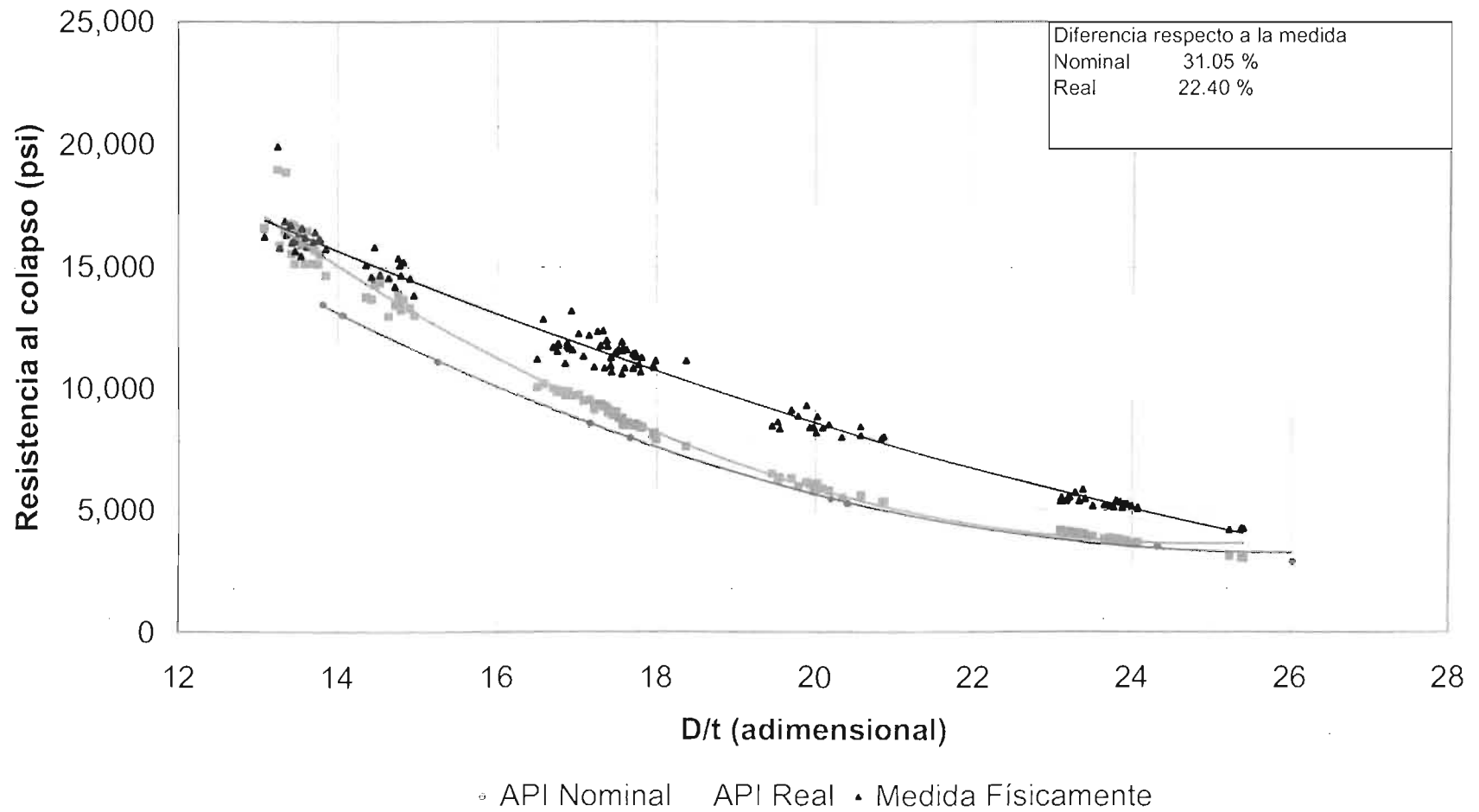
Tabla III.1. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores (D, t, σ) nominales y reales sin considerar imperfecciones, comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo API, para tubería TAC-110

Diámetro	Datos		Resultados Nominales				Diferencias con API		Dif. con pba. Física			Resultados reales				Diferencias con API		Dif. con pba. física		
	Pba. Física	Dft	API	Issa	ISPCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	Dft	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	
9.50	10.843	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	28.70	1.78	24.10	17.5972	8.465	11.631	13.612	37.40	60.60	21.93	7.26	28	
9.50	10.875	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	28.55	0.24	26.06	17.7082	8.368	11.795	13.138	40.95	57.00	21.81	10.49	28	
9.50	11.075	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	31.92	8.76	13.25	17.5824	8.000	11.012	13.047	36.52	56.70	26.34	2.03	31	
9.50	10.910	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	27.15	2.36	23.33	17.9535	8.077	11.381	12.787	40.91	58.32	25.57	4.32	31	
9.50	10.666	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	25.48	0.15	26.16	17.4340	8.870	12.263	14.013	38.13	57.98	16.84	14.88	31	
9.50	11.302	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	29.68	3.77	19.06	17.7496	8.481	11.979	13.260	41.25	56.24	24.96	5.99	31	
9.50	12.378	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	35.79	13.96	8.71	17.3257	9.262	12.939	14.289	39.89	54.44	26.26	4.03	31	
9.50	12.187	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	34.78	12.01	10.41	17.1621	9.488	13.097	14.745	38.07	55.46	22.17	7.46	31	
9.50	12.346	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	35.62	13.74	8.99	17.2590	9.323	12.954	14.462	38.94	55.12	24.48	4.92	31	
9.50	11.039	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	28.00	1.53	21.89	16.8924	8.670	12.938	15.589	33.60	61.13	12.41	17.20	31	
9.50	11.733	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	32.26	9.25	14.68	16.6812	9.747	13.138	15.497	34.70	58.00	16.92	11.97	31	
9.50	12.897	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	38.18	17.17	4.66	16.5772	10.194	13.824	16.404	32.67	60.92	20.71	6.19	31	
9.50	11.319	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	29.78	5.91	18.68	17.0798	9.499	12.889	14.941	36.26	57.09	16.43	13.87	31	
9.50	11.524	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	31.03	7.69	16.76	16.7614	9.819	12.075	15.676	33.16	61.68	14.79	13.46	31	
9.50	11.272	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	29.49	5.52	19.37	17.4262	9.956	12.440	14.033	39.00	56.09	20.54	10.36	31	
9.50	11.701	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	32.07	8.98	15.00	16.7904	9.960	13.298	16.028	33.27	60.92	14.88	13.89	31	
9.50	11.584	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	31.79	8.06	18.18	17.5172	8.763	12.169	13.807	38.87	57.56	24.16	5.06	31	
9.50	11.851	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	32.93	10.14	13.64	16.7690	9.631	13.117	15.836	33.43	61.08	17.05	10.69	31	
9.50	11.801	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	32.65	8.75	14.02	16.2961	9.844	13.130	15.892	33.37	61.13	16.58	11.26	31	
9.50	11.801	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	32.65	8.75	14.02	16.7568	9.843	13.129	15.890	33.38	61.13	16.59	11.25	31	
9.50	11.787	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	32.57	8.65	14.16	16.7684	9.849	13.254	15.826	33.90	59.68	16.62	12.44	31	
9.50	11.640	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	31.72	8.51	15.60	16.9010	9.678	13.252	15.441	34.85	59.54	18.85	11.96	31	
9.50	11.574	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	31.30	8.02	16.21	16.9422	9.665	13.085	15.324	39.21	58.71	16.61	12.74	31	
9.50	13.200	17.6624	7.948	10.650	13.456	33.99	69.30	39.79	19.32	1.94	16.9291	9.689	13.302	16.361	35.22	58.53	26.80	0.74	31	
11.34	8.649	24.0327	3.604	6.148	5.175	70.80	43.63	38.38	5.11	11.52	23.3740	4.007	7.286	5.689	82.07	40.72	31.49	24.74	3	
11.34	8.872	20.1924	5.469	8.401	8.871	83.75	62.30	39.39	4.28	9.01	19.7831	5.988	9.449	9.776	67.88	32.51	4.95	6	3	
11.34	8.644	20.1924	5.469	8.404	8.871	83.75	62.30	38.77	2.76	2.63	19.5289	6.234	9.702	9.844	65.63	67.91	27.88	12.24	3	
11.34	8.303	20.4021	5.268	8.251	8.891	86.03	62.47	35.54	0.96	4.73	20.0115	5.868	9.317	9.120	58.87	55.50	28.51	13.58	3	
11.34	8.958	20.4021	5.268	8.281	8.891	86.03	62.47	40.30	6.86	3.01	20.0201	6.109	9.954	9.102	62.93	48.98	31.03	12.37	3	
11.34	9.127	20.4021	5.268	8.251	8.891	86.03	62.47	42.06	9.60	5.87	19.8960	6.305	10.130	9.581	60.65	30.92	10.98	4	3	
11.34	9.296	20.4021	5.268	8.281	8.891	86.03	62.47	41.13	11.26	7.60	19.8867	6.151	9.919	9.297	61.27	51.15	33.85	4.89	3	
11.34	4.252	26.0195	2.862	4.051	4.322	84.68	40.57	32.22	26.17	4.72	25.4034	1.037	6.489	4.362	112.97	43.80	26.57	62.13	2	
11.34	4.211	26.0195	2.862	4.051	4.322	84.68	40.57	31.56	26.89	3.80	25.2256	1.104	6.425	4.457	108.99	43.60	26.29	52.57	2	
11.34	4.264	26.0195	2.862	4.051	4.322	84.68	40.57	32.41	24.62	4.99	25.3747	1.048	6.374	4.377	109.13	43.60	29.52	49.48	2	
13.38	5.271	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	33.72	14.19	5.31	23.9304	3.722	6.719	5.244	80.82	40.90	29.39	27.46	0	
13.38	6.139	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	31.75	17.59	2.50	23.8733	3.679	7.200	5.283	88.71	41.60	29.13	40.88	3	
13.38	5.423	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	35.88	10.99	7.96	23.7980	3.796	7.057	5.335	88.91	40.54	30.01	30.12	1	
13.38	5.473	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	36.14	10.01	8.77	23.3988	3.999	7.420	5.620	85.56	40.54	26.91	35.62	2	
13.38	5.187	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	32.77	16.81	3.96	23.9863	3.626	7.123	5.208	96.47	41.60	30.24	37.07	0	
13.38	5.133	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	31.94	17.20	2.76	23.7612	3.733	7.106	5.380	91.94	41.60	27.28	39.58	4	
13.38	5.585	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	37.11	8.35	10.15	23.2053	4.089	7.474	5.767	82.36	40.69	28.21	34.55	3	
13.38	5.739	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	33.31	14.88	4.73	23.6483	3.788	7.341	5.435	93.78	43.60	27.70	40.11	3	
13.38	5.185	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	32.62	16.28	3.74	23.9004	3.911	6.871	5.546	75.70	41.81	24.58	32.52	6	
13.38	5.170	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	32.83	16.94	5.61	23.7193	3.755	7.184	5.391	91.34	43.60	27.49	38.74	4	
13.38	5.737	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	35.10	4.01	13.00	23.2747	4.066	7.583	5.714	84.98	40.57	29.15	30.79	0	
13.38	5.381	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	35.07	17.65	7.24	23.0831	4.134	7.267	6.084	76.80	41.74	23.17	39.60	9	
13.38	5.520	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	36.76	9.92	9.98	23.1884	4.166	7.546	5.780	81.37	40.79	25.71	34.75	4	
13.38	5.289	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	35.29	11.48	7.65	23.1697	4.108	7.337	5.795	79.70	41.14	23.99	35.90	9	
13.38	5.378	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	35.04	11.97	7.19	23.3289	4.038	7.384	5.675	83.62	40.54	24.92	39.35	5	
13.38	5.523	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	36.74	8.88	9.63	23.1941	4.145	7.436	5.685	79.59	41.03	24.96	34.82	9	
13.38	5.253	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	33.49	14.88	4.88	23.8913	3.670	7.059	5.270	82.90	43.60	30.13	34.36	0	
13.38	5.181	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	32.57	16.17	3.66	23.7248	3.631	7.081	5.389	84.81	40.56	26.05	36.66	3	
13.38	6.070	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	31.21	18.50	1.73	24.0695	3.661	6.965	5.152	82.06	40.73	27.93	31.22	4	
13.38	6.153	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	34.75	12.41	8.76	23.8459	3.771	7.019	6.299	86.14	40.54	29.96	31.12	4	
13.38	6.126	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	31.83	17.43	2.01	24.0658	3.991	7.036	5.163	85.17	43.60	26.97	37.03	0	

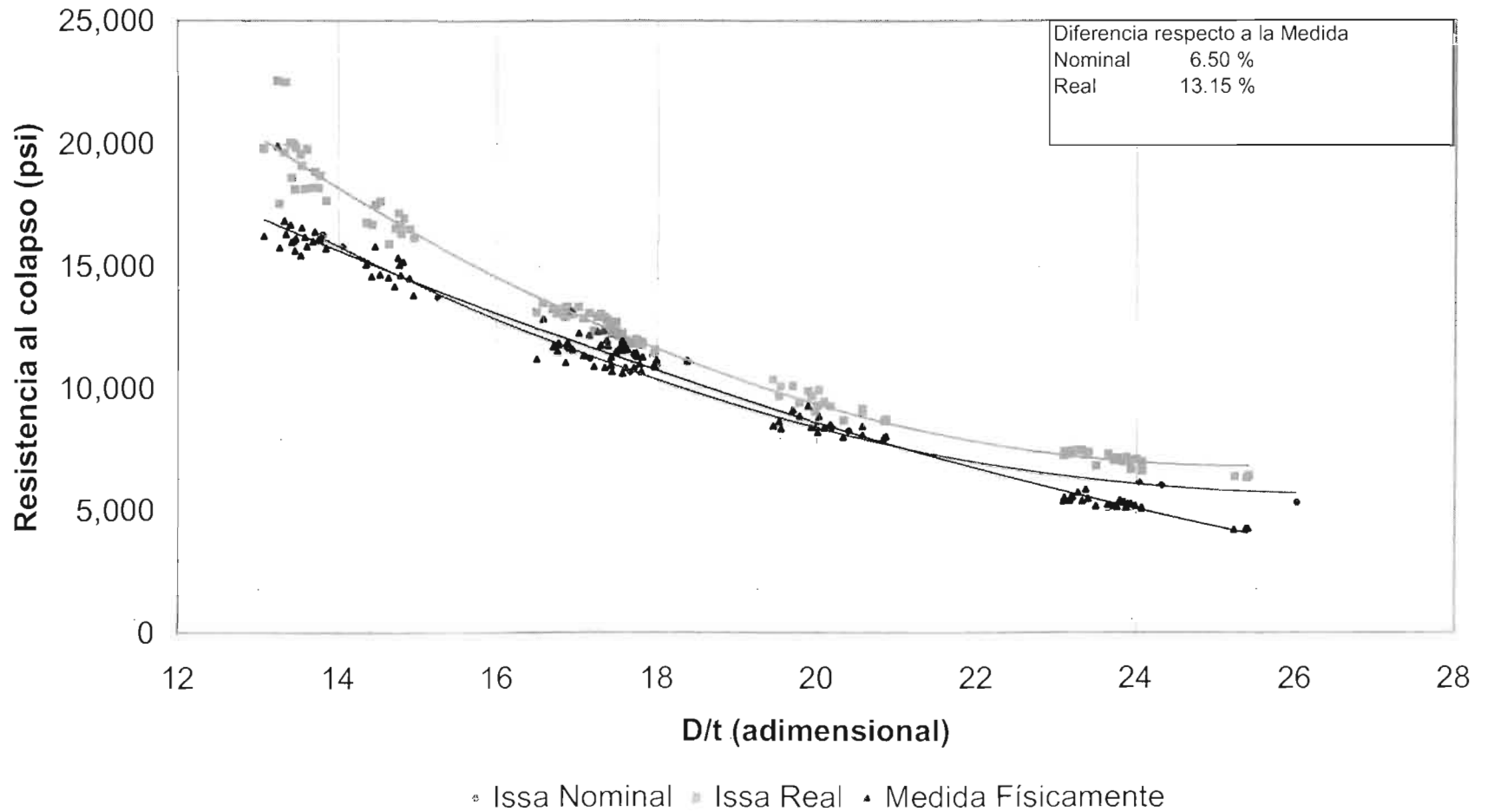
	8	7	7.98	9.50	11.34	13.38
Promedio	33.99	56.20	37.05	6.50	8.35	19.68

	3.25	5.02	6.95	7.94	8.99	9.99	11.04	13.38
Promedio	33.20	49.63	22.40	13.15	19.68			

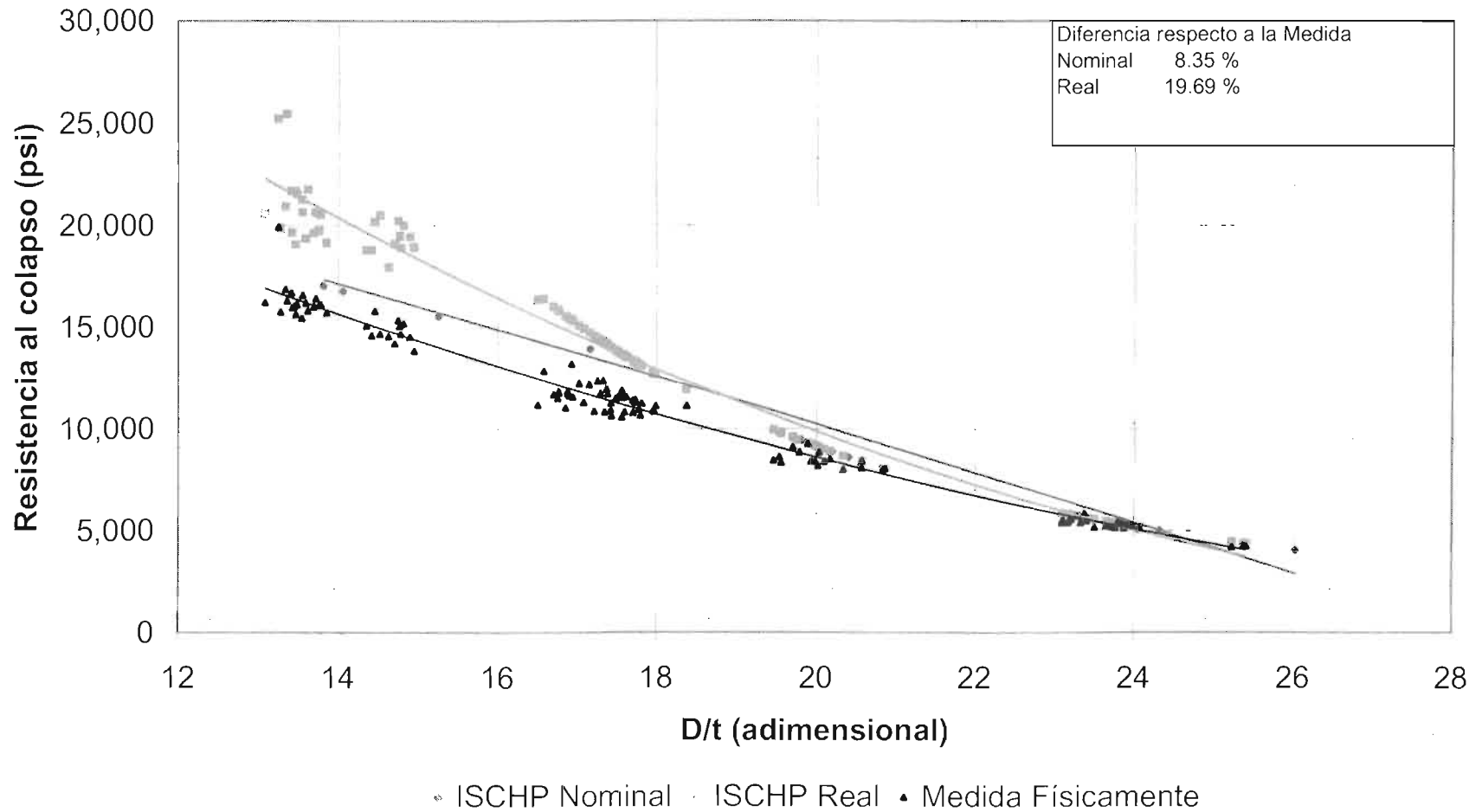
Gráfica III.1. Comparativo del modelo API con datos nominales y reales (D, t, σ) respecto a los datos medidos físicamente
Tubería TAC-110



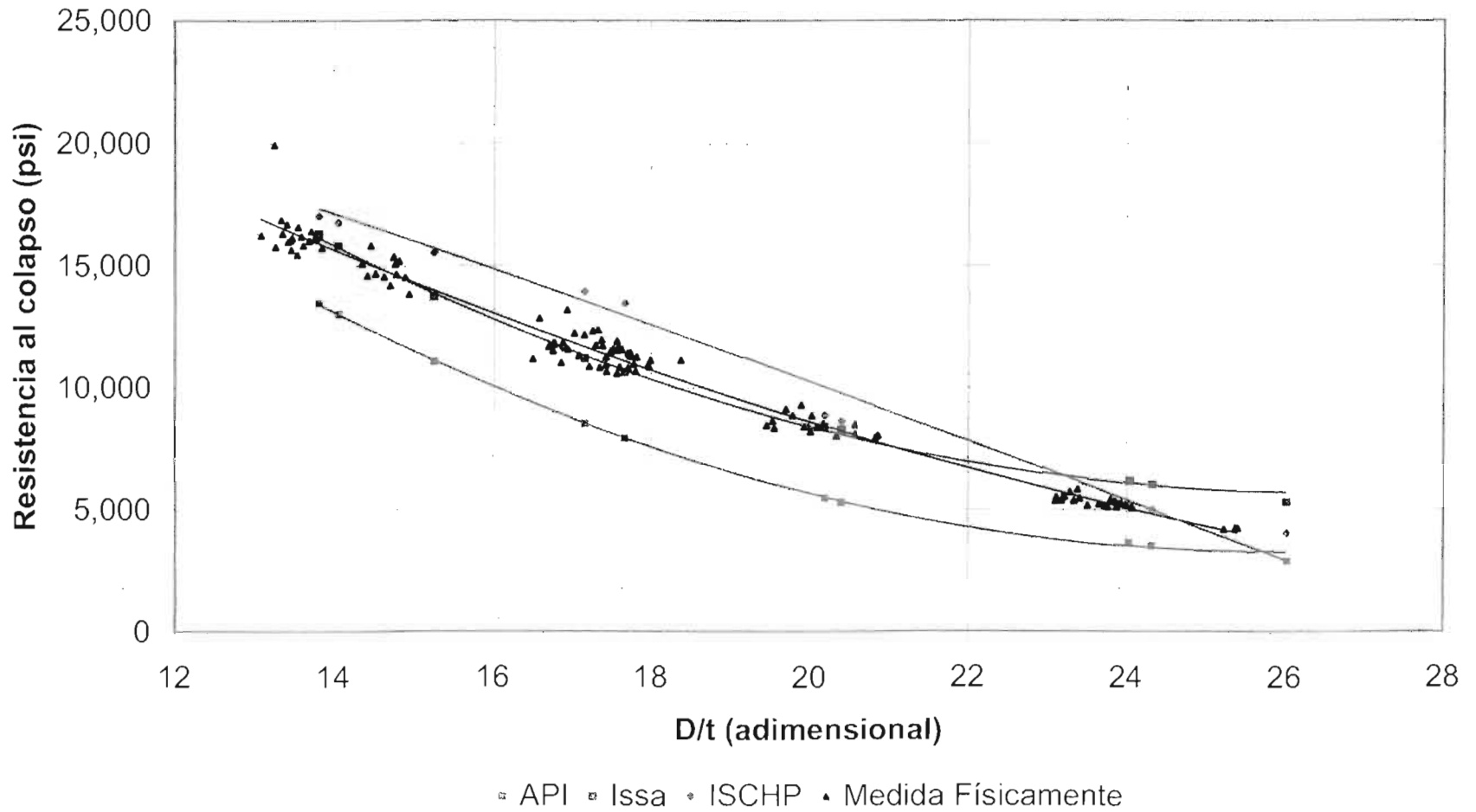
Gráfica III.2. Comparativo del modelo de Issa con datos nominales y reales (D , t , σ) respecto a los datos medidos físicamente, sin considerar imperfecciones
Tubería TAC-110



Gráfica III.3. Comparativo del modelo de ISCHP con datos nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente, sin considerar imperfecciones (D, t, σ)
Tubería TAC-110



Gráfica III.4. Comparativo de los modelos API, ISSA e ISCHP con datos nominales (D, t, σ) y datos medidos físicamente sin considerar imperfecciones
Tubería TAC-110



Gráfica III.5. Comparativo de los modelos API, ISSA e ISCHP con datos reales (D, t, σ) y datos medidos físicamente
Tubería TAC-110

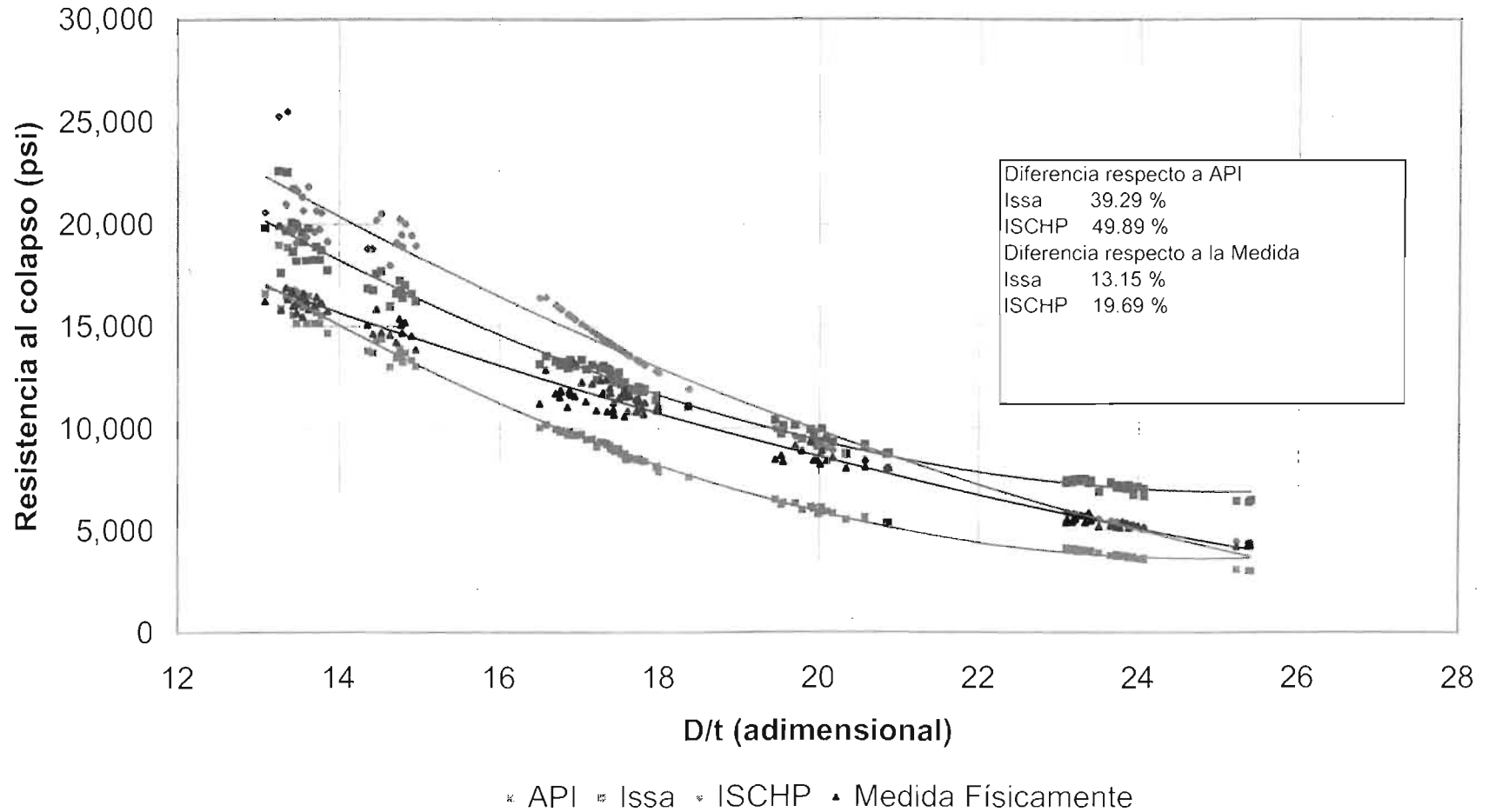


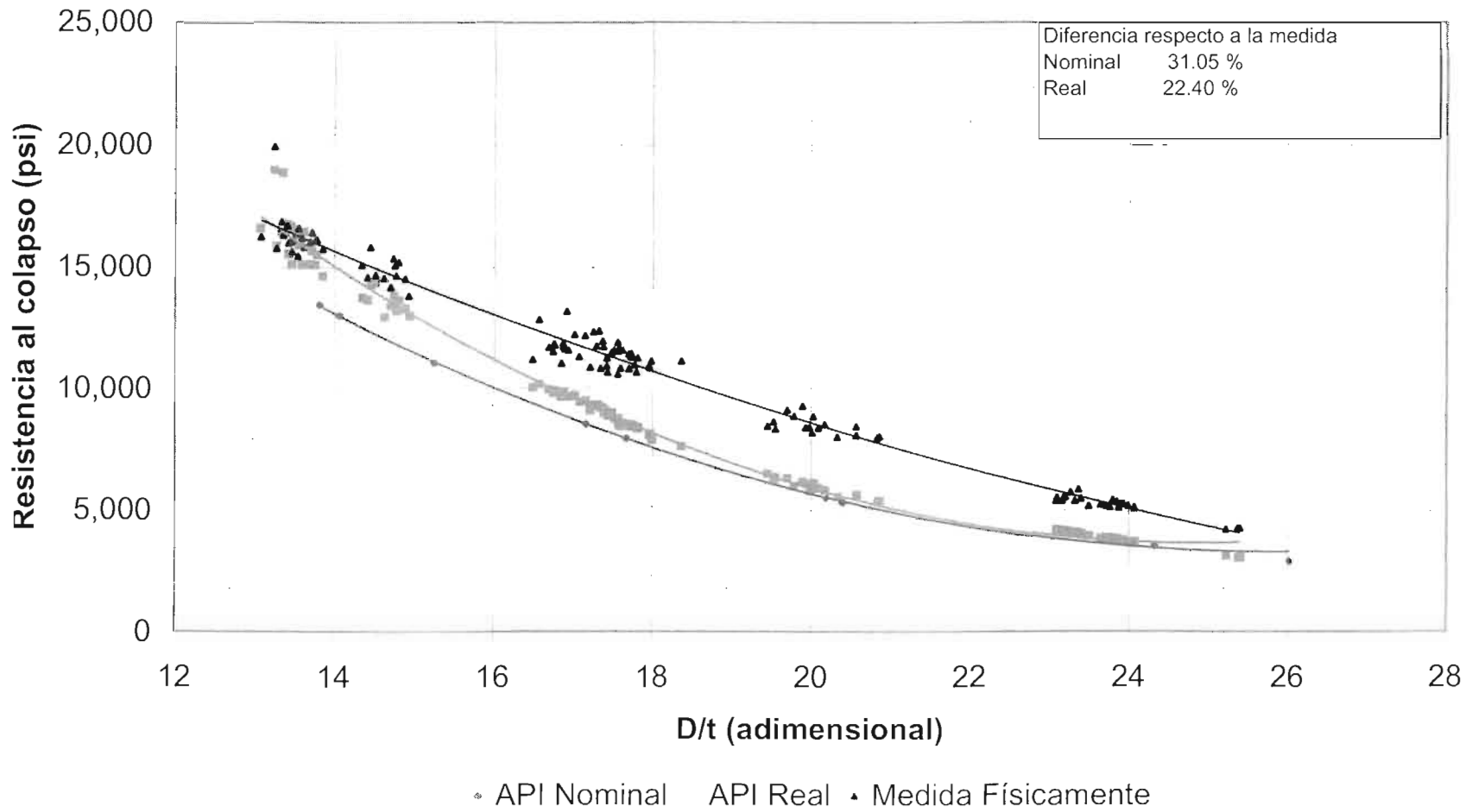
Tabla III.2. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores nominales y reales considerando ovalidad (D, t, σ , o), comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo API, para tubería TAC-110

Datos			Resultados Nominales				Diferencias con API		Dif. con pba. física			Resultados reales				Diferencias con API		Dif. con pba. física		
Dámetro	Pba. Física	% Ovalidad	DI	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	DI	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
3	15.775	0.58	13.8122	13.470	13.434	13.555	0.26	14.02	14.61	14.84	2.84	13.3922	15.008	15.721	17.853	1.16	12.38	0.70	0.67	
5	15.907	0.47	13.8122	13.470	16.311	17.092	21.09	26.58	16.50	1.96	6.56	13.4216	15.544	15.410	17.785	18.44	14.42	2.85	15.08	
5	16.318	0.29	13.8122	13.470	16.311	17.090	21.09	26.58	0.04	4.40	13.3522	18.276	23.315	22.970	23.52	21.69	16.66	42.88		
5	16.298	0.53	13.8122	13.470	16.311	17.090	21.09	26.58	17.05	0.45	5.00	13.0748	16.908	19.192	18.504	15.64	11.49	2.21	18.19	
5	19.947	0.42	13.8122	13.470	16.311	17.090	21.09	26.58	32.47	18.23	14.52	13.2456	18.987	22.935	22.256	20.63	17.22	4.61	14.82	
5	18.214	0.31	13.8122	13.470	16.311	17.090	21.09	26.58	16.82	0.69	5.16	13.5680	15.127	17.968	19.035	18.88	10.23	6.71	10.21	
5	16.935	0.89	13.8122	13.470	16.311	17.090	21.09	26.58	16.00	1.72	6.33	13.0883	18.142	18.588	16.394	9.35	8.07	8.57	3.29	
7	11.854	0.21	17.1569	8.532	11.208	15.036	31.35	25.03	25.03	5.46	17.56	16.8700	8.855	13.157	13.051	33.31	41.56	16.86	10.69	
7	12.251	0.18	17.1569	8.532	11.208	15.036	31.35	25.03	30.36	8.53	13.75	17.0216	9.720	13.375	13.795	37.58	41.93	20.60	9.14	
7	16.180	0.30	14.0582	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	19.32	1.98	3.68	13.4747	16.588	19.780	19.070	19.24	20.39	2.71	22.48	
7	15.829	0.30	14.0582	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	17.66	0.00	5.90	13.6123	16.471	19.490	20.089	18.33	21.84	4.06	23.13	
7	15.458	0.28	14.0582	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	15.71	2.39	6.52	13.5373	16.322	19.330	19.808	18.43	21.36	5.58	25.04	
7	16.054	0.36	14.0582	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	18.84	1.40	4.50	13.4481	16.704	20.401	19.755	22.67	18.26	4.05	27.64	
7	15.735	0.32	14.0582	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	17.19	0.60	6.62	13.8493	16.649	19.486	17.327	33.03	18.28	6.90	23.85	
7	16.960	0.52	14.0582	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	21.29	4.62	1.99	13.9482	15.929	20.397	18.151	28.05	13.95	4.02	22.90	
7	16.128	0.15	14.0582	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	19.21	1.85	4.02	13.7787	15.517	19.899	19.684	27.92	28.56	3.79	23.14	
7	16.095	0.24	14.0582	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	18.04	1.65	4.74	13.7826	15.118	17.824	18.898	17.92	23.04	6.09	10.74	
7	16.877	0.35	14.0582	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	22.79	6.21	0.93	13.3329	16.437	19.675	19.269	20.91	17.22	2.61	17.76	
7	16.434	0.22	14.0582	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	20.66	3.62	2.15	13.7130	15.672	19.840	19.291	26.59	21.09	4.58	20.80	
7	16.754	0.15	14.0582	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	21.99	5.24	0.44	13.4090	16.763	20.369	20.783	21.09	23.08	0.76	22.12	
7	16.856	0.30	14.0582	13.030	15.829	16.777	21.48	28.75	16.77	1.11	7.16	13.4626	15.127	17.399	17.939	15.00	18.59	3.38	11.12	
7.50	13.839	0.33	15.2520	11.079	13.754	15.554	24.15	40.40	19.95	0.61	12.50	14.0400	13.018	15.704	16.790	20.63	28.08	5.93	13.47	
7.50	14.205	0.14	15.2520	11.079	13.754	15.554	24.15	40.40	22.01	3.17	9.50	14.7052	13.430	17.025	17.953	26.78	33.68	5.45	19.86	
7.50	15.201	0.22	15.2520	11.079	13.754	15.554	24.15	40.40	27.12	0.82	2.32	14.8182	13.679	17.046	18.112	24.67	32.46	10.05	12.14	
7.50	15.368	0.41	15.2520	11.079	13.754	15.554	24.15	40.40	27.91	10.50	1.21	14.7400	13.874	17.276	17.340	24.52	24.98	0.72	12.41	
7.50	14.685	0.48	15.2520	11.079	13.754	15.554	24.15	40.40	24.36	0.34	5.92	14.9100	14.253	16.777	17.578	16.88	22.47	2.26	14.25	
7.50	15.084	0.24	15.2520	11.079	13.754	15.554	24.15	40.40	26.58	8.02	3.12	14.3480	13.773	17.028	17.444	23.63	26.60	8.69	12.89	
7.50	14.802	0.29	15.2520	11.079	13.754	15.554	24.15	40.40	24.13	5.81	6.52	14.4172	13.882	16.773	17.207	22.00	25.77	6.30	18.67	
7.50	16.832	0.24	15.2520	11.079	13.754	15.554	24.15	40.40	30.02	13.12	1.75	14.4600	14.296	17.902	18.424	24.53	28.89	9.70	12.44	
7.50	15.075	0.34	15.2520	11.079	13.754	15.554	24.15	40.40	26.51	8.78	3.18	14.7684	13.517	16.249	17.268	20.21	27.75	10.33	7.79	
7.50	14.698	0.26	15.2520	11.079	13.754	15.554	24.15	40.40	24.42	6.17	6.12	14.7698	13.234	16.012	17.537	20.89	30.24	9.71	8.24	
7.50	14.559	0.27	15.2520	11.079	13.754	15.554	24.15	40.40	23.91	5.93	6.84	14.6295	12.985	16.018	16.818	23.38	27.23	10.02		
7.50	14.526	0.19	15.2520	11.079	13.754	15.554	24.15	40.40	23.73	5.31	7.08	14.8947	13.316	16.284	17.917	21.09	34.55	8.33	11.63	
8.50	7.997	0.26	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	33.79	3.24	7.96	20.6407	3.264	6.601	7.568	60.34	41.09	32.92	7.95	
8.50	8.408	0.48	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	37.01	1.78	2.33	19.9797	5.775	8.410	8.200	45.63	41.69	31.30	0.05	
8.50	8.348	0.49	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	35.94	1.11	3.03	19.5522	6.348	9.697	8.748	40.99	37.80	23.86	13.73	
8.50	8.461	0.28	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	37.42	2.42	1.66	19.4518	6.499	10.493	9.234	61.45	42.39	23.19	24.01	
8.50	8.015	0.22	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	33.04	3.01	7.32	20.3330	5.522	8.474	8.182	33.48	48.18	31.11	5.72	
8.50	8.396	0.24	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	36.94	1.66	2.48	20.0626	5.926	9.925	8.518	52.78	44.10	29.64	7.48	
8.50	8.044	0.14	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	34.18	2.04	6.93	20.8670	5.379	9.120	7.707	69.95	43.27	33.15	13.36	
8.50	8.094	0.30	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	34.80	2.74	6.41	20.6709	5.631	9.089	7.825	61.42	38.97	30.35	12.43	
8.50	8.456	0.06	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	37.39	2.36	1.72	20.9992	5.861	9.467	8.218	69.33	48.99	33.86	11.95	
8.50	8.530	0.27	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	37.63	3.21	0.84	20.1714	5.806	9.036	8.328	58.62	43.44	31.94	5.92	
8.50	8.410	0.53	20.3940	5.295	8.256	8.602	55.94	62.46	37.54	1.81	2.26	19.9307	6.056	9.186	8.561	51.88	41.38	27.88	9.57	
8.50	11.505	0.05	17.6624	7.948	10.650	13.436	33.99	69.30	30.92	7.43	16.84	17.4881	9.015	13.224	13.421	48.09	48.87	21.64	14.94	
8.50	10.590	0.27	17.6624	7.948	10.650	13.436	33.99	69.30	27.32	2.02	23.04	17.4732	9.038	12.214	13.081	35.70	40.13	17.36	11.69	
8.50	10.543	0.20	17.6624	7.948	10.650	13.436	33.99	69.30	24.97	0.54	27.02	17.9632	8.568	11.807	12.425	34.30	45.02	19.11	8.63	
8.50	11.882	0.27	17.6624	7.948	10.650	13.436	33.99	69.30	31.38	8.05	16.18	17.6238	8.568	11.352	12.149	32.84	41.79	30.02	1.72	
8.50	11.137	0.23	17.6624	7.948	10.650	13.436	33.99	69.30	28.63	4.37	20.82	18.9380	7.607	10.732	10.980	41.06	44.54	31.09	3.63	
8.50	11.751	0.25	17.6624	7.948	10.650	13.436	33.99	69.30	32.36	9.37	14.91	17.9554	9.333	12.756	13.148	36.68	40.85	20.57	6.56	
8.50	11.982	0.48	17.6624	7.948	10.650	13.436	33.99	69.30	38.86	10.97	12.89	17.3733	9.165	11.768	12.271	28.17	33.89	23.36	1.66	
8.50	11.727	0.26	17.6624	7.948	10.650	13.436	33.99	69.30	33.22	9.19	14.74	17.9355	8.997	11.968	12.700	33.02	41.18	23.28	2.00	
8.50	11.443	0.18	17.6624	7.948	10.650	13.436	33.99	69.30	30.64	6.93	17.80	17.7316	8.522	11.886	12.499	39.49	46.27	25.52	3.86	
8.50	10.832	0.31	17.6624	7.948	10.650	13.436	33.99	69.30	28.63	1.65	24.21	17.3434	9.222	12.603	12.764	36.60	37.76	14.87	16.33	
8.50	11.907	0.49	17.6624	7.948	10.650	13.436	33.99	69.30	33.28	10.59	13.01	17.9639	8.792	11.354	11.870	29.59	33.20	26.42	4.64	
8.50	11.464	0.30	17.6624	7.948	10.650	13.436	33.99	69.30	30.67	7.10	17.37	17.8532	8.878	12.031	12.355	35.56	38.21	25.72	4.98	
8.50	10.807	0.07	17.6624	7.948	10.650															

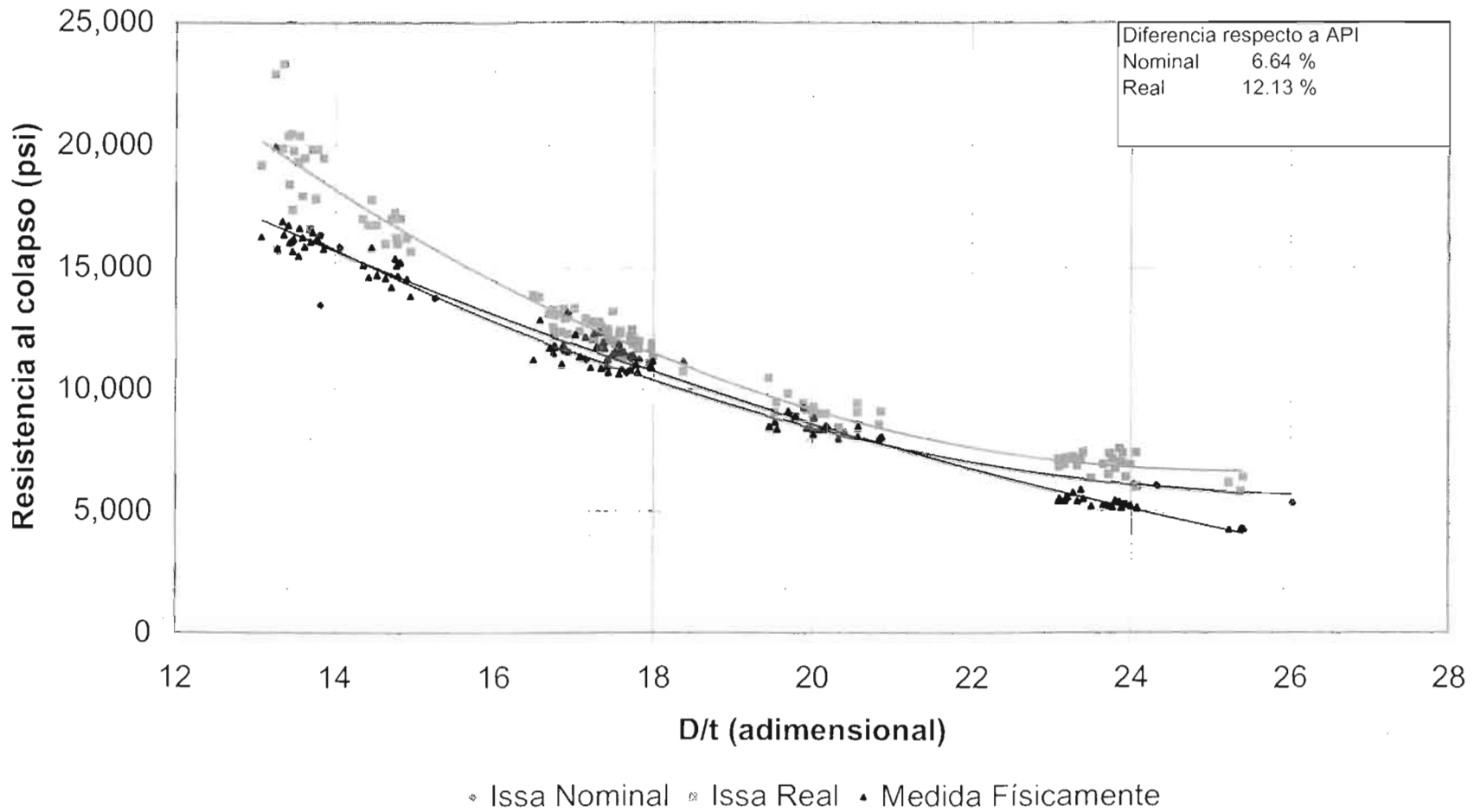
Tabla III.2. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores nominales y reales considerando ovalidad (D, t, σ , ρ), comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo API.

Datos			Resultados Nominales					Diferencias con API			Dif. con pba. física			Resultados reales					Diferencias con API			Dif. con pba. física		
Díametro	Pba. Física	% Ovalidad	D/t	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	D/t	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	
9.50	11.302	0.07	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	29.68	5.77	10.06	17.7408	8.481	12.938	12.752	42.83	80.37	21.66	6.05	21.66	6.05	21.66	6.05	
9.50	12.378	0.34	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	35.79	13.06	8.71	17.3287	9.262	12.808	13.420	38.44	48.18	75.26	3.48	75.26	3.48	75.26	3.48	
9.50	12.157	0.31	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	34.78	12.01	15.41	17.1521	9.493	12.995	13.017	36.69	37.23	22.17	6.32	22.17	6.32	22.17	6.32	
9.50	12.346	0.49	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	35.62	13.74	8.39	17.2890	9.323	12.900	12.289	29.68	31.92	24.48	2.07	24.48	2.07	24.48	2.07	
9.50	11.039	0.41	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	28.00	3.53	21.89	16.8224	9.070	12.395	12.985	28.18	12.985	12.41	12.28	12.41	12.28	12.41	12.28	
9.50	11.733	0.18	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	32.26	9.23	14.08	16.9512	9.747	13.341	13.914	36.87	42.75	16.92	13.70	16.92	13.70	16.92	13.70	
9.50	12.867	0.12	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	38.18	17.17	4.66	16.6772	10.194	13.836	14.632	36.73	45.50	20.71	7.61	20.71	7.61	20.71	7.61	
9.50	11.319	0.28	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	29.78	5.91	18.88	17.0798	9.489	12.423	13.190	31.33	39.51	16.43	9.75	16.43	9.75	16.43	9.75	
9.50	11.624	0.53	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	31.03	7.89	28.10	16.7514	9.819	12.681	13.440	28.13	36.88	14.79	9.18	14.79	9.18	14.79	9.18	
9.50	11.272	0.20	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	29.45	9.62	19.37	17.4262	9.936	12.513	12.792	39.71	42.83	20.54	11.91	20.54	11.91	20.54	11.91	
9.50	11.701	-0.19	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	-32.07	8.96	15.00	16.7004	9.969	13.133	14.216	31.68	42.72	14.88	12.24	14.88	12.24	14.88	12.24	
9.50	11.984	0.23	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	31.39	8.06	18.16	17.5172	8.703	11.906	12.490	35.45	42.60	24.35	2.77	24.35	2.77	24.35	2.77	
9.50	11.951	0.43	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	32.93	10.14	13.94	16.7650	9.851	12.239	13.119	24.49	53.45	17.05	3.27	17.05	3.27	17.05	3.27	
9.50	11.631	0.18	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	32.65	9.75	14.02	16.7861	9.844	13.279	14.067	34.85	42.80	16.58	12.49	16.58	12.49	16.58	12.49	
9.50	11.787	0.37	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	32.65	9.75	14.02	16.7861	9.843	13.274	14.066	34.86	42.90	16.59	12.48	16.59	12.48	16.59	12.48	
9.50	11.640	0.28	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	31.72	6.51	15.60	16.9010	9.678	12.947	13.411	33.77	38.56	16.85	11.22	16.85	11.22	16.85	11.22	
9.50	11.579	0.31	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	31.36	8.02	15.21	16.8422	9.655	13.036	13.240	33.01	37.13	16.61	12.58	16.61	12.58	16.61	12.58	
9.50	13.200	0.54	17.6624	7.945	10.650	13.456	33.99	69.30	39.79	19.32	1.94	16.9291	9.009	12.307	12.359	27.02	29.62	26.60	6.77	26.60	6.77	26.60	6.77	
11.34	9.849	0.20	24.0327	3.604	6.148	5.175	70.50	43.80	38.38	-5.11	11.82	23.3749	4.007	7.165	5.440	78.80	35.75	31.49	23.50	35.75	31.49	23.50	35.75	
11.34	8.872	0.24	20.1924	5.466	8.404	8.871	53.75	62.30	38.90	6.28	9.01	19.7831	5.988	8.805	8.894	46.05	48.53	32.51	6.07	32.51	6.07	32.51	6.07	
11.34	8.644	0.28	20.1924	5.466	8.404	8.871	53.75	62.30	36.77	2.78	2.63	19.5269	6.234	9.077	9.145	45.60	46.69	27.88	5.01	27.88	5.01	27.88	5.01	
11.78	9.203	0.23	20.4021	5.288	8.251	8.591	56.03	62.47	55.94	6.68	4.73	20.0119	5.865	8.948	8.603	52.97	46.70	28.91	9.08	28.91	9.08	28.91	9.08	
11.78	8.958	0.34	20.4021	5.288	8.251	8.591	56.03	62.47	40.35	6.80	-3.01	20.0261	6.109	9.311	8.475	52.40	38.73	31.03	-5.11	31.03	-5.11	31.03	-5.11	
11.78	9.127	0.20	20.4021	5.288	8.251	8.591	56.03	62.47	42.68	9.60	5.87	19.6880	6.925	9.851	9.123	56.23	44.69	35.92	7.03	35.92	7.03	35.92	7.03	
11.78	9.296	0.22	20.4021	5.288	8.251	8.591	56.03	62.47	43.13	11.29	7.63	19.8897	6.151	9.449	8.844	53.61	43.78	33.55	1.62	33.55	1.62	33.55	1.62	
13.38	4.252	0.11	26.0193	2.882	5.322	4.051	84.68	45.57	32.22	28.17	-4.72	25.4034	3.037	6.418	4.292	111.30	40.98	28.57	60.94	28.57	60.94	28.57	60.94	
13.38	4.211	0.23	26.0193	2.882	5.322	4.051	84.68	45.57	31.56	26.39	3.80	25.2267	3.104	6.193	4.301	99.52	38.57	35.29	47.08	35.29	47.08	35.29	47.08	
13.38	4.264	0.30	26.0193	2.882	5.322	4.051	84.68	45.57	32.41	24.82	4.99	25.3747	3.048	6.893	4.167	92.03	36.89	28.62	37.27	28.62	37.27	28.62	37.27	
13.38	5.271	0.22	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	33.72	14.19	9.31	23.9304	3.722	6.426	5.091	72.67	35.70	29.39	21.92	29.39	21.92	29.39	21.92	
13.38	5.119	0.21	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	31.75	17.98	2.89	23.8733	3.673	7.049	5.107	91.61	38.85	28.13	37.20	28.13	37.20	28.13	37.20	
13.38	5.423	0.21	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	35.98	10.98	7.96	23.7980	3.796	6.774	5.152	78.46	35.73	30.01	24.91	30.01	24.91	30.01	24.91	
13.38	5.471	0.23	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	36.14	10.01	8.77	23.9088	3.990	7.442	5.390	86.11	34.79	25.91	36.03	25.91	36.03	25.91	36.03	
13.38	5.197	0.25	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	32.77	15.81	3.86	23.9863	3.626	6.986	4.994	92.14	37.74	30.24	34.95	30.24	34.95	30.24	34.95	
13.38	5.133	0.10	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	31.94	17.28	2.76	23.7612	3.733	7.175	5.258	92.23	40.86	27.28	38.79	27.28	38.79	27.28	38.79	
13.38	5.556	0.23	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	37.11	8.35	10.15	23.2063	4.098	7.223	5.642	76.22	35.21	26.21	30.03	26.21	30.03	26.21	30.03	
13.38	5.239	0.40	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	33.31	14.66	4.73	23.6483	3.768	6.948	5.055	83.42	35.45	27.70	32.62	27.70	32.62	27.70	32.62	
13.38	5.185	0.36	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	32.62	16.08	3.74	23.8004	3.911	6.393	5.186	83.21	32.66	24.58	24.10	24.58	24.10	24.58	24.10	
13.38	5.176	0.47	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	32.53	16.24	3.61	23.7163	5.755	6.932	5.013	73.97	33.52	27.49	26.15	27.49	26.15	27.49	26.15	
13.38	5.737	0.21	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	39.10	4.91	13.00	23.2747	4.069	7.273	5.612	78.92	35.60	29.19	26.77	29.19	26.77	29.19	26.77	
13.38	5.381	0.22	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	35.07	11.85	7.24	23.0831	4.154	7.192	5.617	73.53	35.87	23.17	33.52	23.17	33.52	23.17	33.52	
13.38	5.630	0.27	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	36.78	8.92	9.68	23.1984	4.106	7.199	5.515	75.34	34.33	26.71	30.27	26.71	30.27	26.71	30.27	
13.38	5.689	0.28	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	35.29	11.48	7.65	23.1687	4.100	6.963	5.524	68.32	34.56	23.86	28.76	23.86	28.76	23.86	28.76	
13.38	5.376	0.33	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	35.04	11.91	7.19	23.3299	4.038	6.933	5.372	70.96	33.04	24.92	28.36	24.92	28.36	24.92	28.36	
13.38	5.023	0.27	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	36.74	9.98	9.83	23.1041	4.145	6.893	5.500	69.32	35.06	24.96	24.96	24.96	24.96	24.96	24.96	
13.38	5.283	0.06	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	33.49	14.58	4.88	23.8913	3.670	7.431	6.188	102.45	41.28	30.13	41.46	30.13	41.46	30.13	41.46	
13.38	5.161	0.05	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	32.57	16.17	3.60	23.7245	3.931	7.396	5.310	93.03	38.99	26.95	42.74	26.95	42.74	26.95	42.74	
13.38	5.079	0.36	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	31.21	16.50	1.73	24.0685	3.961	6.927	4.804	64.66	32.60	23.03	18.67	23.03	18.67	23.03	18.67	
13.38	5.355	0.07	24.3164	3.494	6.019	4.991	72.27	42.86	34.73	12.44	6.70	23.8499	3.771	7.595	5.193	101.43	37.72	29.56	41.80	29.56	41.80	29.56	41.80	
13.38	5.125	0.08	24.3164																					

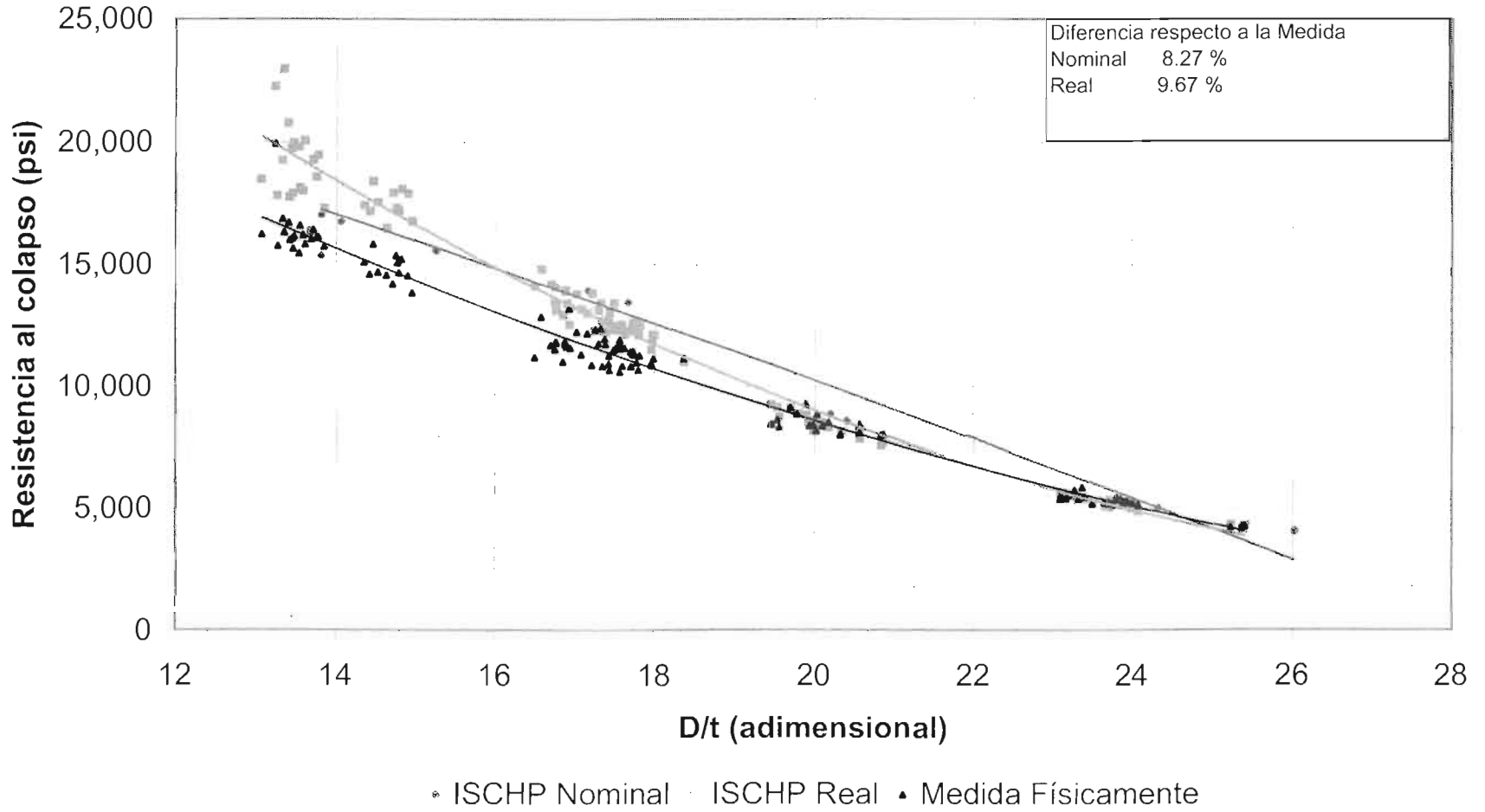
Gráfica III.6. Comparativo del modelo API con datos (D, t, σ), nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente
Tubería TAC-110



Gráfica III.7. Comparativo del modelo de Issa con datos nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente, considerando ovalidad (D, t, σ, o)
Tubería TAC-110

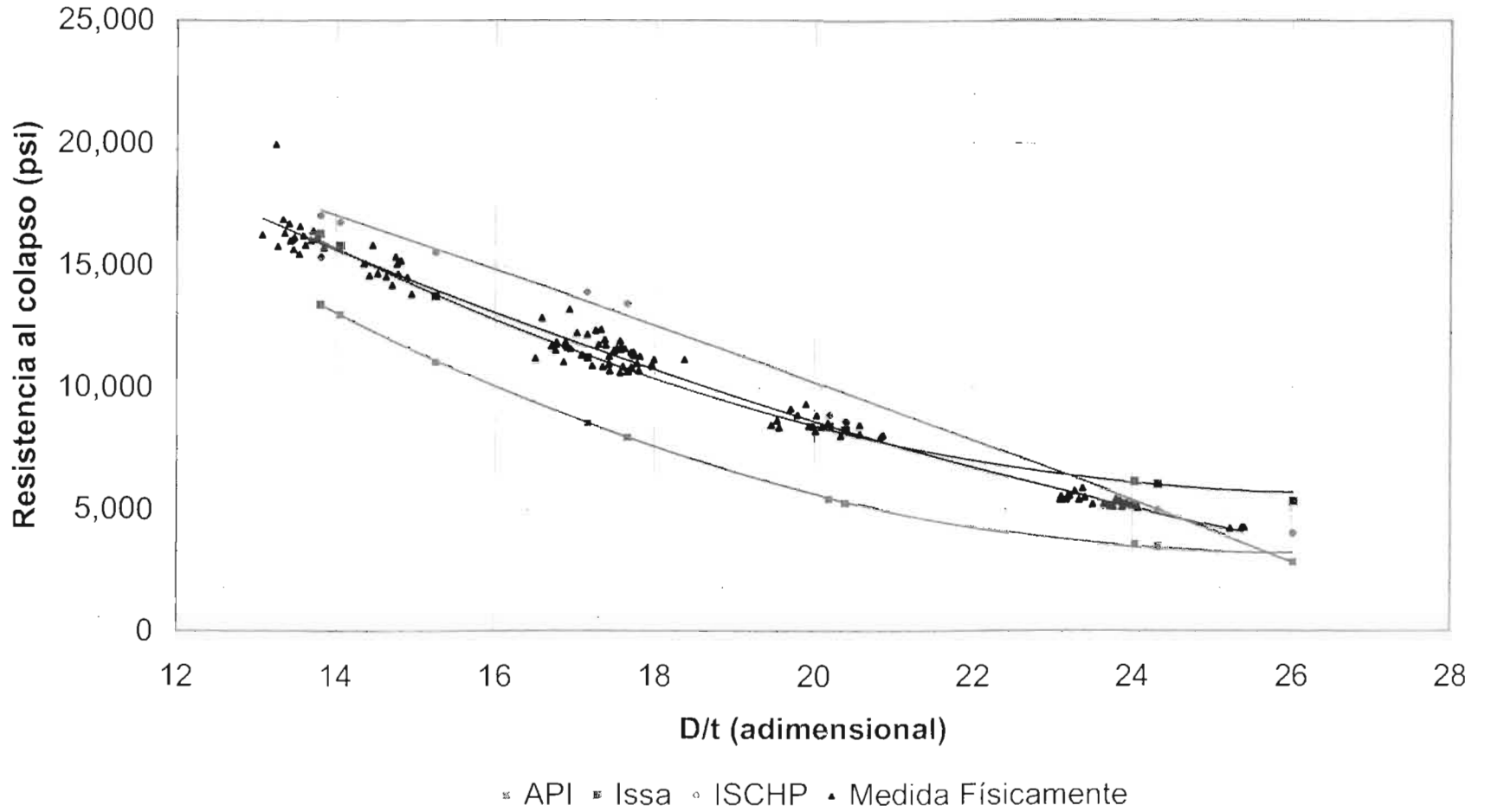


Gráfica III.8. Comparativo del modelo de ISCHP con datos nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente, considerando ovalidad (D , t , σ , ρ)
Tubería TAC-110



Gráfica III.9. Comparativo de los modelos API, ISSA e ISCHP con datos nominales y datos medidos físicamente considerando ovalidad (D , t , σ , σ)

Tubería TAC-110



Gráfica III.10. Comparativo de los modelos API, ISSA e ISCHP con datos reales y datos medidos físicamente, considerando ovalidad (D , t , σ , ρ)
Tubería TAC-110

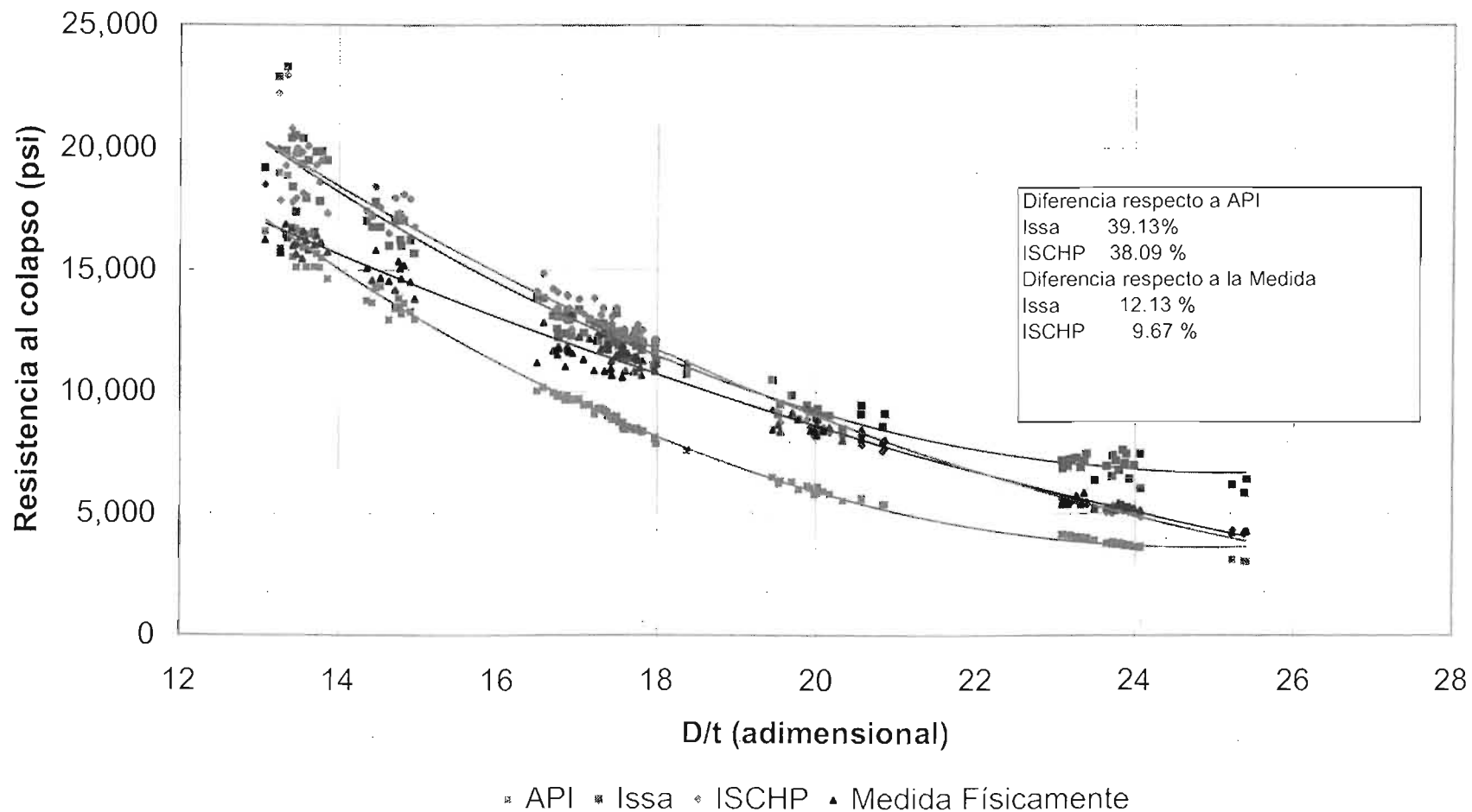


Tabla III.3. Analisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores (D, t, σ), nominales y reales considerando excentricidad (e), comparados con los datos medidos de pruebas fisicas y el modelo API, para tubería TAC-110

Diámetro	Datos			Resultados Nominales				Diferencias con API		Dif. con pba. física			Resultados reales				Diferencias con API		Dif. con pba. física		
	Pba. Física	Excent. (%)	Dif.	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	Dif.	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	
5	15.775	7.58	13.8122	13.470	16.815	16.836	24.74	24.30	14.61	6.21	6.22	13.2682	15.588	19.582	19.621	23.08	23.51	0.70	23.65	23.65	
5	15.907	6.30	13.8122	13.470	17.742	16.871	31.72	25.25	16.80	10.61	5.46	13.4216	15.544	20.312	19.450	30.67	25.13	2.83	26.97	26.97	
5	16.176	7.39	13.8122	13.470	18.057	16.841	34.06	25.03	17.45	10.66	3.20	13.3022	16.876	24.028	24.506	32.06	21.95	15.66	25.77	25.77	
5	16.238	6.59	13.8122	13.470	17.547	16.881	30.27	25.40	17.05	8.06	4.02	13.0740	16.506	21.324	20.374	28.49	22.76	2.21	23.32	23.32	
5	19.947	7.47	13.8122	13.470	18.081	16.889	34.23	25.01	12.47	6.35	15.59	13.2456	19.867	25.704	24.735	31.85	30.26	4.61	26.50	26.50	
5	16.214	4.50	13.8122	13.470	17.262	16.922	28.15	25.63	16.42	6.47	4.37	13.5080	16.127	19.285	19.198	27.49	26.92	6.73	18.84	18.84	
5	16.035	5.09	13.8122	13.470	17.414	16.905	29.28	25.50	16.00	9.60	6.43	13.6683	15.142	19.488	19.432	28.78	26.33	5.67	21.60	21.60	
7	11.854	4.01	17.1569	16.532	17.777	13.476	38.04	37.96	28.03	3.55	13.69	16.8790	9.856	14.036	15.163	42.43	53.86	16.86	18.41	18.41	
7	12.251	4.84	17.1569	16.532	11.923	13.409	39.71	37.17	30.36	2.70	9.46	17.0216	9.725	14.200	14.763	46.10	52.00	20.66	15.91	15.91	
7	16.150	4.97	14.0562	13.030	16.869	16.629	29.46	27.62	19.32	4.45	2.97	13.4747	16.588	21.300	21.379	27.80	28.86	2.71	31.27	31.27	
7	15.629	4.31	14.0562	13.030	16.706	16.649	26.21	27.77	17.68	5.94	5.16	13.6123	16.471	20.904	21.585	26.91	31.05	4.06	32.06	32.06	
7	15.459	4.17	14.0562	13.030	16.673	16.652	27.96	27.80	15.71	7.85	7.72	13.5373	16.322	20.648	21.120	26.51	29.40	5.88	33.57	33.57	
7	16.054	7.48	14.0562	13.030	17.550	16.556	34.69	27.08	16.34	9.32	3.13	13.4481	16.704	22.196	21.398	32.98	28.04	4.05	36.26	36.26	
7	15.735	11.82	14.0562	13.030	18.928	16.433	45.27	26.11	17.19	20.29	4.43	13.8493	16.849	21.184	16.706	44.68	27.70	6.80	34.70	34.70	
7	16.096	11.38	14.0562	13.030	18.772	16.446	44.06	26.21	21.48	13.11	0.91	13.5467	15.929	22.707	20.176	42.55	26.67	4.02	36.62	36.62	
7	16.128	7.22	14.0562	13.030	17.475	16.564	34.12	27.12	19.21	8.38	2.70	13.7757	15.517	20.680	20.200	33.31	29.40	3.79	28.26	28.26	
7	16.095	2.90	14.0562	13.030	16.402	16.688	25.86	28.07	19.04	1.91	3.68	13.7526	15.115	18.912	19.622	25.12	29.62	6.09	17.50	17.50	
7	16.877	6.80	14.0882	13.030	17.273	16.685	32.57	27.28	22.79	2.35	1.73	13.8329	16.437	21.477	20.699	30.66	25.89	2.61	27.26	27.26	
7	16.474	7.51	14.0882	13.030	17.669	16.556	34.70	27.06	20.66	6.91	0.80	13.7130	15.672	20.864	20.301	33.76	29.53	4.58	27.64	27.64	
7	16.704	4.43	14.0562	13.030	16.738	16.645	26.44	27.75	21.99	0.35	13.4090	16.763	21.224	21.523	26.82	26.82	0.35	27.06	27.06		
7	15.656	2.11	14.0562	13.030	16.216	16.714	24.45	28.27	16.77	3.85	8.76	13.6226	15.127	18.644	19.056	23.25	25.63	3.58	19.00	19.00	
7.5/8	15.830	4.09	15.2820	11.079	14.471	16.304	30.62	38.95	19.48	4.56	11.23	14.9460	13.018	15.636	16.696	30.99	43.15	5.93	33.22	33.22	
7.5/8	14.205	6.18	15.2820	11.079	14.704	16.362	32.73	38.58	22.01	3.52	8.09	14.7082	13.482	17.742	16.778	32.10	39.82	6.45	24.80	24.80	
7.5/8	15.201	4.64	15.2820	11.079	14.630	16.365	32.05	38.89	27.12	3.76	1.08	14.3490	13.773	18.111	18.535	31.50	34.58	8.69	20.66	20.66	
7.5/8	15.368	7.25	15.2820	11.079	16.192	16.275	37.13	37.88	27.93	1.14	0.60	14.7480	13.874	19.028	19.639	37.13	41.49	9.72	23.80	23.80	
7.5/8	14.886	4.36	15.2820	11.079	14.527	16.383	31.13	38.86	24.56	1.08	4.76	14.3190	14.353	18.581	20.174	30.16	40.99	2.26	27.21	27.21	
7.5/8	16.084	5.87	15.2820	11.079	14.792	16.338	33.62	38.44	26.55	1.94	1.68	14.3490	13.773	18.111	18.535	31.50	34.58	8.69	20.66	20.66	
7.5/8	14.602	5.58	15.2820	11.079	14.794	16.337	33.54	38.43	24.13	1.32	8.04	14.4172	13.682	18.024	18.527	31.74	35.42	6.30	23.44	23.44	
7.5/8	15.832	5.73	15.2820	11.079	14.828	16.332	33.85	38.39	30.02	6.34	3.16	13.4600	14.298	18.945	19.805	32.51	38.53	9.70	19.05	19.05	
7.5/8	15.075	4.23	15.2820	11.079	14.500	16.388	30.68	38.90	26.52	3.82	2.08	14.7664	13.517	17.683	18.176	30.67	41.85	10.30	17.17	17.17	
7.5/8	14.658	3.68	15.2820	11.079	14.381	16.411	29.81	39.10	14.42	1.89	6.13	14.7606	13.234	17.131	18.672	29.45	41.09	9.71	16.67	16.67	
7.5/8	14.569	6.83	15.2820	11.079	14.783	16.339	33.44	38.40	23.91	1.54	5.36	14.6295	12.983	17.161	17.704	32.15	36.36	10.62	17.87	17.87	
7.5/8	14.626	2.77	15.2820	11.079	14.211	16.445	28.27	39.41	23.73	2.17	6.32	14.8947	13.716	17.129	19.219	28.83	44.33	8.33	17.92	17.92	
8.5/8	7.397	6.03	20.3940	5.295	8.843	8.474	68.91	60.05	33.39	11.83	5.97	20.8407	5.384	9.445	7.957	76.05	48.34	32.92	16.09	16.09	
8.5/8	8.406	4.67	20.3940	5.295	8.760	8.502	65.45	60.58	37.03	4.21	1.14	19.9797	3.773	9.646	9.077	67.06	57.05	31.76	14.76	14.76	
8.5/8	8.439	6.12	20.3940	5.295	8.956	8.472	69.15	60.01	36.58	7.27	1.48	19.9522	6.348	10.965	9.683	72.71	52.92	23.96	31.33	31.33	
8.5/8	8.461	7.49	20.3940	5.295	9.156	8.444	72.02	60.49	37.42	8.21	0.25	19.4515	6.490	11.613	9.610	77.15	51.03	23.19	36.97	36.97	
8.5/8	8.015	4.04	20.3940	5.295	8.860	8.515	63.95	60.83	33.94	8.30	6.24	20.3330	5.522	9.180	8.607	69.25	55.67	31.11	14.54	14.54	
8.5/8	8.356	2.98	20.3940	5.295	8.552	8.538	61.52	61.25	36.94	1.86	1.69	20.0026	5.908	8.957	66.28	51.62	26.84	17.00	17.00		
8.5/8	8.024	6.85	20.3940	5.295	9.076	8.455	71.40	60.78	34.18	12.82	6.11	20.8670	6.379	9.689	7.916	79.58	47.17	33.13	20.07	20.07	
8.5/8	8.064	6.72	20.3940	5.295	9.042	8.460	70.77	60.78	34.50	11.54	4.65	20.5709	5.631	9.278	8.278	78.97	47.02	30.35	24.66	24.66	
8.5/8	8.456	5.11	20.3940	5.295	8.818	8.493	66.54	60.41	37.39	4.28	0.44	20.8092	5.591	9.704	8.301	73.57	46.46	33.68	14.76	14.76	
8.5/8	8.530	8.06	20.3940	5.295	8.811	8.594	66.81	60.43	37.93	3.29	0.42	20.1714	6.906	9.819	8.812	79.64	51.78	31.94	16.78	16.78	
8.5/8	8.430	4.25	20.3940	5.295	8.797	8.511	64.44	60.74	37.04	3.53	1.20	19.8307	6.086	10.247	9.160	68.18	61.28	27.98	21.84	21.84	
8.5/8	11.505	4.58	17.6624	7.948	11.286	12.741	42.00	60.30	39.92	1.90	10.74	17.4881	9.015	13.508	13.642	48.62	57.07	18.11	18.68	18.68	
8.5/8	10.936	3.65	17.6624	7.948	11.173	12.801	40.57	61.06	27.22	2.17	17.68	17.4232	9.035	13.249	13.829	48.64	53.05	17.38	21.18	21.18	
8.5/8	10.503	3.26	17.6624	7.948	11.076	12.861	39.35	61.81	24.97	4.56	21.41	17.5632	8.968	12.375	14.454	43.27	57.07	18.11	18.68	18.68	
8.5/8	11.662	3.03	17.6624	7.948	11.041	12.854	38.92	62.10	11.95	4.67	11.24	17.6205	8.968	12.367	13.363	44.22	55.96	26.02	8.70	8.70	
8.5/8	11.337	3.08	17.6624	7.948	11.139	12.823	40.10	61.34	28.63	0.62	15.14	18.3690	7.607	11.672	11.772	52.12	54.74	21.69	3.91	3.91	
8.5/8	11.251	3.81	17.6624	7.948	11.160	12.806	40.42														

Tabla III.3. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores (D, t, σ), nominales y reales considerando excentricidad (e), comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo API, para tubería TAC-110

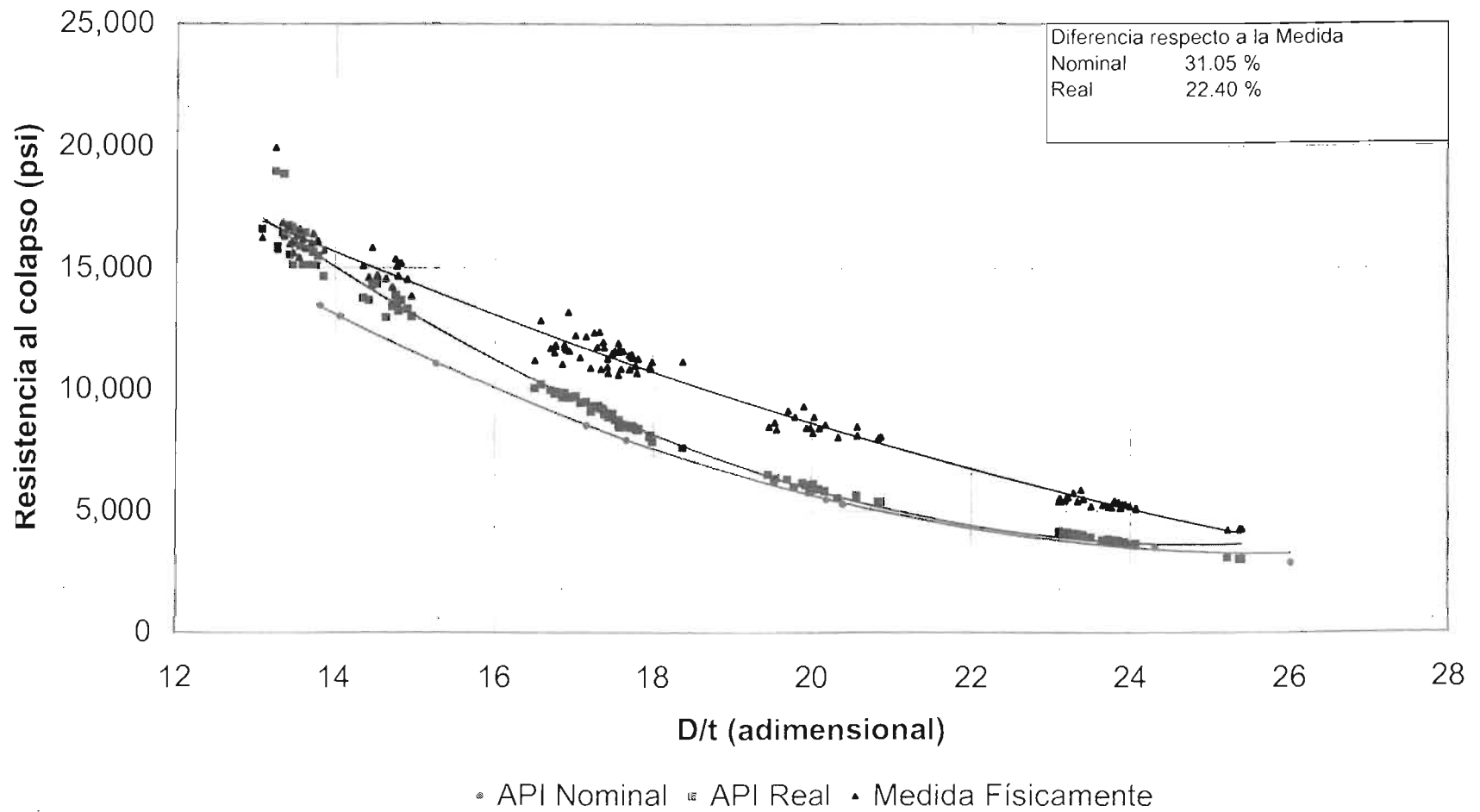
Datos			Resultados Nominales				Diferencias con API				Dif. con pba. física				Resultados reales				Diferencias con API				Dif. con pba. física			
Díametro	Pba. Física	Excent. (%)	D/t	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	D/t	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	
9.5/8	12.378	3.16	17.6624	7.948	11.061	12.871	30.16	61.93	23.70	16.64	3.98	17.3257	9.252	13.438	14.118	45.25	62.59	25.25	16.65	8.57	1					
9.5/8	12.197	5.95	17.6624	7.946	11.521	12.628	44.95	59.97	34.78	5.46	3.67	17.1521	9.486	14.168	14.385	49.36	51.65	22.17	16.25	1						
9.5/8	12.346	4.67	17.6624	7.945	11.299	12.734	42.17	60.22	35.62	8.48	3.14	17.2560	9.233	13.744	14.104	47.41	52.25	23.48	11.32	1						
9.5/8	11.039	5.15	17.6624	7.946	11.357	12.656	43.19	69.73	28.00	3.04	19.00	16.8524	9.678	13.925	14.990	42.88	55.02	12.41	26.24	1						
9.5/8	11.733	5.55	17.6624	7.946	11.452	12.604	44.98	59.33	32.26	2.40	7.93	16.8812	9.747	14.127	14.984	44.63	53.73	16.92	20.40	2						
9.5/8	12.857	4.98	17.6624	7.945	11.348	12.710	42.78	59.92	38.18	11.74	1.14	16.5772	10.194	14.410	15.735	41.37	54.35	20.71	12.08	2						
9.5/8	11.319	3.70	17.6624	7.948	11.143	12.819	40.20	61.28	29.78	1.95	13.25	17.0766	9.459	13.468	14.643	42.57	54.80	16.45	19.15	2						
9.5/8	11.524	4.26	17.6624	7.948	11.232	12.760	41.32	60.65	31.03	2.53	10.85	16.7914	9.819	13.790	15.267	40.44	55.79	14.79	19.66	2						
9.5/8	11.272	5.30	17.6624	7.948	11.429	12.677	43.71	59.49	29.49	1.33	12.46	17.4262	9.656	13.342	13.729	48.97	53.19	20.54	16.36	2						
9.5/8	11.701	3.86	17.6624	7.948	11.184	12.795	40.71	60.96	32.07	4.42	9.35	16.7004	9.960	13.933	15.501	39.89	55.63	14.86	19.08	2						
9.5/8	11.584	4.04	17.6624	7.948	11.197	12.788	40.87	60.89	31.39	3.34	10.39	17.5172	9.753	12.764	13.562	45.68	54.76	24.35	10.44	1						
9.5/8	11.851	3.57	17.6624	7.948	11.123	12.831	39.95	61.43	32.63	6.14	8.27	16.7650	9.831	13.700	15.361	39.36	56.25	17.85	15.60	2						
9.5/8	11.801	5.28	17.6624	7.948	11.398	12.687	43.40	60.43	32.65	3.42	7.51	16.7561	9.844	14.052	15.227	42.74	54.68	16.58	19.07	2						
9.5/8	11.801	5.25	17.6624	7.948	11.396	12.687	43.40	60.63	32.65	3.42	7.81	16.7688	9.843	14.051	15.225	42.74	54.68	16.58	19.06	2						
9.5/8	11.787	6.80	17.6624	7.948	11.621	12.556	46.22	58.47	32.57	1.40	8.86	16.7684	9.899	14.063	15.163	48.11	53.18	16.02	22.70	1						
9.5/8	11.640	5.70	17.6624	7.948	11.476	12.653	44.30	60.20	31.72	1.41	8.70	16.9010	9.678	14.043	14.900	45.10	53.95	16.95	20.65	2						
9.5/8	11.579	6.47	17.6624	7.948	11.618	12.597	46.15	58.50	34.36	0.32	8.85	16.9422	9.656	14.236	14.776	47.47	53.04	16.61	22.97	2						
9.5/8	13.200	5.99	17.6624	7.948	11.457	12.661	44.15	60.91	39.79	13.21	4.98	16.9291	9.689	14.095	14.877	45.47	53.54	26.60	6.78	1						
11.3/4	8.849	5.17	24.0202	3.604	6.972	5.137	82.31	42.54	38.38	12.36	12.17	23.3740	4.007	7.799	5.802	94.62	39.79	31.49	33.34	1						
11.3/4	8.872	4.76	24.0202	3.604	6.972	5.137	82.31	42.54	38.38	12.36	12.17	23.3740	4.007	7.799	5.802	94.62	39.79	31.49	33.34	1						
11.3/4	8.044	2.30	24.0202	3.604	6.972	5.137	82.31	42.54	38.38	12.36	12.17	23.3740	4.007	7.799	5.802	94.62	39.79	31.49	33.34	1						
11.3/4	8.044	2.30	24.0202	3.604	6.972	5.137	82.31	42.54	38.38	12.36	12.17	23.3740	4.007	7.799	5.802	94.62	39.79	31.49	33.34	1						
11.7/8	8.203	3.41	20.4021	5.285	8.623	8.518	62.60	81.09	38.54	4.82	3.84	20.0115	5.865	9.708	9.058	65.56	54.45	28.51	18.36	1						
11.7/8	8.858	3.82	20.4021	5.285	8.623	8.518	63.07	81.00	40.30	2.85	3.89	20.0261	6.109	10.403	9.944	70.29	48.03	31.03	17.45	1						
11.7/8	9.127	3.62	20.4021	5.285	8.623	8.518	63.07	81.00	42.06	6.72	6.72	19.9980	6.305	10.887	9.816	67.91	63.90	30.92	16.00	1						
11.7/8	9.296	2.53	20.4021	5.285	8.623	8.518	60.75	81.43	43.13	8.88	8.15	19.8897	6.151	10.219	9.253	66.14	60.43	33.85	9.91	1						
13.3/8	4.252	3.99	26.0193	2.882	5.592	4.031	94.02	39.68	34.22	31.51	5.19	25.4034	3.037	6.796	4.342	121.74	42.97	23.57	80.83	1						
13.3/8	4.211	5.05	26.0193	2.882	5.679	4.026	97.95	39.70	31.56	34.86	4.39	25.2256	3.194	6.885	4.432	120.86	42.78	24.29	62.79	1						
13.3/8	4.264	4.66	26.0193	2.882	5.646	4.028	95.91	39.76	32.41	5.54	32.41	25.3747	3.049	6.762	4.354	123.85	42.85	24.52	58.58	1						
13.3/8	5.271	3.66	24.3164	3.494	6.321	4.904	80.91	42.06	33.72	19.91	5.83	23.9304	3.722	7.058	5.217	89.57	40.18	29.35	33.85	1						
13.3/8	5.112	5.39	24.3164	3.494	6.428	4.956	83.90	41.86	31.75	25.21	3.18	23.8733	3.679	7.688	5.250	108.92	42.72	28.13	50.74	1						
13.3/8	5.423	3.94	24.3164	3.494	6.319	4.964	80.86	42.08	35.56	16.52	8.47	23.7950	3.796	7.408	6.306	85.18	39.65	30.01	36.61	1						
13.3/8	5.471	7.14	24.3164	3.494	6.636	4.842	89.94	41.45	36.14	21.29	9.67	23.3998	3.994	8.181	5.570	104.59	42.59	28.91	49.53	1						
13.3/8	5.197	6.11	24.3164	3.494	6.527	4.949	86.53	41.66	32.77	25.60	4.77	23.9863	3.626	7.725	5.168	113.06	42.56	30.24	48.85	1						
13.3/8	5.133	4.12	24.3164	3.494	6.335	4.963	81.33	42.08	31.94	23.42	3.32	23.7612	3.731	7.541	5.333	102.03	42.87	27.26	46.91	1						
13.3/8	5.665	4.71	24.3164	3.494	6.389	4.969	82.89	41.93	37.11	37.11	10.74	23.2053	4.099	7.896	5.732	93.68	39.84	26.21	47.84	1						
13.3/8	5.239	7.77	24.3164	3.494	6.705	4.938	91.03	41.33	33.31	27.69	5.75	23.6483	3.788	6.178	5.388	115.88	42.24	27.70	56.10	1						
13.3/8	5.185	5.34	24.3164	3.494	6.456	4.954	81.62	41.81	32.62	34.40	4.45	23.5004	3.911	7.364	5.500	89.29	40.79	34.56	42.02	1						
13.3/8	6.178	6.45	24.3164	3.494	6.461	4.954	84.03	41.79	30.53	24.78	4.33	23.7163	3.795	7.712	5.356	108.40	42.65	27.49	48.94	1						
13.3/8	5.737	4.49	24.3164	3.494	6.369	4.960	82.30	41.97	39.10	11.01	13.54	23.2747	4.085	7.940	5.681	95.33	39.77	28.15	38.40	1						
13.3/8	5.361	5.51	24.3164	3.494	6.477	4.952	85.29	41.75	35.07	20.38	7.96	23.6931	3.734	7.662	5.810	89.93	40.53	23.17	45.92	1						
13.3/8	5.526	5.98	24.3164	3.494	6.472	4.951	83.24	41.76	36.78	17.12	10.37	23.1984	4.108	8.007	5.738	95.02	39.77	25.71	44.89	1						
13.3/8	5.599	4.41	24.3164	3.494	6.367	4.951	82.99	41.99	35.29	17.63	8.12	23.1687	4.106	7.755	5.761	88.88	40.32	23.86	43.64	1						
13.3/8	5.378	3.93	24.3164	3.494	6.318	4.964	80.84	42.05	36.04	17.48	7.70	23.3259	4.038	7.867	5.647	94.62	39.85	24.92	46.29	1						
13.3/8	6.523	2.12	24.3164	3.494	6.767	4.927	76.51	42.44	36.74	11.66	0.89	23.1047	4.145	7.618	5.629	83.80	40.64	24.16	37.03	1						
13.3/8	6.253	6.33	24.3164	3.494	6.591	4.948	87.26	41.61	33.49	24.69	5.03	23.8913	3.870	7.681	5.330	109.28	42.48	28.15	46.23	1						
13.3/8	6.181	5.52	24.3164	3.494	6.466	4.953	85.73	41.77	32.57	24.84	4.40	23.7248	3.831	7.609	5.348	98.60	39.59	25.05	36.86	1						
13.3/8	6.079	3.52	24.3164	3.494	6.282	4.967	79.80	42.17	31.21	23.68	2.21	24.0685	3.881	6.958	5.125	80.52	40.10	27.03	36.95	1						
13.3/8	6.353	8.27	24.3164	3.494	6.762	4.934	83.54	41.23	34.73	26.32	7.82	23.6689	3.771	7.885	5.245	109.12	40.10	29.54	47.31	1						
13.3/8	6.128	7.39	24.3164	3.494	6.663	4.940	86.72	41.41	31.83	30.01	3.60	24.0658	3.899	7.779	5.104	116.73	42.33	29.97	61.77	1						

Díametro	Excent. (%)	D/t
5	6.47	17.01
7	5.88	14.06
7.5/8	4.98	15.25
9.5/8	4.68	17.66
11.3/4	3.19	30.40
13.3/8	6.04	24.32
Promedio	4.87	17.66

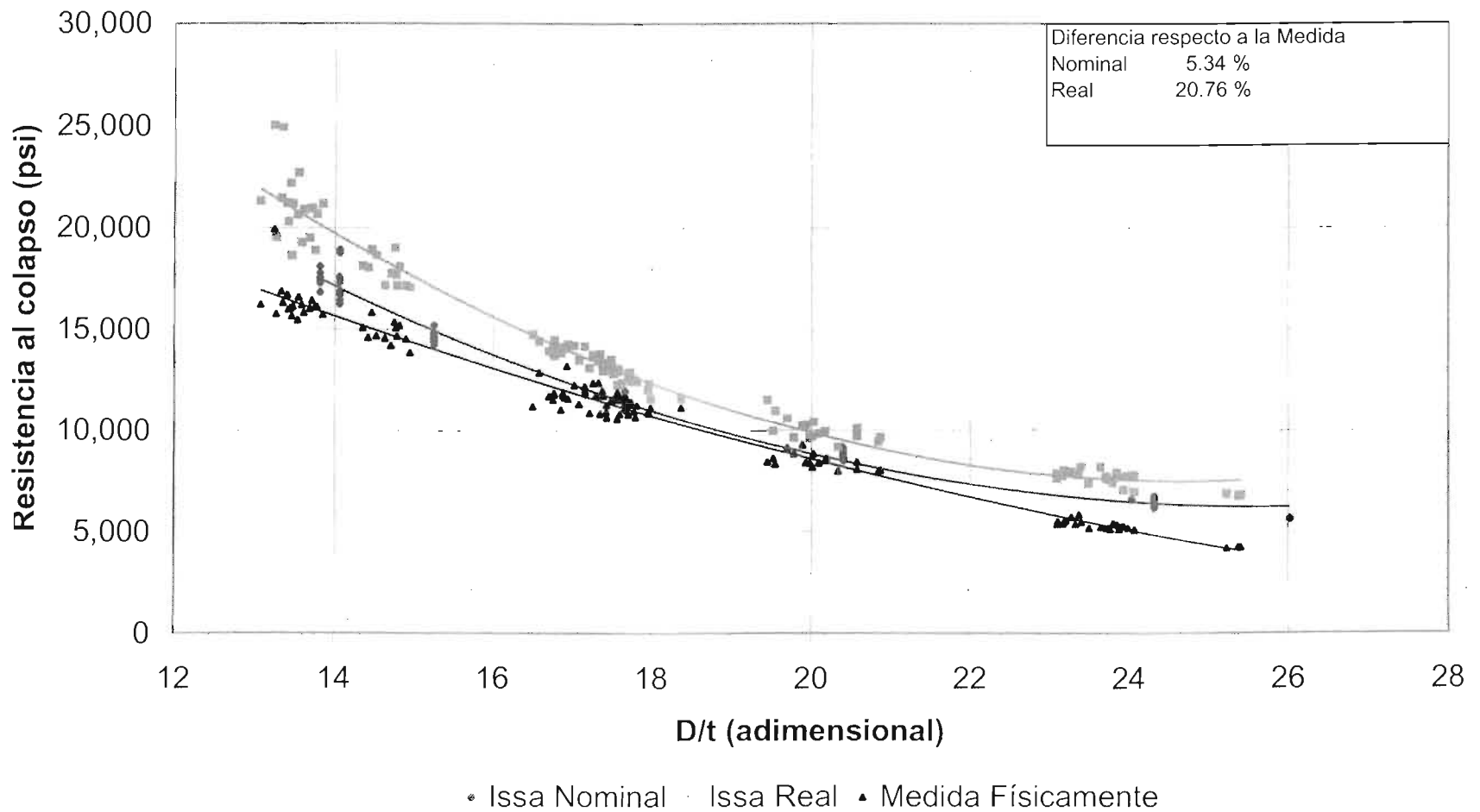
Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	
30.42	23.23	18.69	67.47	5.99	
32.34	67.56	19.76	5.17	3.68	
37.34	38.65	24.97	2.36	4.52	
42.78	60.31	11.47	3.86	9.64	
47.14	61.54	39.39	4.57	8.97	
54.87	41.79	33.83	22.43	8.07	
Promedio	43.37	52.73	31.65	5.34	6.71

Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
39.31	28.79	4.21	29.47	23.32
39.89	29.07	4.32	38.92	29.82
31.88	40.74	8.11	29.48	37.78

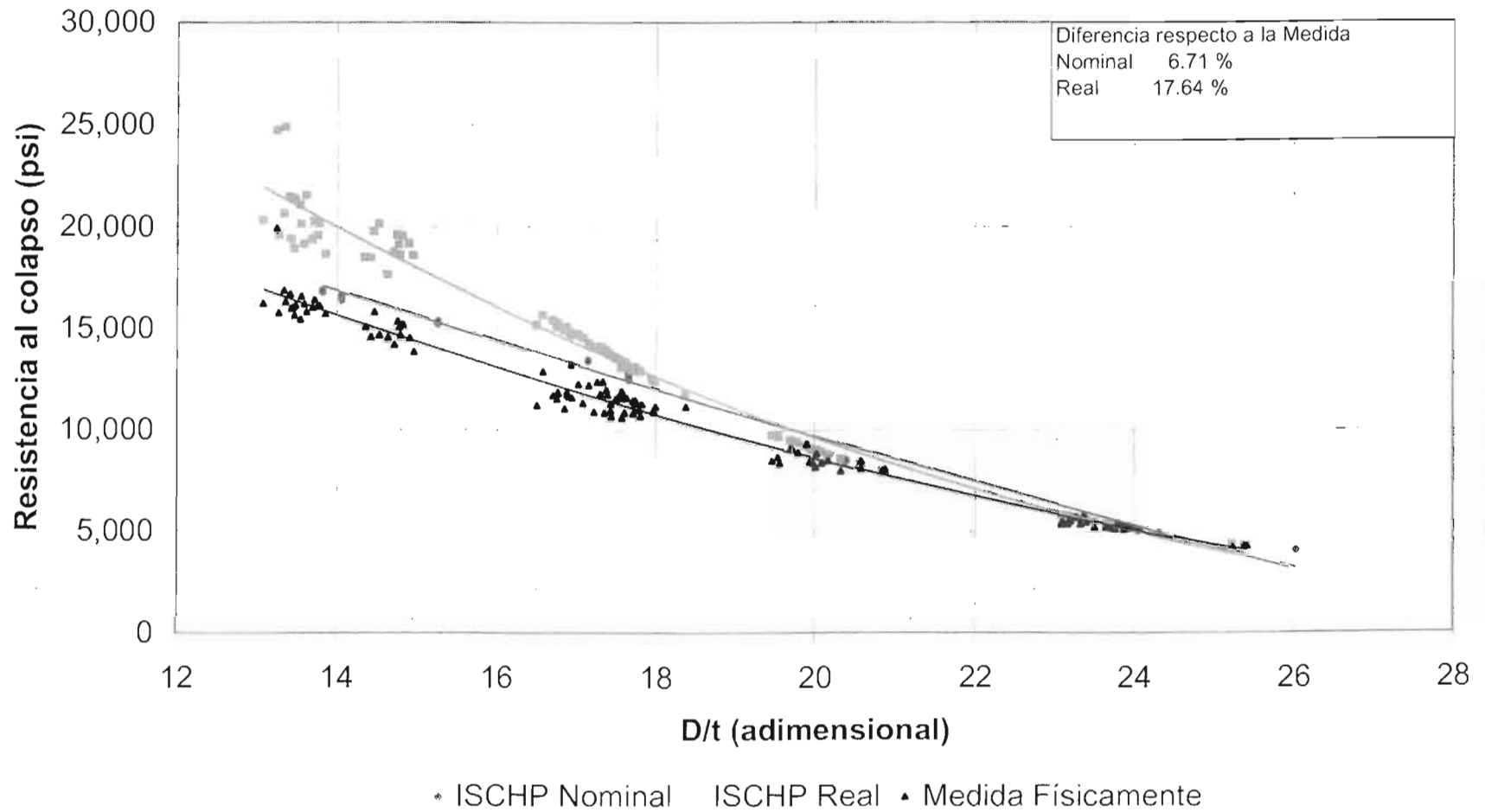
Gráfica III.11. Comparativo del modelo API con datos (D, t, σ) nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente
Tubería TAC-110



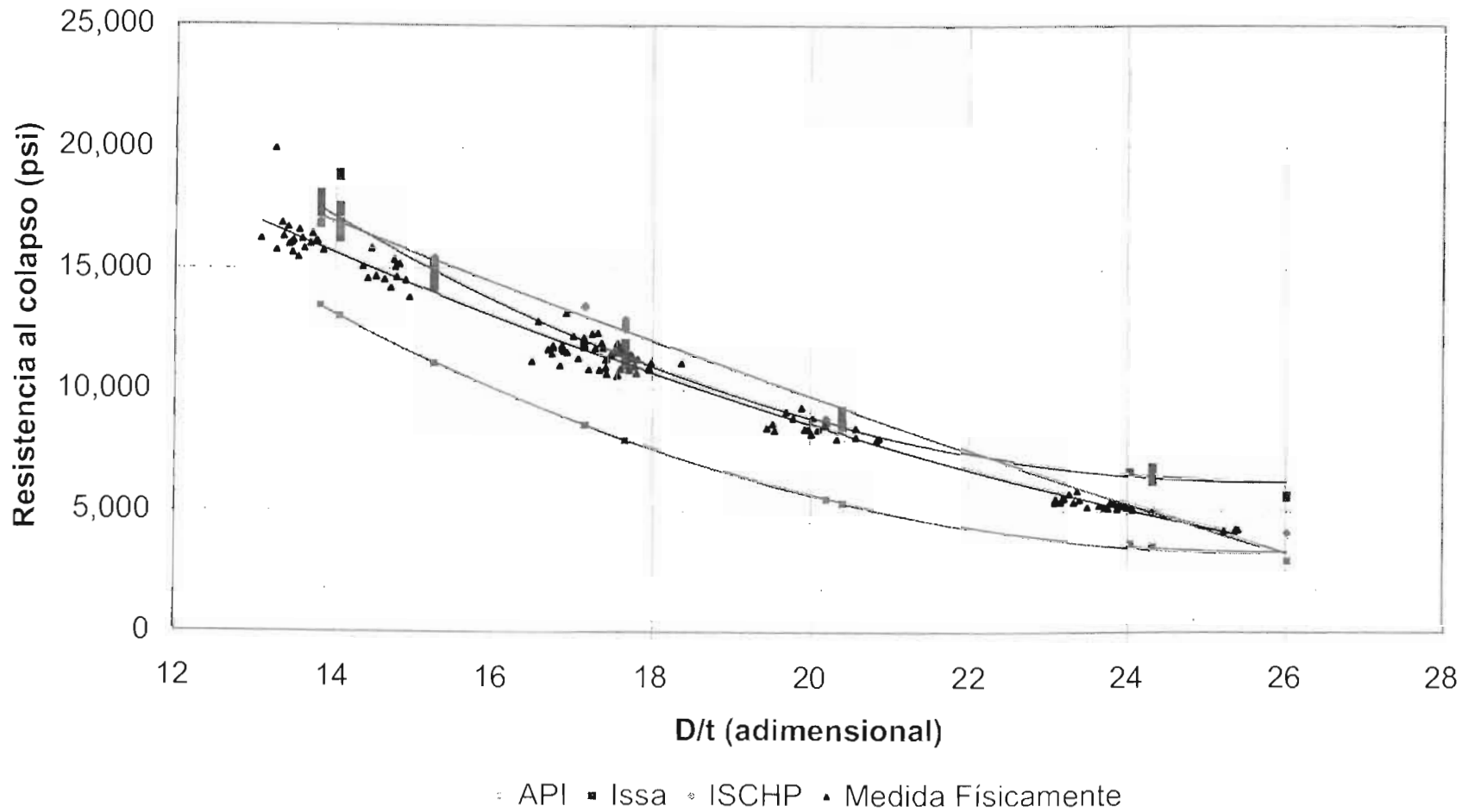
Gráfica III.12. Comparativo del modelo de Issa con datos nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente, considerando excentricidad (D , t , σ , e)
Tubería TAC-110



Gráfica III.13. Comparativo del modelo de ISCHP con datos nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente, considerando excentricidad (D , t , σ , e)
Tubería TAC-110



Gráfica III.14. Comparativo de los modelos API, ISSA e ISCHP con datos nominales y datos medidos físicamente considerando excentricidad (D, t, σ, e)
Tubería TAC-110



Gráfica III.15. Comparativo de los modelos API, ISSA e ISCHP con datos reales y datos medidos físicamente, considerando excentricidad (D , t , σ , e)
Tubería TAC-110

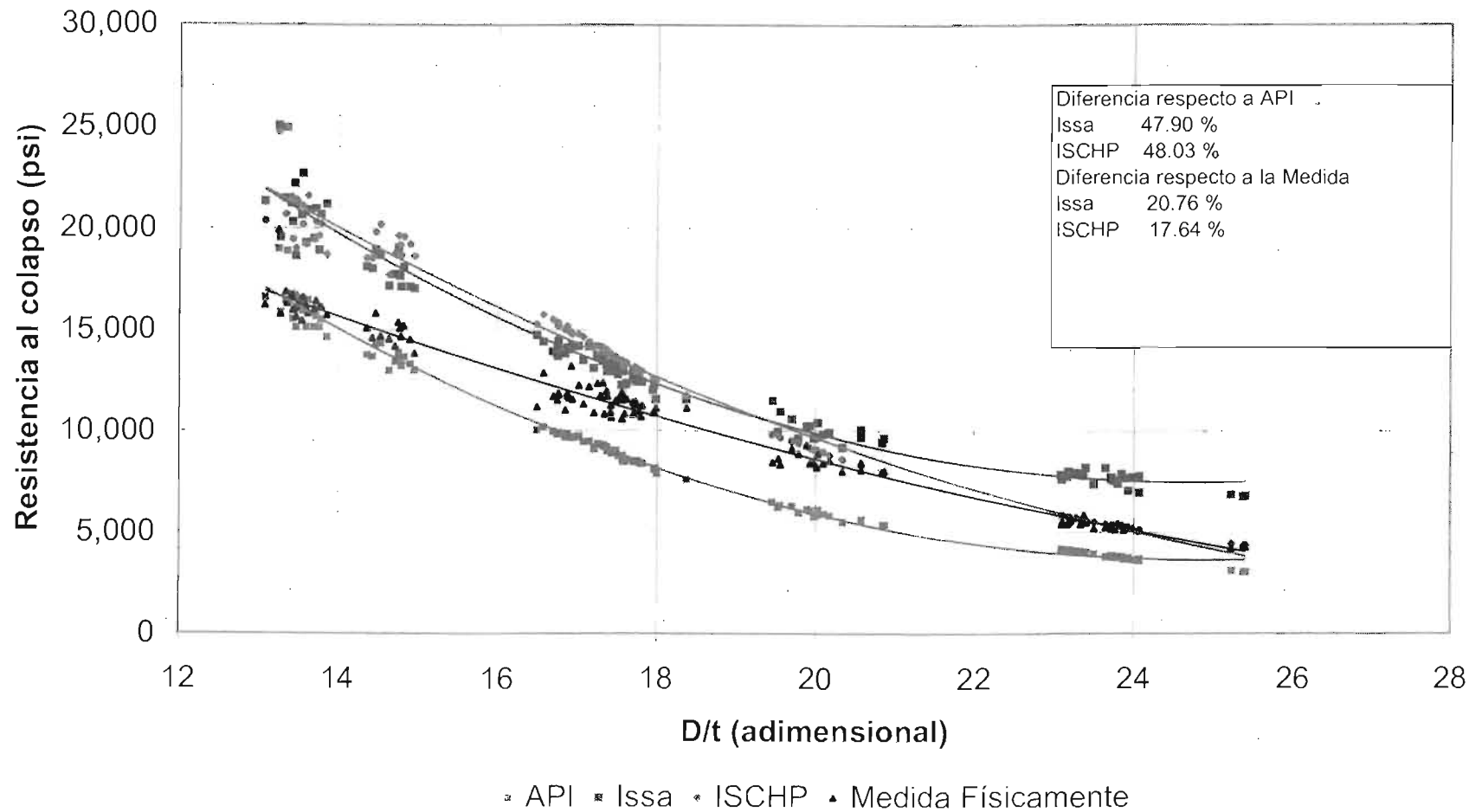


Tabla III.4. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores de diámetro y espesor (D, t) nominales y cedencia real (σ), considerando imperfecciones (o y e), comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo API, para tubería TAC-110

Datos		Resultados Nominales				Diferencias con API		Dif. con pba. física		
Diámetro	Pba. Física	D/t	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
5	15,775	13.8122	14,702	16,261	16,796	10.60	14.25	6.80	3.08	6.47
5	15,997	13.8122	13,470	17,480	17,178	29.77	27.53	15.80	9.27	7.38
5	16,318	13.8122	13,470	21,936	21,857	62.85	62.27	17.45	34.43	33.94
5	16,238	13.8122	13,470	17,373	17,303	28.98	28.45	17.05	6.99	6.56
5	19,947	13.8122	13,470	21,224	20,915	57.57	55.27	32.47	6.40	4.85
5	16,214	13.8122	13,470	17,433	17,699	29.43	31.40	16.92	7.52	9.16
5	16,035	13.8122	13,470	16,282	16,164	20.88	20.00	16.00	1.54	0.80
7	11,854	17.1569	8,532	12,771	13,394	49.68	56.99	28.03	7.73	12.99
7	12,251	17.1569	8,532	13,178	13,515	54.47	58.41	30.36	7.57	10.32
7	16,150	14.0562	13,030	18,338	18,939	40.73	45.35	19.32	13.55	17.27
7	15,829	14.0562	13,030	18,400	19,255	41.21	47.78	17.68	16.24	21.65
7	15,459	14.0562	13,030	18,073	18,910	38.70	45.13	15.71	16.91	22.32
7	16,054	14.0562	13,030	18,922	18,651	45.22	43.14	18.84	17.86	16.18
7	15,735	14.0562	13,030	18,975	17,010	45.62	30.54	17.19	20.59	6.10
7	16,596	14.0562	13,030	19,073	17,282	46.37	32.63	21.49	14.92	4.13
7	16,128	14.0562	13,030	19,165	19,034	47.09	46.08	19.21	18.83	18.02
7	16,095	14.0562	13,030	17,145	18,134	31.58	39.17	19.04	6.53	12.67
7	16,877	14.0562	13,030	18,076	18,056	38.73	38.57	22.79	7.11	6.99
7	16,424	14.0562	13,030	18,987	18,724	45.72	43.70	20.66	15.61	14.01
7	16,704	14.0562	13,030	18,772	19,694	44.06	51.14	21.99	12.38	17.90
7	15,656	14.0562	13,030	16,109	17,090	23.63	31.16	16.77	2.90	9.16
7 5/8	13,839	15.2520	11,079	15,136	16,264	36.62	46.81	19.95	9.37	17.52
7 5/8	14,205	15.2520	11,079	15,958	17,074	44.04	54.12	22.01	12.34	20.20
7 5/8	15,201	15.2520	11,079	16,178	17,284	46.03	56.02	27.12	6.43	13.71
7 5/8	15,368	15.2520	11,079	16,245	16,372	46.64	47.78	27.91	5.71	6.53
7 5/8	14,685	15.2520	11,079	15,323	16,181	38.31	46.05	24.56	4.34	10.18
7 5/8	15,084	15.2520	11,079	15,263	16,074	37.77	45.09	26.55	1.19	6.57
7 5/8	14,602	15.2520	11,079	15,154	15,913	36.79	43.63	24.13	3.78	8.98
7 5/8	15,832	15.2520	11,079	16,173	16,988	45.98	53.34	30.02	2.15	7.30
7 5/8	15,075	15.2520	11,079	15,320	16,404	38.28	48.07	26.51	1.63	8.81
7 5/8	14,658	15.2520	11,079	15,131	16,460	36.58	48.57	24.42	3.23	12.29
7 5/8	14,559	15.2520	11,079	14,859	15,615	34.13	40.95	23.91	2.06	7.25
7 5/8	14,526	15.2520	11,079	15,568	17,283	40.52	56.00	23.73	7.17	18.98
9 5/8	7,997	20.3940	5,295	8,959	8,063	69.20	52.29	33.79	12.02	0.83
9 5/8	8,406	20.3940	5,295	8,086	7,746	52.72	46.30	37.01	3.81	7.85
9 5/8	8,349	20.3940	5,295	8,757	7,767	65.39	46.70	36.58	4.88	6.97
9 5/8	8,461	20.3940	5,295	9,600	8,064	81.31	52.30	37.42	13.46	4.69
9 5/8	8,015	20.3940	5,295	8,427	8,112	59.15	53.20	33.94	5.14	1.21
9 5/8	8,396	20.3940	5,295	8,776	8,154	65.76	54.00	36.94	4.53	2.88
9 5/8	8,044	20.3940	5,295	9,515	8,252	79.71	55.85	34.18	18.28	2.59
9 5/8	8,084	20.3940	5,295	9,239	8,025	74.49	51.56	34.50	14.28	0.73
9 5/8	8,456	20.3940	5,295	9,615	8,434	81.60	59.30	37.39	13.71	0.26
9 5/8	8,530	20.3940	5,295	8,851	8,066	67.16	52.35	37.93	3.76	5.44
9 5/8	8,410	20.3940	5,295	8,807	8,010	66.33	51.28	37.04	4.72	4.76
9 5/8	11,505	17.6624	7,948	12,991	13,040	63.45	64.07	30.92	12.92	13.34
9 5/8	10,936	17.6624	7,948	11,911	12,217	49.86	53.72	27.32	8.91	11.72
9 5/8	10,593	17.6624	7,948	11,389	12,251	43.30	54.15	24.97	7.52	15.66
9 5/8	11,582	17.6624	7,948	11,336	12,082	42.63	52.01	31.38	2.12	4.32
9 5/8	11,137	17.6624	7,948	11,536	12,198	45.14	53.48	28.63	3.58	9.53
9 5/8	11,751	17.6624	7,948	12,273	12,424	54.42	56.31	32.36	4.44	5.72
9 5/8	11,962	17.6624	7,948	11,403	11,763	43.47	48.00	33.56	4.67	1.67
9 5/8	11,727	17.6624	7,948	11,622	12,193	46.23	53.41	32.22	0.89	3.97
9 5/8	11,443	17.6624	7,948	11,973	12,599	50.64	58.52	30.54	4.63	10.10
9 5/8	10,833	17.6624	7,948	12,186	12,116	53.32	52.45	26.63	12.49	11.85
9 5/8	11,907	17.6624	7,948	11,235	11,510	41.35	44.81	33.25	5.65	3.34
9 5/8	11,464	17.6624	7,948	11,806	12,038	48.54	51.46	30.67	2.99	5.01
9 5/8	10,867	17.6624	7,948	12,301	12,742	54.77	60.31	26.86	13.20	17.25
9 5/8	10,857	17.6624	7,948	12,080	12,546	51.99	57.85	26.79	11.27	15.56
9 5/8	11,547	17.6624	7,948	12,227	12,214	53.84	53.68	31.17	5.89	5.78
9 5/8	11,138	17.6624	7,948	11,696	12,752	47.16	60.44	28.64	5.01	14.49
9 5/8	11,263	17.6624	7,948	12,181	12,830	53.25	61.43	29.43	8.15	13.92
9 5/8	11,320	17.6624	7,948	12,571	12,723	58.16	60.07	29.79	11.05	12.39
9 5/8	11,429	17.6624	7,948	12,286	12,470	54.58	56.89	30.46	7.50	9.10
9 5/8	10,976	17.6624	7,948	12,158	12,693	52.97	59.71	27.59	10.77	15.65
9 5/8	11,194	17.6624	7,948	12,277	12,114	54.47	52.42	29.00	9.68	8.22
9 5/8	10,814	17.6624	7,948	12,092	12,483	52.14	57.06	26.50	11.82	15.44
9 5/8	10,881	17.6624	7,948	12,252	12,906	54.15	62.38	26.96	12.60	18.61
9 5/8	10,843	17.6624	7,948	11,435	12,159	43.87	52.98	26.70	5.46	12.14
9 5/8	10,675	17.6624	7,948	11,880	12,395	49.47	55.95	25.55	11.28	16.11
9 5/8	11,675	17.6624	7,948	12,329	12,418	55.12	56.24	31.92	5.60	6.36
9 5/8	10,910	17.6624	7,948	11,426	12,011	43.75	51.12	27.15	4.73	10.09
9 5/8	10,666	17.6624	7,948	12,115	12,635	52.43	58.96	25.48	13.59	18.46
9 5/8	11,302	17.6624	7,948	12,195	12,931	53.44	62.70	29.68	7.90	14.42
9 5/8	12,378	17.6624	7,948	12,368	12,732	55.61	60.19	35.79	0.08	2.86
9 5/8	12,187	17.6624	7,948	12,272	12,073	54.40	51.90	34.78	0.70	0.93
9 5/8	12,346	17.6624	7,948	11,574	11,607	45.62	46.04	35.62	6.25	5.99
9 5/8	11,039	17.6624	7,948	11,354	11,609	42.86	46.06	28.00	2.86	5.16
9 5/8	11,733	17.6624	7,948	12,286	12,411	54.58	56.15	32.26	4.71	5.78
9 5/8	12,857	17.6624	7,948	12,341	12,648	55.27	59.14	38.18	4.02	1.62
9 5/8	11,319	17.6624	7,948	11,677	12,131	46.92	52.63	29.78	3.17	7.17

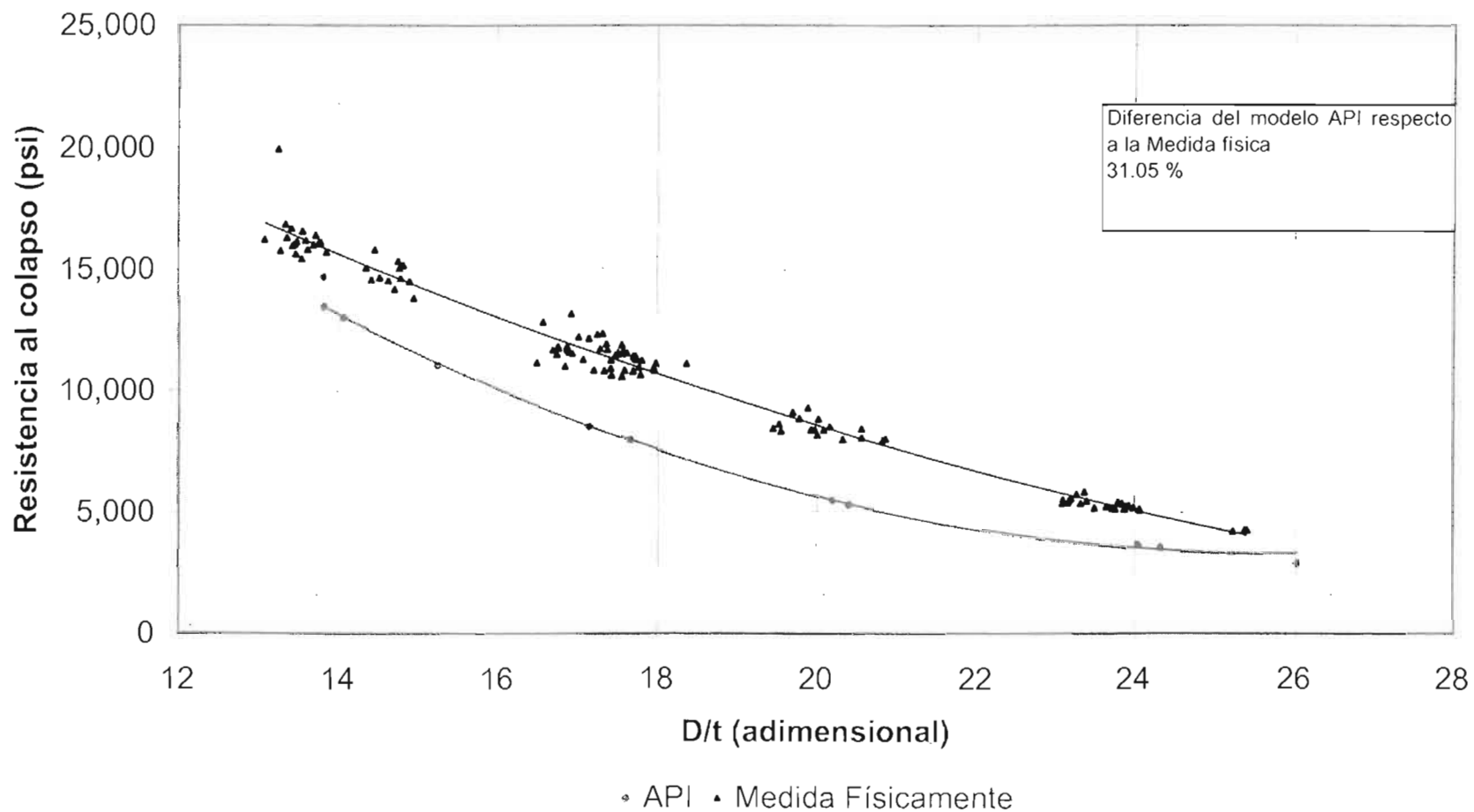
Tabla III.4. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores de diámetro y espesor (D, t) nominales y cedencia real (σ), considerando imperfecciones (σ y e), comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo API, para tubería TAC-110

Datos		Resultados Nominales				Diferencias con API		Dif. con pba. física		
Diámetro	Pba. Física	D/t	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
9 5/8	11,524	17.6624	7,948	11,407	11,868	43.52	49.33	31.03	1.02	2.99
9 5/8	11,272	17.6624	7,948	12,209	12,351	53.60	55.39	29.49	8.31	9.57
9 5/8	11,701	17.6624	7,948	11,859	12,389	49.21	55.88	32.07	1.35	5.88
9 5/8	11,584	17.6624	7,948	11,726	12,234	47.53	53.93	31.39	1.22	5.61
9 5/8	11,851	17.6624	7,948	11,101	11,614	39.68	46.13	32.93	6.33	2.00
9 5/8	11,801	17.6624	7,948	12,062	12,366	51.76	55.59	32.65	2.21	4.79
9 5/8	11,801	17.6624	7,948	12,062	12,366	51.76	55.59	32.65	2.21	4.79
9 5/8	11,787	17.6624	7,948	11,877	11,764	49.43	48.01	32.57	0.76	0.20
9 5/8	11,640	17.6624	7,948	11,937	12,043	50.18	51.52	31.72	2.55	3.46
9 5/8	11,579	17.6624	7,948	12,069	11,956	51.86	50.42	31.36	4.24	3.25
9 5/8	13,200	17.6624	7,948	11,358	11,355	42.90	42.86	39.79	13.96	13.98
11 3/4	5,849	24.0327	3,604	6,797	5,000	88.60	38.74	38.38	16.21	14.51
11 3/4	8,872	20.1924	5,466	8,533	8,382	56.11	53.34	38.39	3.82	5.53
11 3/4	8,644	20.1924	5,466	8,525	8,308	55.96	52.00	36.77	1.38	3.88
11 7/8	8,203	20.4021	5,288	8,630	8,132	63.21	53.78	35.54	5.21	0.87
11 7/8	8,858	20.4021	5,288	8,988	8,026	69.97	51.78	40.30	1.47	9.39
11 7/8	9,127	20.4021	5,288	9,227	8,220	74.49	55.45	42.06	1.10	9.94
11 7/8	9,298	20.4021	5,288	9,010	8,201	70.39	55.10	43.13	3.10	11.79
13 3/8	4,252	26.0195	2,882	6,134	3,979	112.85	38.08	32.22	44.27	6.41
13 3/8	4,211	26.0195	2,882	5,834	3,914	102.43	35.82	31.56	38.54	7.04
13 3/8	4,264	26.0195	2,882	5,572	3,853	93.32	33.70	32.41	30.67	9.63
13 3/8	5,271	24.3164	3,494	6,234	4,812	78.42	37.73	33.72	18.26	8.71
13 3/8	5,119	24.3164	3,494	6,807	4,830	94.82	38.24	31.75	32.97	5.65
13 3/8	5,423	24.3164	3,494	6,501	4,826	86.09	38.12	35.58	19.88	11.02
13 3/8	5,471	24.3164	3,494	6,915	4,798	97.94	37.33	36.14	26.40	12.31
13 3/8	5,197	24.3164	3,494	6,786	4,791	94.24	37.14	32.77	30.58	7.81
13 3/8	5,133	24.3164	3,494	6,872	4,899	96.71	40.23	31.94	33.89	4.55
13 3/8	5,555	24.3164	3,494	6,606	4,810	89.09	37.68	37.11	18.93	13.41
13 3/8	5,239	24.3164	3,494	6,577	4,651	88.25	33.12	33.31	25.53	11.22
13 3/8	5,185	24.3164	3,494	5,972	4,686	70.94	34.13	32.62	15.18	9.62
13 3/8	5,178	24.3164	3,494	6,218	4,652	77.97	33.17	32.53	20.08	10.15
13 3/8	5,737	24.3164	3,494	6,691	4,826	91.52	38.13	39.10	16.63	15.88
13 3/8	5,381	24.3164	3,494	6,503	4,806	86.14	37.55	35.07	20.85	10.69
13 3/8	5,526	24.3164	3,494	6,572	4,778	88.10	36.77	36.78	18.92	13.53
13 3/8	5,399	24.3164	3,494	6,335	4,775	81.34	36.67	35.29	17.34	11.56
13 3/8	5,378	24.3164	3,494	6,367	4,740	82.25	35.66	35.04	18.40	11.87
13 3/8	5,523	24.3164	3,494	6,212	4,796	77.79	37.28	36.74	12.47	13.16
13 3/8	5,253	24.3164	3,494	7,192	4,913	105.85	40.62	33.49	36.91	6.47
13 3/8	5,181	24.3164	3,494	7,067	4,924	102.27	40.93	32.57	36.40	4.96
13 3/8	5,079	24.3164	3,494	5,908	4,707	69.11	34.73	31.21	16.33	7.32
13 3/8	5,353	24.3164	3,494	7,327	4,894	109.71	40.08	34.73	36.87	8.57
13 3/8	5,125	24.3164	3,494	7,315	4,894	109.38	40.09	31.83	42.73	4.50

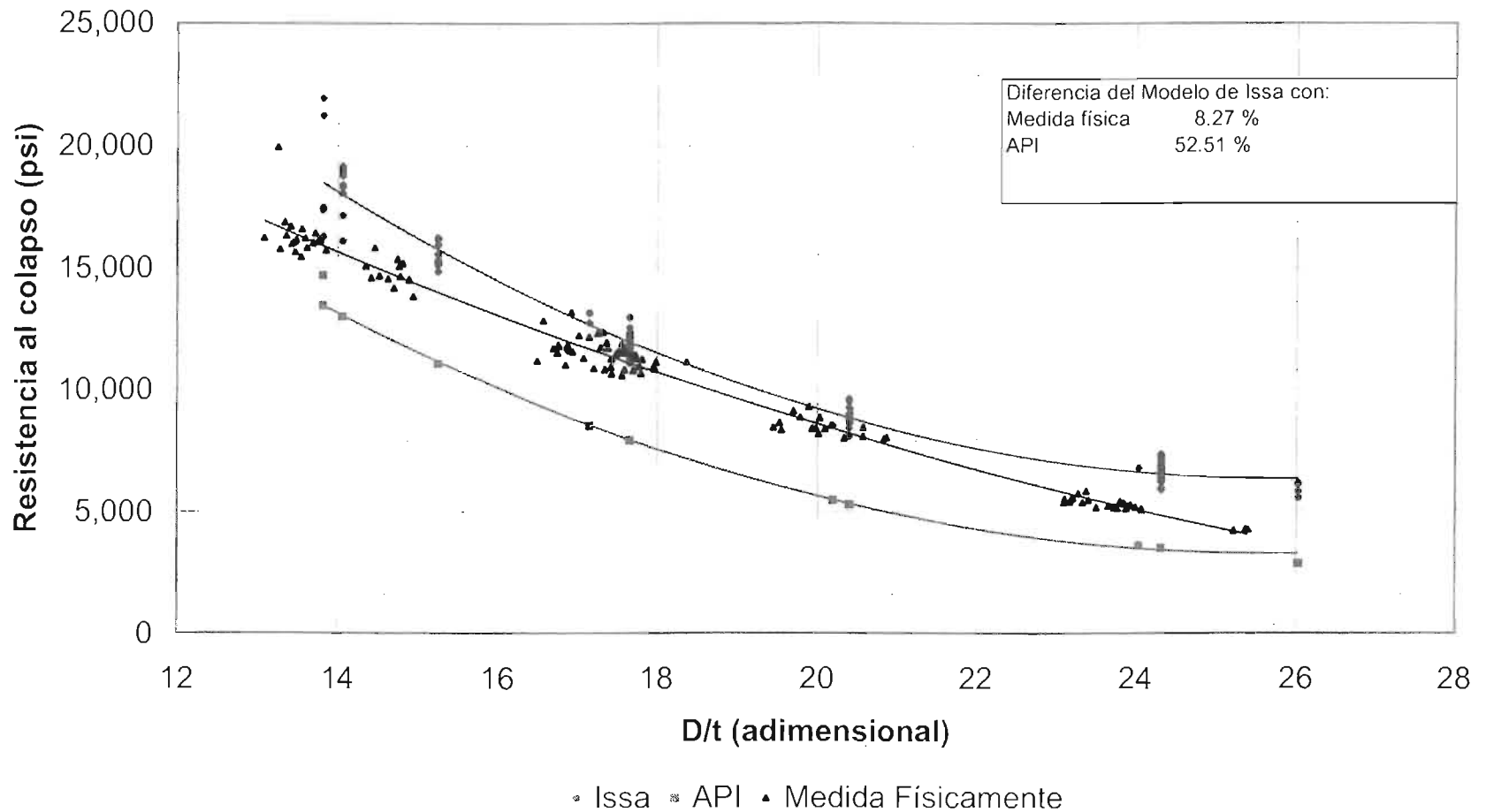
5	29.39	29.13	16.66	6.97	6.80
7	43.76	43.76	19.76	13.40	13.90
7 5/8	38.72	47.81	24.90	4.26	10.07
9 5/8	52.46	53.93	31.47	5.62	6.40
11 3/4	67.86	53.04	39.03	2.79	8.29
13 3/8	90.69	37.44	33.53	24.12	9.53
Promedio	52.51	49.78	31.05	8.27	8.45

Gráfica III.16. Comparativo del modelo API respecto a los datos medidos físicamente, considerando datos de diámetro y espesor nominales (D, t) y cedencia real (σ_r)

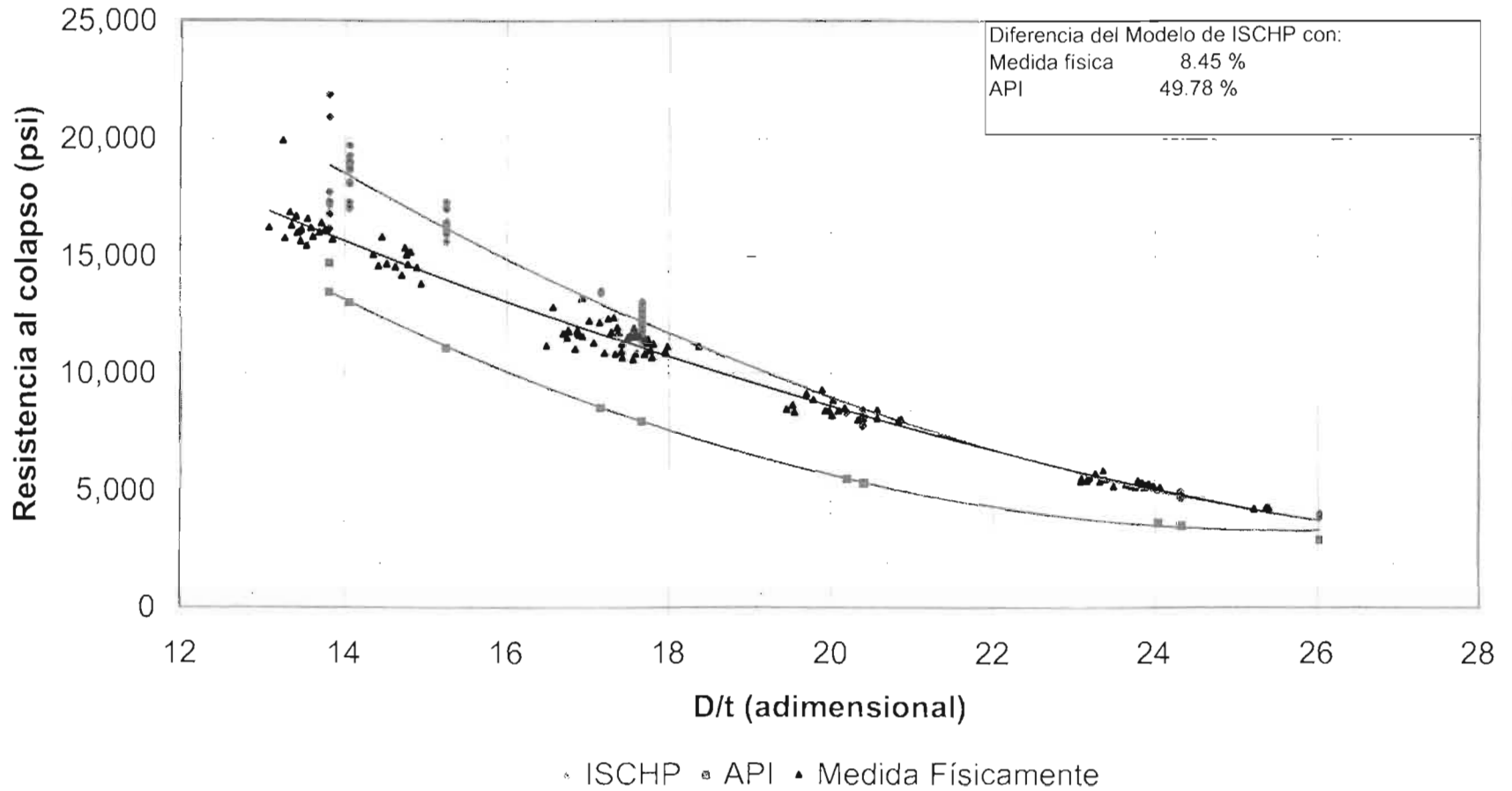
Tubería TAC-110



Gráfica III.17. Comparativo del modelo de Issa respecto al modelo API y los datos medidos físicamente, considerando datos de diámetro y espesor nominales (D , t) y cedencia real (σ_r) e imperfecciones (o y e)
Tubería TAC-110

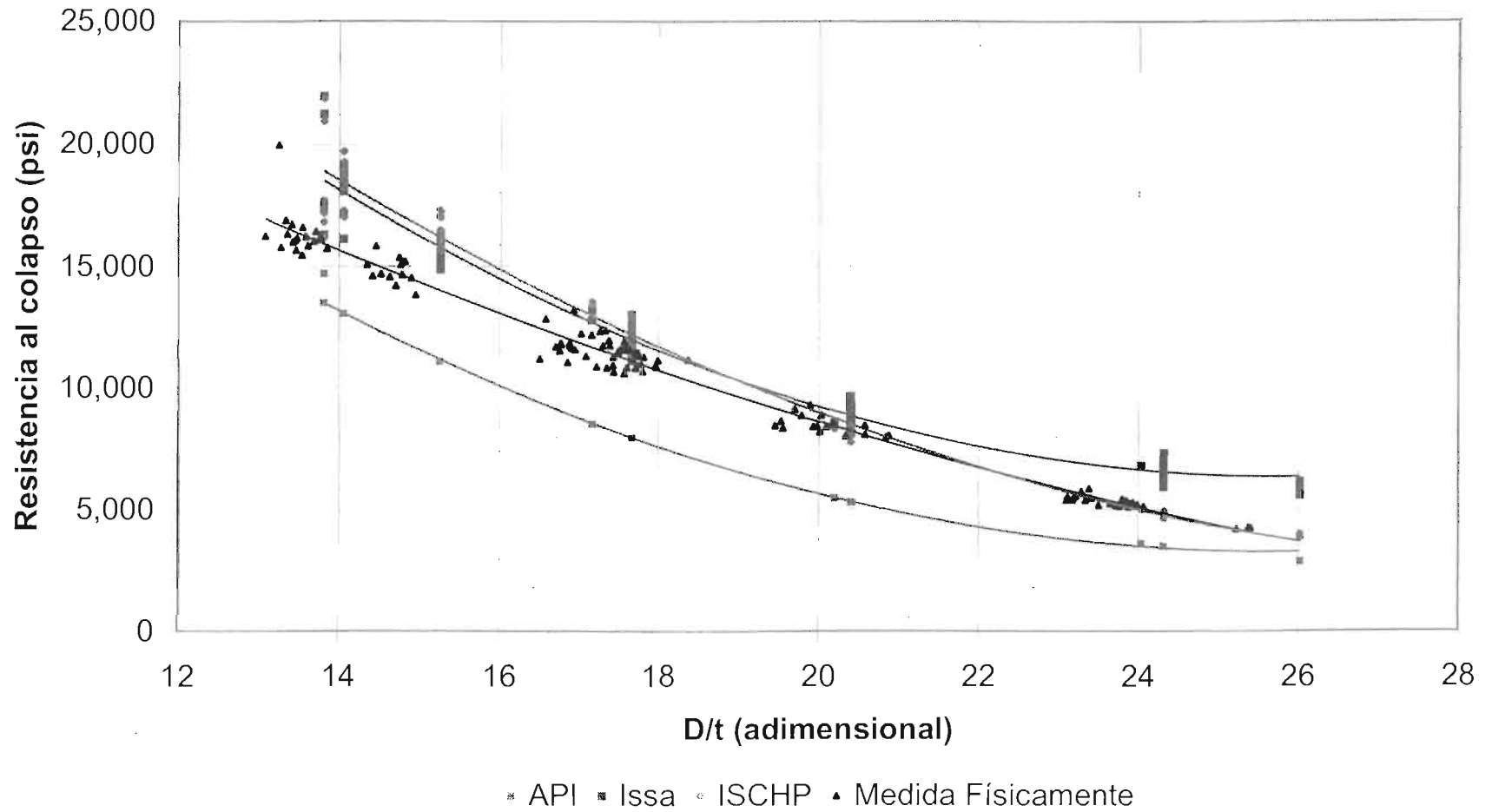


Gráfica III.18. Comparativo del modelo de ISCHP respecto al modelo API y los datos medidos físicamente, considerando datos de diámetro y espesor nominales (D, t) y cedencia real (σ_r) e imperfecciones (o y e)
Tubería TAC-110

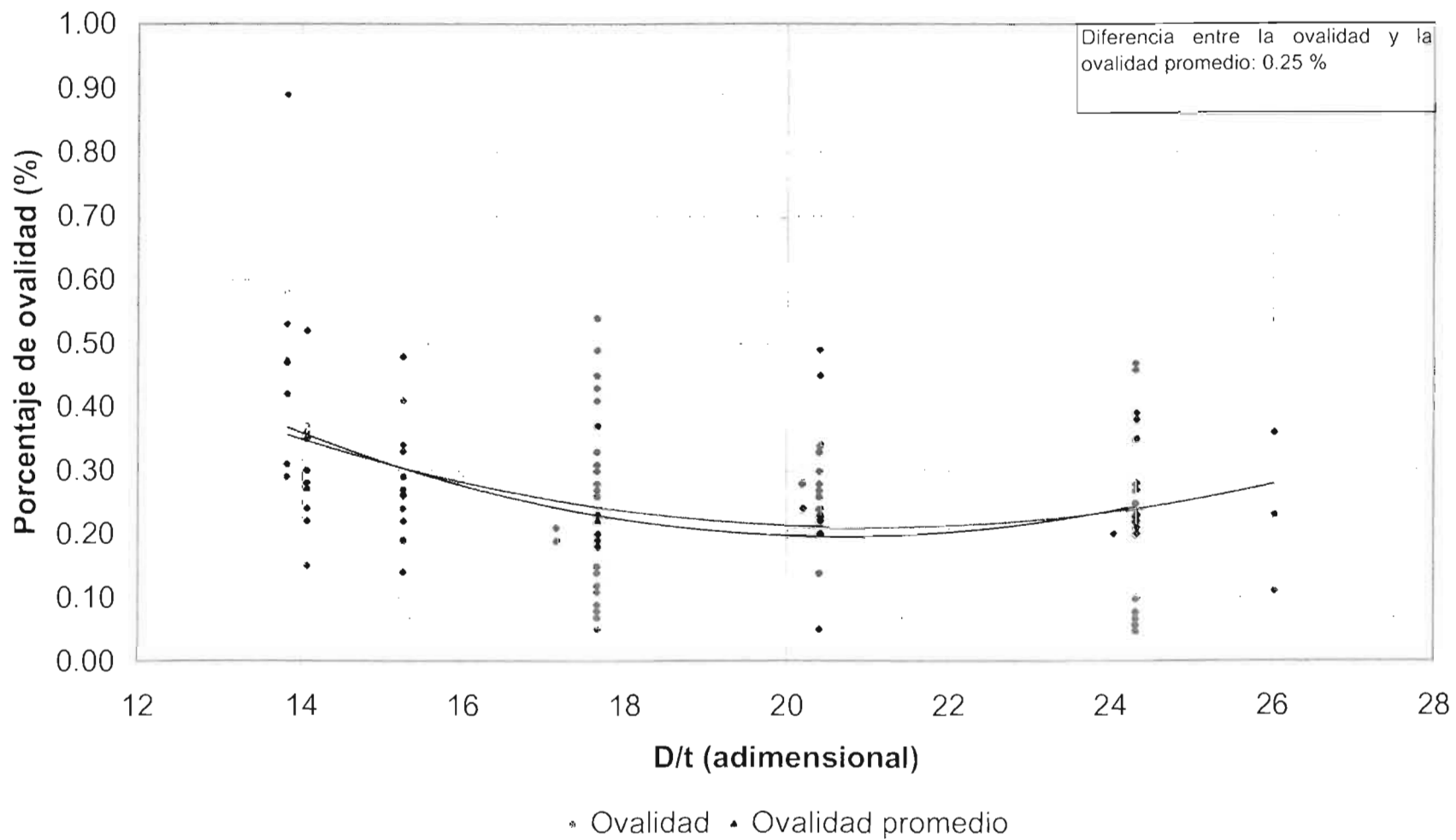


Gráfica III.19. Comparativo de los modelos de Issa e ISCHP respecto al modelo API y los datos medidos físicamente con datos de diámetro y espesor nominales (D, t) y cedencia real (σ_r)

Tubería TAC-110



Gráfica III.20. Comparativo de la ovalidad de cada tubería con la ovalidad promedio
Tubería TAC-110



Gráfica III.21. Comparativo la excentricidad de cada tubería con la excentricidad promedio
Tubería TAC-110

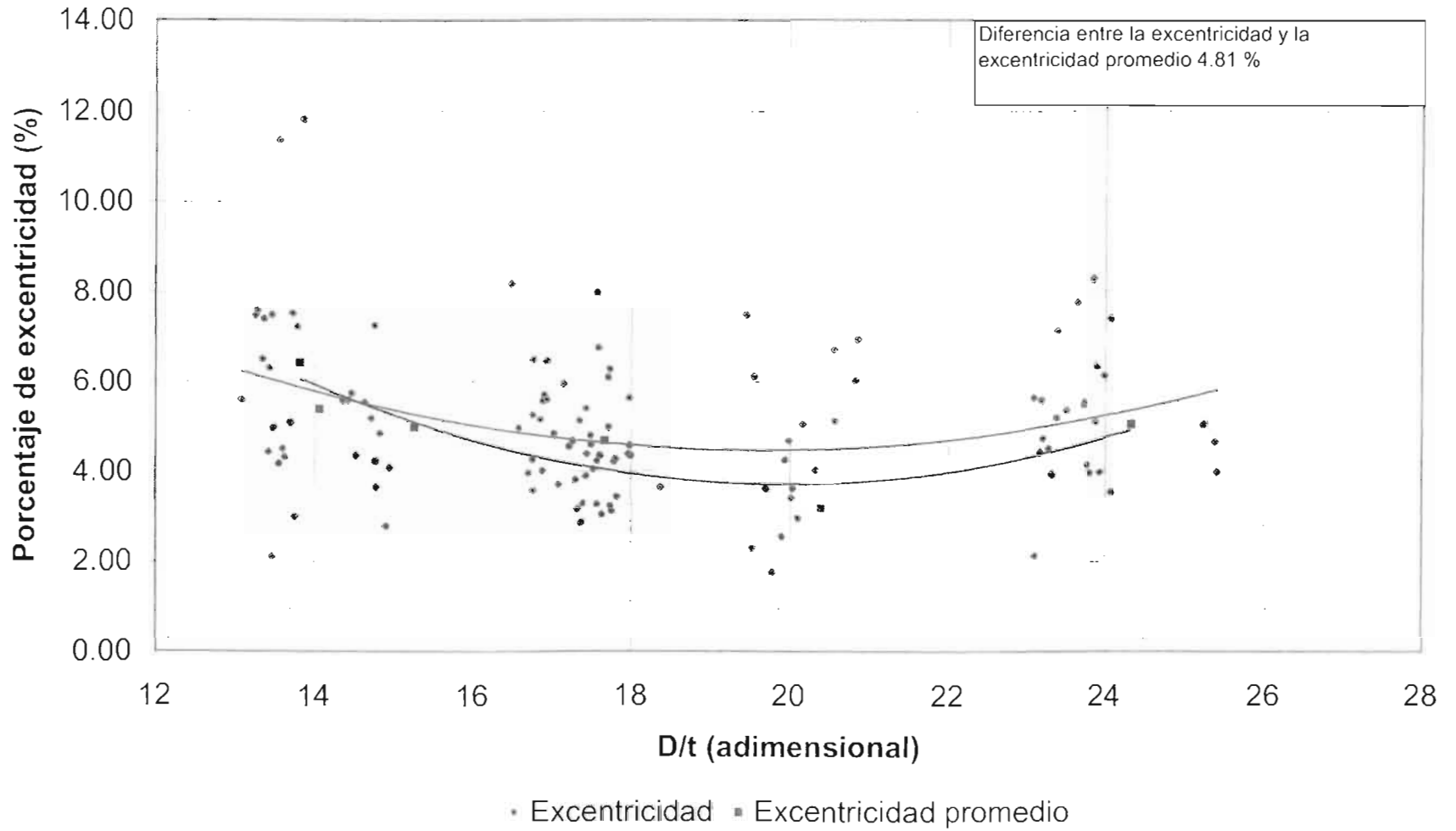


Tabla III.5. Comparativo de resistencias al colapso obtenidas con datos reales (D, t, o y e), considerando cedencia (σ_c) nominal y real

Datos				Resultados con cedencia nominal				Comparativo API		Comparativo físico		Resultados con cedencia real				Comparativo API		Comparativo físico						
Diámetro (pg)	Espesor (pg)	D/t (adim)	Ovalidad (%)	Excentricidad (%)	Cedencia Nominal (psi)	Cedencia Real (psi)	Obtenida (psi)	API (psi)	Issa (psi)	ISCHP (psi)	Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	Obtenida (psi)	API (psi)	Issa (psi)	ISCHP (psi)	Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
5.0197	0.378	13.2892	0.58	7.58	110.000.00	123.813.08	15.775	13.470	14.920	15.788	10.76	12.77	5.42	3.71	15.775	15.866	17.437	17.653	9.76	11.72	10.54	11.90		
5.0197	0.374	13.4216	0.47	6.30	110.000.00	123.813.08	15.987	13.470	16.038	15.504	19.07	15.10	0.28	3.08	15.987	15.544	18.410	17.785	16.44	14.42	15.08	11.78		
5.0071	0.375	13.3522	0.29	7.39	110.000.00	159.317.20	16.318	13.470	16.852	15.969	25.11	18.56	3.27	2.14	16.318	16.876	23.315	22.970	23.52	21.65	42.86	40.77		
4.9945	0.382	13.0746	0.53	5.59	110.000.00	126.173.53	16.238	13.470	15.746	15.362	16.60	14.06	3.28	5.39	16.238	16.596	19.192	18.504	15.64	11.40	18.19	13.95		
5.0201	0.379	13.2456	0.42	7.47	110.000.00	156.798.75	19.947	13.470	16.484	15.616	22.38	15.80	17.36	21.74	19.947	18.987	22.903	22.256	20.63	17.42	14.82	11.57		
5.0276	0.370	13.5680	0.31	4.50	110.000.00	123.044.09	18.214	13.470	16.050	15.984	19.15	18.66	1.01	1.42	16.214	15.127	17.950	18.035	18.66	18.23	10.71	11.23		
5.0236	0.367	13.6883	0.89	5.09	110.000.00	125.604.64	16.035	13.470	14.767	14.488	9.63	7.56	7.91	9.65	16.035	15.142	16.558	16.364	9.35	8.07	3.26	2.05		
7.0217	0.416	16.8790	0.21	4.01	110.000.00	135.135.13	11.854	8.532	11.028	12.280	29.26	43.93	6.97	3.59	11.854	9.855	13.157	13.951	33.51	41.56	10.99	17.89		
7.0299	0.413	17.0216	0.19	4.84	110.000.00	137.980.08	12.251	8.532	11.218	12.332	31.49	44.55	8.43	0.68	12.251	9.720	13.370	13.795	37.56	41.93	9.14	12.60		
7.0472	0.523	13.4747	0.30	4.97	110.000.00	136.273.11	16.150	13.030	15.895	15.925	20.45	20.46	2.82	2.81	16.150	16.568	19.780	19.970	19.24	20.39	22.48	23.65		
7.0512	0.518	13.6123	0.30	4.31	110.000.00	138.833.56	15.829	13.030	15.543	15.712	19.29	20.58	1.80	0.74	15.829	16.471	19.490	20.069	18.33	21.84	23.13	26.79		
7.0394	0.520	13.5373	0.28	4.17	110.000.00	134.992.88	15.459	13.030	15.572	15.774	19.51	21.06	0.73	2.04	15.459	16.322	19.330	19.808	18.43	21.36	25.04	28.13		
7.0602	0.525	13.4481	0.36	7.48	110.000.00	136.842.10	16.054	13.030	16.148	15.463	23.93	18.68	3.68	3.68	16.054	16.704	20.491	19.755	22.67	18.26	27.64	23.05		
7.0354	0.508	13.8493	0.37	11.82	110.000.00	123.897.57	15.735	13.030	17.384	15.332	33.41	17.67	10.48	2.56	15.735	14.649	19.488	17.327	33.03	18.28	23.85	10.12		
7.0315	0.519	13.5482	0.52	11.38	110.000.00	130.867.70	16.596	13.030	16.789	14.944	28.93	14.69	1.23	9.96	16.596	15.929	20.397	18.151	28.05	13.95	22.90	9.37		
7.0394	0.511	13.7757	0.15	7.22	110.000.00	132.147.93	16.128	13.030	16.764	16.084	28.66	23.44	3.95	0.27	16.128	15.517	19.859	19.484	27.99	25.56	23.14	20.81		
7.0413	0.512	13.7526	0.24	2.99	110.000.00	126.884.77	16.095	13.030	15.440	15.922	18.50	22.20	4.07	1.07	16.095	15.115	17.824	18.598	17.92	23.04	10.74	15.55		
7.0398	0.528	13.3329	0.35	6.50	110.000.00	130.867.70	16.877	13.030	15.922	15.515	22.19	19.07	5.66	8.07	16.877	16.437	19.875	19.268	20.91	17.22	17.76	14.17		
7.0622	0.515	13.7130	0.22	7.51	110.000.00	132.290.18	16.424	13.030	16.596	15.865	27.37	21.76	1.05	3.40	16.424	15.672	19.840	19.291	26.59	23.09	20.80	17.46		
7.0531	0.528	13.4090	0.15	4.43	110.000.00	136.415.35	16.704	13.030	16.055	16.159	23.21	21.01	3.89	3.28	16.704	16.763	20.399	20.783	21.69	23.98	22.12	14.58		
7.0276	0.522	13.4628	0.30	2.11	110.000.00	120.199.14	15.856	13.030	15.088	15.767	15.79	21.01	3.63	0.71	15.856	15.127	17.396	17.939	15.00	18.59	11.12	21.33		
7.6673	0.513	14.9460	0.33	4.03	110.000.00	131.436.69	13.839	11.079	13.305	14.780	20.09	28.00	3.86	2.47	13.839	13.018	15.704	16.790	20.63	28.96	33.47	26.39		
7.6614	0.521	14.7052	0.14	5.18	110.000.00	130.583.21	14.205	11.079	14.092	14.794	27.20	33.53	0.79	4.14	14.205	13.430	17.028	17.853	26.79	33.63	19.86	12.14		
7.6594	0.517	14.8152	0.22	4.84	110.000.00	137.695.58	16.201	11.079	13.764	14.520	24.24	31.08	9.45	4.48	15.201	13.873	17.046	18.112	24.67	32.46	32.46	12.14		
7.6547	0.519	14.7490	0.41	7.25	110.000.00	138.691.31	15.368	11.079	13.753	13.854	24.14	25.05	10.51	9.85	15.368	13.874	17.276	17.340	24.52	24.98	12.41	12.83		
7.6520	0.527	14.5199	0.48	4.36	110.000.00	136.549.07	14.685	11.079	12.961	13.724	17.17	23.88	11.60	6.54	14.685	14.353	16.777	17.578	16.89	22.47	12.80	15.66		
7.6480	0.533	14.3490	0.24	5.57	110.000.00	125.604.54	15.084	11.079	13.857	14.431	25.07	30.26	8.14	4.33	15.084	13.773	17.028	17.444	23.63	26.66	12.80	17.84		
7.6555	0.531	14.4172	0.29	5.58	110.000.00	126.173.53	14.602	11.079	13.713	14.266	23.78	28.78	6.09	2.30	14.602	13.682	16.773	17.207	22.80	28.77	14.44	16.37		
7.6638	0.530	14.4600	0.24	5.73	110.000.00	135.846.36	15.832	11.079	13.891	14.426	25.38	30.22	12.26	8.88	15.832	14.296	17.802	18.424	24.53	27.76	7.79	14.55		
7.6638	0.519	14.7664	0.34	4.23	110.000.00	133.712.85	16.075	11.079	13.305	14.145	20.10	27.88	11.74	1.67	15.075	13.517	16.245	17.268	29.21	27.99	30.24	17.59		
7.6713	0.519	14.7808	0.26	3.65	110.000.00	129.871.97	14.658	11.079	13.414	14.420	21.08	30.16	8.49	1.37	14.658	13.274	16.012	17.237	26.99	30.24	10.12	13.46		
7.6654	0.524	14.6285	0.27	5.53	110.000.00	122.190.60	14.559	11.079	13.760	14.333	24.20	29.37	5.49	1.55	14.559	12.983	16.018	16.518	23.38	27.23	10.12	13.46		
7.6857	0.516	14.8947	0.19	2.77	110.000.00	134.566.14	14.526	11.079	13.460	14.888	21.52	32.58	7.34	1.31	14.526	13.318	16.244	17.917	21.99	34.55	11.83	23.34		
9.6909	0.465	20.8407	0.26	6.03	110.000.00	125.462.30	7.997	5.295	8.161	7.542	54.13	60.01	2.05	0.68	7.997	5.364	8.601	7.568	60.34	41.09	7.55	5.38		
9.6902	0.485	19.9797	0.45	4.67	110.000.00	119.630.15	8.406	5.295	7.616	7.640	43.84	44.31	9.40	9.11	8.406	5.775	8.410	8.200	45.63	41.99	0.05	2.45		
9.6783	0.495	18.5522	0.49	6.12	110.000.00	131.721.19	8.349	5.295	7.713	7.584	45.68	42.75	7.62	9.47	8.349	6.348	9.497	8.748	49.59	37.80	13.75	4.78		
9.6870	0.498	19.4518	0.28	7.99	110.000.00	135.135.13	8.461	5.296	8.309	7.884	56.94	48.91	1.79	6.82	8.461	6.499	10.493	8.254	61.45	42.39	24.01	9.37		
9.6988	0.477	20.3330	0.22	4.04	110.000.00	118.065.43	8.015	5.295	8.011	8.048	51.30	52.01	0.06	0.41	8.015	5.522	8.474	8.182	53.48	44.19	7.49	1.46		
9.7047	0.483	20.0926	0.24	2.96	110.000.00	128.876.24	8.396	5.295	7.847	8.028	48.21	51.63	6.53	4.38	8.396	5.908	9.025	8.518	52.76	43.27	13.38	4.20		
9.7031	0.465	20.8670	0.14	6.95	110.000.00	127.311.52	8.044	5.295	8.580	8.155	62.05	54.02	6.66	1.38	8.044	5.379	9.120	8.989	61.42	38.97	12.43	3.21		
9.7094	0.472	20.5709	0.30	6.72	110.000.00	131.152.20	8.084	5.295	8.162	7.861	54.15	48.47	0.96	2.76	8.084	5.531	9.087	8.218	69.33	46.99	11.95	2.82		
9.7087	0.472	20.5692	0.05	5.11	110.000.00	128.733.99	8.456	5.295	8.604	8.378	62.50	58.23	1.75	0.93	8.456	5.591	9.035	8.328	55.62	43.44	5.92	2.37		
9.6823	0.480	20.1714	0.27	5.06	110.000.00	128.458.03	8.530	5.295	8.018	7.940	51.44	49.95	6.00	6.92	8.530	5.805	9.035	8.328	56.62	41.36	9.37	1.80		
9.6863	0.486	19.9307	0.33	4.25	110.000.00	130.725.45	8.410	5.295	7.798	7.846	47.27	48.18	7.28	6.71	8.410	6.056	9.198	8.561	51.88	46.69	14.94	16.65		
9.7059	0.555	17.4881	0.05	4.59	110.000.00	138.264.57	11.505	7.948	11.048	12.356	39.00	55.47	3.98	7.40	11.505	9.015	13.224	13.421	46.69	48.87	11.69	15.77		
9.7047	0.557	17.4232	0.27	3.89	110.000.00	135.135.13	10.336	7.948	10.290	11.391	29.46	43.32	5.91	4.15	10.336	9.036	12.214	12.651	35.19	40.13	6.63	17.30		
9.6949	0.552	17.5632	0.20	3.26	110.000																			

Tabla III.5. Comparativo de resistencias al colapso obtenidas con datos reales (D, t, o y e), considerando cedencia (σ) nominal y real

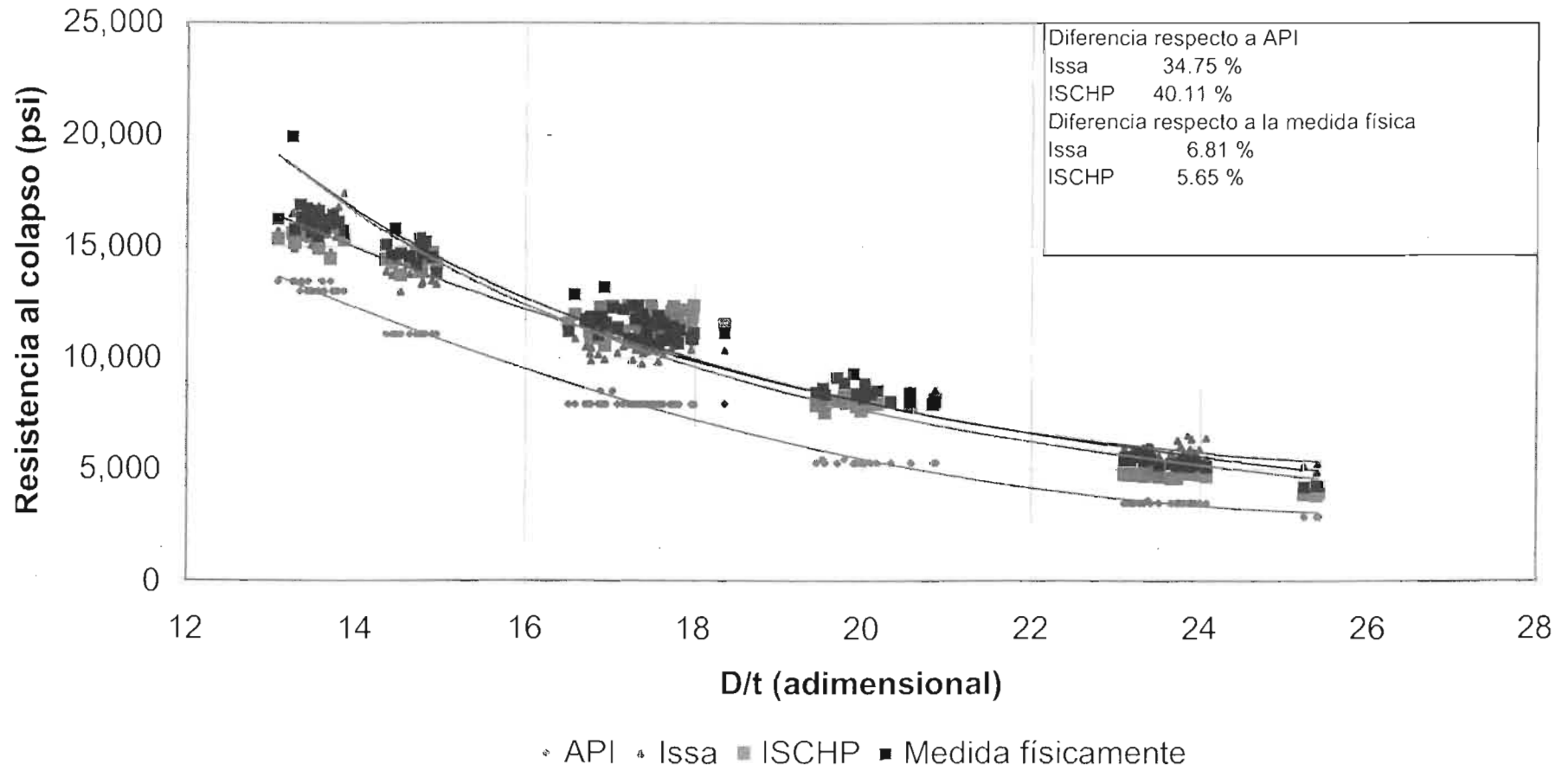
Datos						Resultados con cedencia nominal				Comparativo API		Comparativo físico		Resultados con cedencia real				Comparativo API		Comparativo físico		
Diámetro (pg)	Espesor (pg)	D/t (adim)	Ovalidad (%)	Excentricidad (%)	Cedencia Nominal (psi)	Cedencia Real (psi)	Obtenida (psi)	API (psi) *	Issa (psi)	ISCHP (psi)	Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	Obtenida (psi)	API (psi) *	Issa (psi)	ISCHP (psi)	Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
9.6890	0.556	17.4262	0.20	5.39	110.000.00	132.290.18	11.272	7.948	10.703	11.600	34.67	45.95	5.05	2.91	11.272	8.956	12.513	12.792	39.71	42.83	11.01	13.49
9.6862	0.580	16.7004	0.19	3.96	110.000.00	130.298.71	11.701	7.948	10.507	11.689	32.20	47.07	10.20	0.10	11.701	9.960	13.133	14.216	31.85	42.72	12.24	21.49
9.6870	0.553	17.5172	0.23	4.04	110.000.00	129.871.97	11.584	7.948	10.413	11.531	31.01	45.08	10.11	0.46	11.584	8.763	11.905	12.496	35.85	42.60	2.77	7.87
9.6902	0.578	16.7690	0.43	3.57	110.000.00	129.445.23	11.851	7.948	9.881	10.901	24.32	37.15	16.62	8.02	11.851	9.831	12.239	13.119	24.49	33.45	3.27	10.70
9.6850	0.578	16.7561	0.18	5.26	110.000.00	129.445.23	11.801	7.948	10.736	11.684	35.08	47.01	9.02	0.99	11.801	9.844	13.275	14.067	34.85	42.89	12.49	19.20
9.6854	0.578	16.7568	0.18	5.26	110.000.00	129.445.23	11.801	7.948	10.736	11.684	35.08	47.01	9.02	0.99	11.801	9.843	13.274	14.066	34.86	42.90	12.48	19.19
9.6921	0.578	16.7684	0.37	6.50	110.000.00	131.436.69	11.787	7.948	10.459	11.000	31.60	38.41	11.26	6.67	11.787	9.899	13.082	13.316	32.16	34.53	10.88	12.98
9.6843	0.573	16.9010	0.28	5.70	110.000.00	130.867.70	11.640	7.948	10.544	11.304	32.66	42.22	9.42	2.89	11.640	9.678	12.947	13.411	32.77	38.56	11.22	15.21
9.6909	0.572	16.9422	0.31	6.47	110.000.00	132.005.68	11.579	7.948	10.597	11.184	33.33	40.72	8.48	3.41	11.579	9.655	13.036	13.240	35.01	37.13	12.58	14.35
9.6835	0.572	16.9291	0.54	5.59	110.000.00	132.432.42	13.200	7.948	9.960	10.562	25.19	32.89	24.62	19.98	13.200	9.689	12.307	12.559	27.02	29.62	6.77	4.85
11.8740	0.508	23.3740	0.20	5.17	110.000.00	130.867.70	5.849	3.604	6.024	4.974	67.15	38.02	2.99	14.96	5.849	4.007	7.165	5.440	78.80	35.75	22.50	6.99
11.9094	0.602	19.7811	0.24	1.76	110.000.00	123.186.34	8.872	5.486	7.872	8.276	44.03	51.41	11.27	6.72	8.872	5.988	8.866	8.894	48.00	48.53	0.07	0.24
11.9114	0.610	19.5269	0.28	2.30	110.000.00	123.755.33	8.644	5.486	7.839	8.186	43.42	49.80	9.31	5.77	8.644	6.234	9.077	9.145	45.60	46.89	5.01	5.79
11.9469	0.597	20.0115	0.23	3.41	110.000.00	124.324.32	8.203	5.286	7.912	8.031	49.82	51.87	3.55	2.10	8.203	5.865	8.946	8.603	52.57	46.70	9.08	4.88
11.9756	0.598	20.0261	0.34	3.82	110.000.00	137.126.69	8.858	5.286	7.703	7.829	45.67	48.06	13.04	11.61	8.858	6.109	9.311	8.475	52.40	38.72	5.11	4.32
11.9567	0.607	19.6980	0.20	3.62	110.000.00	134.708.38	9.127	5.286	8.604	8.024	51.36	52.88	12.31	11.42	9.127	6.305	9.851	9.123	56.23	44.89	7.93	0.04
11.9736	0.602	19.8897	0.22	2.55	110.000.00	133.907.15	9.298	5.286	7.844	8.064	48.34	52.50	15.64	13.27	9.298	6.151	9.449	8.844	63.61	43.78	1.82	4.89
13.4638	0.520	25.4034	0.11	3.99	110.000.00	137.126.59	4.252	2.882	5.274	3.969	82.99	37.72	24.03	6.65	4.252	3.037	6.418	4.282	111.30	40.98	50.94	0.71
13.4705	0.534	25.2256	0.23	5.05	110.000.00	133.143.66	4.211	2.882	5.115	3.898	77.48	35.25	21.47	7.44	4.211	3.104	6.193	4.301	99.03	38.57	47.06	2.14
13.4232	0.529	25.3747	0.36	4.66	110.000.00	133.712.65	4.284	2.882	4.871	3.830	89.01	32.88	14.23	10.19	4.284	3.048	5.853	4.157	92.03	36.39	37.27	2.51
13.4728	0.563	23.9304	0.22	3.96	110.000.00	125.470.83	5.271	3.494	5.748	4.794	64.55	37.23	9.07	9.04	5.271	3.722	6.426	5.051	72.67	35.70	21.92	4.18
13.4646	0.564	23.8733	0.20	5.08	110.000.00	133.846.36	5.119	3.494	5.884	4.602	68.41	37.45	14.94	6.19	5.119	3.679	7.049	5.107	91.81	38.83	37.70	0.23
13.4697	0.566	23.7980	0.21	3.94	110.000.00	130.725.45	5.423	3.494	5.767	4.802	65.06	37.45	6.34	11.45	5.423	3.796	6.774	5.152	78.46	35.73	24.91	5.00
13.4315	0.574	23.3998	0.23	7.14	110.000.00	134.566.14	5.471	3.494	5.016	4.767	72.19	36.43	9.95	12.88	5.471	3.999	7.442	5.390	86.11	34.79	36.03	1.49
13.4603	0.562	23.9863	0.25	6.11	110.000.00	135.419.62	5.197	3.494	5.878	4.758	68.25	36.20	13.11	8.44	5.197	3.626	6.966	4.994	92.14	37.74	34.05	3.91
13.4488	0.566	23.7612	0.10	4.12	110.000.00	133.143.66	5.133	3.494	6.021	4.894	72.34	39.80	17.30	4.84	5.133	3.733	7.175	5.258	92.23	40.86	39.79	2.44
13.4591	0.580	23.2053	0.23	4.71	110.000.00	133.001.41	5.555	3.494	5.792	4.782	85.79	36.88	4.27	12.91	5.555	4.099	7.223	5.542	76.22	35.21	30.93	0.83
13.4785	0.570	23.6483	0.46	7.77	110.000.00	136.273.11	5.239	3.494	5.173	4.598	62.38	31.61	8.29	12.24	5.239	3.788	6.948	5.055	83.42	33.45	32.62	3.51
13.4657	0.573	23.5004	0.39	5.34	110.000.00	121.621.61	5.185	3.494	5.886	4.682	59.30	33.44	7.34	10.09	5.185	3.911	6.383	5.189	63.21	32.66	23.10	0.66
13.4709	0.568	23.7163	0.47	5.45	110.000.00	133.001.41	5.178	3.494	5.451	4.605	66.04	31.81	5.28	11.07	5.178	3.755	6.532	5.013	73.97	33.52	26.15	3.18
13.4528	0.578	23.2747	0.21	4.49	110.000.00	134.850.63	5.737	3.494	5.812	4.798	66.37	37.35	1.32	16.36	5.737	4.065	7.273	5.512	78.92	35.87	33.32	4.39
13.4402	0.582	23.0931	0.22	5.61	110.000.00	126.742.52	5.381	3.494	5.891	4.784	68.62	36.93	9.48	11.10	5.381	4.134	7.174	6.617	73.53	35.72	26.77	3.92
13.4724	0.581	23.1884	0.27	5.56	110.000.00	132.005.68	5.526	3.494	5.891	4.747	65.75	35.88	4.79	14.09	5.526	4.106	7.199	6.615	75.34	34.33	30.27	0.20
13.4610	0.581	23.1687	0.28	4.41	110.000.00	128.876.24	5.399	3.494	5.674	4.747	62.41	35.88	5.09	12.07	5.399	4.106	6.952	6.524	69.32	34.55	28.36	0.11
13.4591	0.577	23.3298	0.35	3.93	110.000.00	135.419.62	5.378	3.494	5.516	4.698	57.97	34.51	2.56	12.62	5.378	4.038	6.993	5.372	70.98	34.55	24.06	1.96
13.4697	0.583	23.1041	0.27	2.12	110.000.00	130.440.96	5.523	3.494	5.518	4.766	57.94	36.51	0.09	13.65	5.523	4.145	6.852	5.598	70.32	35.06	24.06	1.78
13.4598	0.563	23.8913	0.06	6.33	110.000.00	132.147.33	5.253	3.494	6.333	4.901	81.26	40.27	20.56	6.71	5.253	3.670	7.431	5.186	102.45	41.28	41.46	1.78
13.4526	0.567	23.7248	0.05	5.52	110.000.00	130.296.71	5.181	3.494	6.282	4.914	79.82	40.65	21.25	5.16	5.181	3.831	7.306	5.310	93.03	38.59	42.74	2.99
13.4783	0.560	24.0685	0.38	3.52	110.000.00	123.897.57	5.079	3.494	5.436	4.680	55.59	33.07	7.03	7.85	5.079	3.661	6.027	4.854	84.66	32.60	18.77	4.43
13.4508	0.564	23.8485	0.07	8.27	110.000.00	130.440.96	5.353	3.494	6.508	4.880	86.29	39.57	21.53	8.84	5.353	3.771	7.595	5.193	101.43	37.72	41.85	2.99
13.4528	0.559	24.0653	0.04	7.39	110.000.00	133.854.60	5.125	3.494	6.386	4.578	82.78	39.62	24.80	4.82	5.125	3.589	7.197	5.692	107.80	40.76	45.51	1.43

* El cálculo de la resistencia al colapso API, no considera imperfecciones.

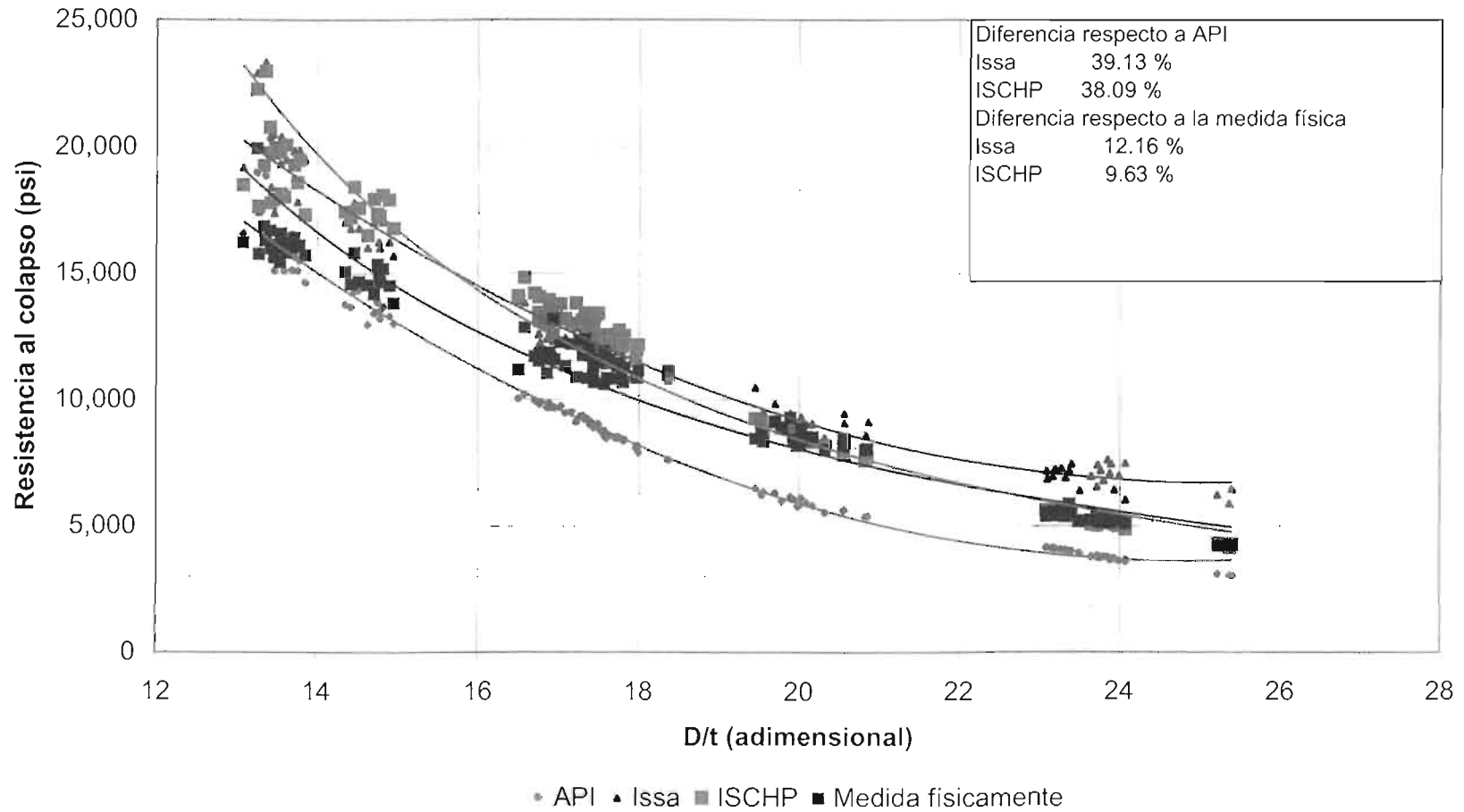
Diámetro	Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
5	18.27	15.01	3.99	4.06
7	24.30	21.18	3.36	2.53
7.5/8	23.40	29.63	8.35	3.85
9.5/8	34.35	46.96	6.52	4.95
11.3/4	47.88	51.03	10.96	9.92
13.3/8	67.16	36.68	9.81	10.03
Promedio	34.75	40.11	6.81	5.65

Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
17.53	14.38	13.54	11.57
23.18	21.38	21.53	18.19
22.90	28.21	12.47	17.74
38.94	42.97	6.55	10.45
52.86	45.05	6.02	4.70
82.77	35.91	32.79	2.22
39.73	38.09	12.16	9.63

Gráfica III.22. Comparativo de resistencia al colapso calculada con los modelos de Issa e ISCHP considerando datos nominales (D , t , σ) e imperfecciones (σ , e), con el modelo API y datos medidos físicamente
Tubería TAC-110



Gráfica III.23. Comparativo de resistencia al colapso calculada con los modelos de Issa e ISCHP considerando datos reales (D , t , σ) e imperfecciones (σ , e), con el modelo API y datos medidos físicamente
Tubería TAC-110



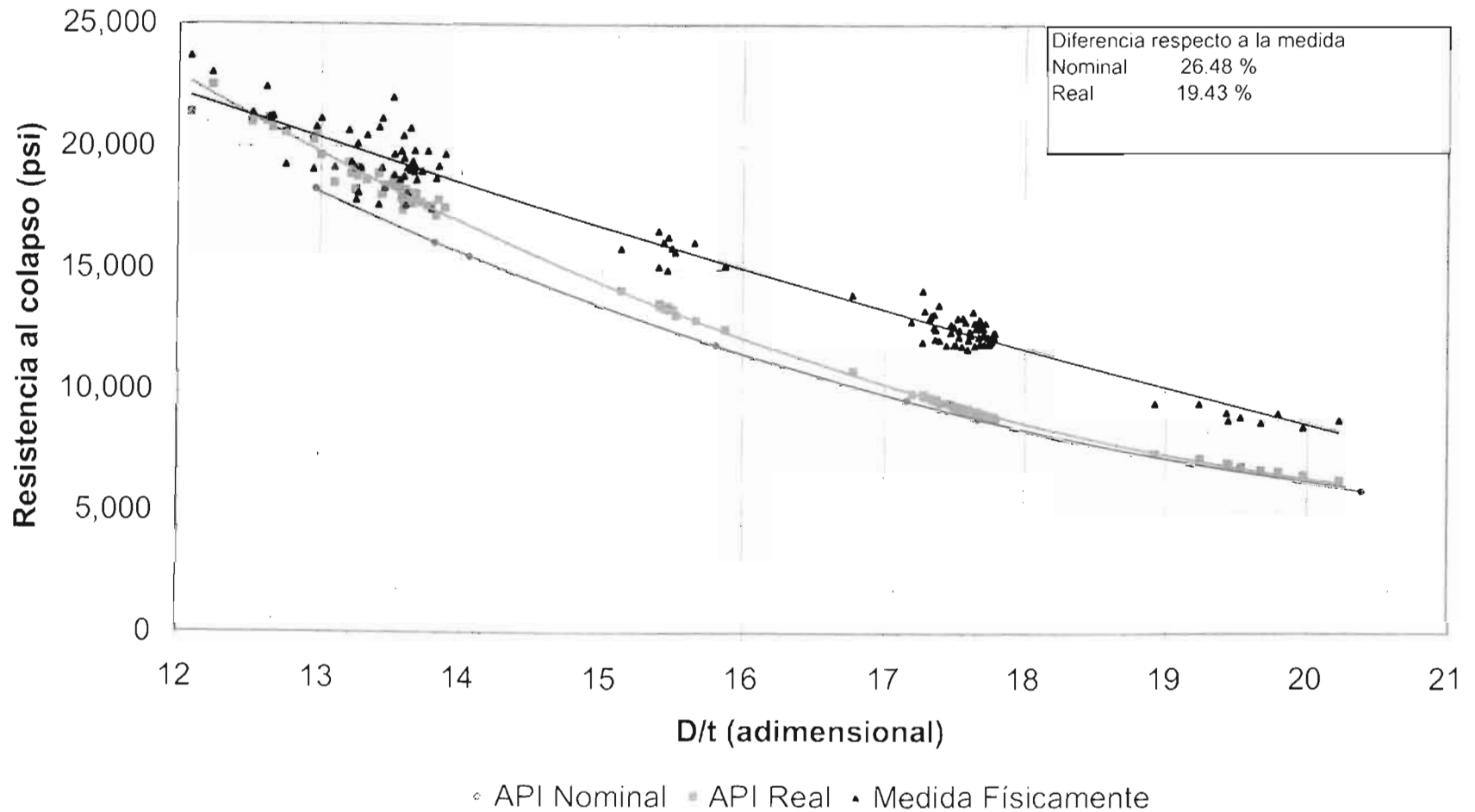
ANEXO 3

Análisis de los modelos de Issa e ISCHP, comparados el modelo API y con datos obtenidos de pruebas físicas, para tubería TAC-140

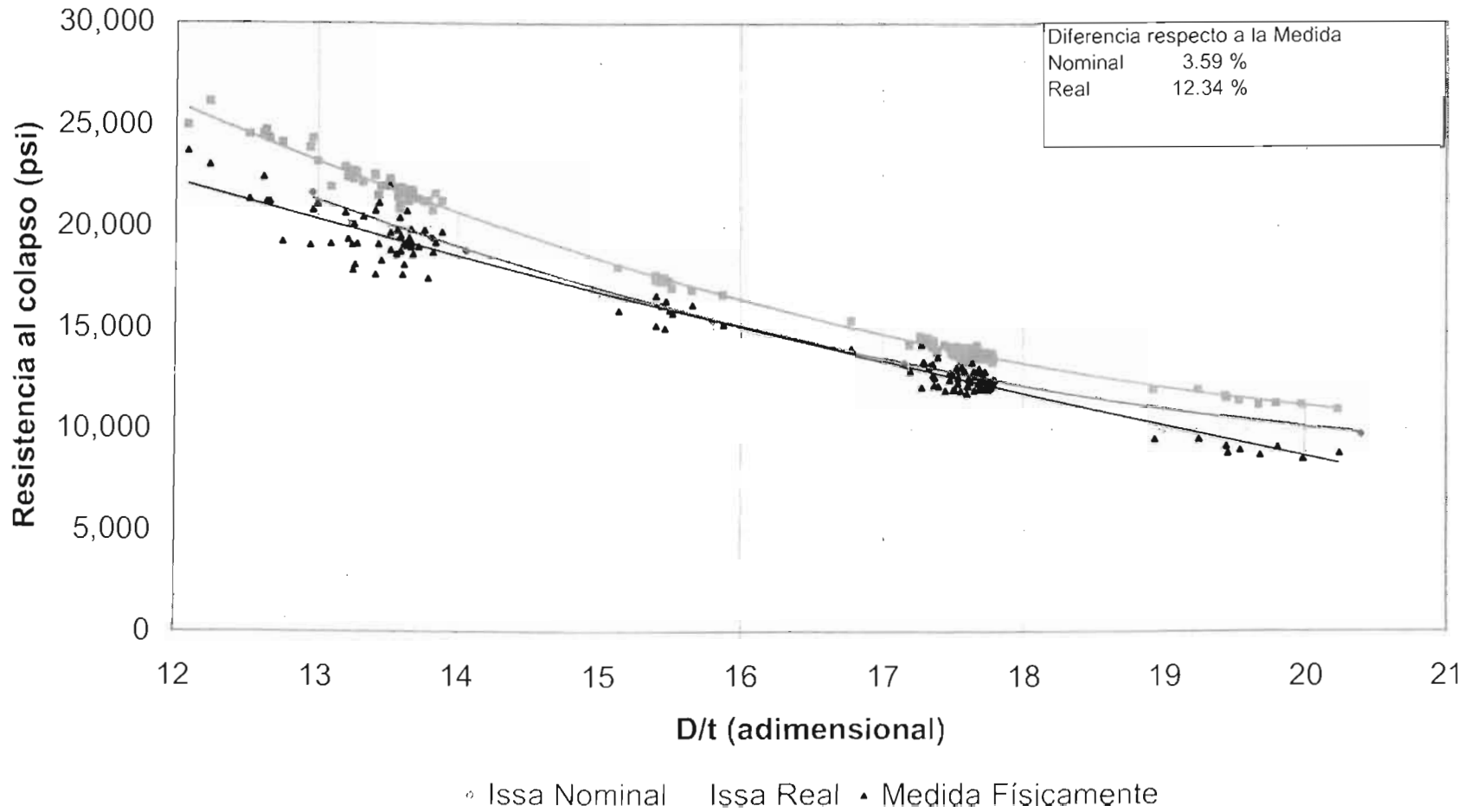
Tabla III.6. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores nominales y reales sin considerar imperfecciones, comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo AF para tubería TAC-140

Datos		Resultados Nominales				Diferencias con API		Dif. con pba. Física			Resultados reales				Diferencias con API		Dif. con pba. física		
Diámetro	Pba. Física	D/t	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	D/t	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
5	19.112	13.8122	16.079	19.428	21.700	20.83	34.90	15.87	1.65	13.94	13.2431	18.258	20.687	23.881	18.97	30.88	4.47	5.15	3
5	19.156	13.8122	16.079	19.428	21.700	20.83	34.90	16.07	1.41	13.27	13.0944	18.524	21.988	23.882	18.70	28.78	3.31	14.77	2
5	19.273	13.8122	16.079	19.428	21.700	20.83	34.90	16.57	0.80	12.59	12.7507	20.572	24.180	26.220	17.44	27.46	6.74	25.30	3
5	18.798	13.8122	16.079	19.428	21.700	20.80	34.86	14.46	3.35	15.44	13.5885	18.026	21.658	24.755	20.15	37.33	4.11	15.21	3
5	20.685	13.8122	16.079	19.428	21.700	20.81	34.90	22.27	6.08	4.91	13.1836	19.348	22.974	25.734	18.74	33.01	6.47	11.66	2
5	18.639	13.8122	16.079	19.428	21.700	20.83	34.90	13.73	4.23	16.42	13.5587	18.285	21.952	26.184	20.06	37.60	1.90	17.78	3
5	20.831	13.8122	16.079	19.428	21.700	20.83	34.90	22.81	8.74	4.12	12.0687	20.658	24.358	27.271	17.90	32.01	0.83	16.92	3
7	13.075	17.1609	0.563	13.297	14.753	30.04	54.05	31.57	4.85	5.42	16.7722	10.771	15.445	15.814	43.39	46.82	22.93	16.52	1
7	20.452	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	24.22	7.84	4.40	13.5827	17.407	20.905	23.480	20.09	34.84	14.80	2.21	1
7	18.141	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	19.03	1.53	11.56	13.4295	18.037	21.508	24.142	19.50	31.85	5.77	12.09	2
7	19.531	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	20.65	3.50	9.33	13.5887	17.595	21.134	23.892	20.12	35.73	9.91	8.21	2
7	21.100	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	20.78	10.95	0.08	13.4331	18.039	21.573	24.159	18.59	33.93	14.77	1.82	1
7	19.384	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	20.04	2.70	10.15	13.2134	18.889	22.452	24.941	18.80	32.04	2.55	15.83	2
7	19.827	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	21.83	4.54	7.89	13.5883	17.897	21.486	24.408	20.06	36.38	9.73	6.37	2
7	20.127	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	23.00	6.35	8.99	13.2553	18.802	22.372	24.207	18.99	32.83	6.50	11.15	2
7	19.414	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	20.17	2.91	9.96	13.6501	17.678	21.277	24.290	20.36	37.41	6.94	9.60	2
7	18.725	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	17.23	0.66	14.03	13.8219	17.205	20.820	24.017	21.02	39.60	8.12	11.19	2
7	20.483	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	24.33	7.98	4.24	13.3221	18.641	22.220	24.881	19.20	33.53	8.90	8.48	2
7	21.186	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	20.78	10.95	0.88	12.9687	19.653	23.227	25.529	18.19	29.90	7.15	9.74	2
7	18.324	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	15.41	2.87	10.53	13.4508	18.414	22.031	24.966	18.64	35.98	0.50	20.23	2
7	18.107	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	14.40	4.09	17.92	13.6117	17.981	21.620	24.761	20.24	37.71	0.70	18.40	3
7	18.131	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	14.52	3.96	17.77	13.2633	19.017	22.627	25.382	19.90	33.47	4.88	24.80	3
7	19.837	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	21.87	4.96	7.64	13.7803	17.591	21.255	24.581	20.83	39.74	11.32	7.15	2
7	19.005	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	18.45	0.83	12.35	13.7183	17.729	21.381	24.673	20.86	39.24	6.76	12.50	2
7	19.188	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	19.23	1.72	11.28	13.6987	17.871	21.529	24.777	20.47	38.64	8.88	13.20	2
7	20.765	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	25.36	9.23	2.83	13.6336	17.982	21.839	24.858	20.33	38.24	13.40	4.21	1
7	17.845	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	15.18	5.62	19.65	13.2491	19.154	22.780	25.590	18.33	33.60	7.33	21.85	4
7	19.083	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	18.65	1.06	12.07	13.6330	18.007	21.706	24.971	20.34	38.45	5.33	13.92	3
7	17.483	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	11.25	7.93	22.27	13.7880	17.584	21.384	24.712	20.97	40.46	0.75	21.88	4
7	19.151	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	19.07	1.58	11.49	13.2781	19.000	22.735	25.807	19.03	34.06	0.20	18.71	3
7	19.149	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	19.06	1.57	11.51	13.6123	18.107	21.776	25.028	20.26	38.62	5.44	13.72	3
7	19.702	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	21.33	4.33	8.38	13.6183	18.434	22.079	25.256	19.91	37.15	8.54	12.07	2
7	19.000	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	18.43	0.80	12.38	13.6818	18.068	21.709	25.167	20.49	39.29	4.91	14.53	3
7	19.079	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	18.77	1.21	11.92	12.3654	20.264	23.806	26.443	17.32	30.45	6.21	25.24	3
7	17.625	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	12.06	6.84	21.15	13.6825	18.252	21.947	25.291	20.25	38.49	3.95	24.52	4
7	22.032	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	26.85	14.45	3.09	13.6993	18.538	22.224	25.474	19.88	37.41	15.86	0.87	1
7	20.794	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	25.47	9.36	3.68	13.4078	18.877	22.587	25.850	20.57	39.73	3.11	16.82	3
7	18.651	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	16.90	1.06	14.48	13.6786	18.679	21.787	25.250	20.57	39.73	3.11	16.82	3
7	19.853	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	21.83	5.06	7.86	13.6651	18.126	21.839	25.295	20.52	39.60	8.73	10.00	4
7	17.642	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	12.15	6.84	21.03	13.4984	18.908	22.595	25.786	19.50	36.38	7.17	28.88	4
7	19.739	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	21.48	4.51	8.17	13.8849	17.525	21.290	25.014	21.48	42.73	11.21	7.80	3
7	18.946	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	17.76	1.91	13.36	13.5173	18.685	22.411	25.820	19.94	38.19	0.80	18.92	3
7	19.216	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.81	37.77	19.34	1.91	11.12	13.8397	17.849	21.681	25.529	21.38	43.66	7.13	12.72	3
7	23.700	12.0630	18.209	21.670	23.004	18.62	25.92	22.94	8.99	2.96	12.0811	21.407	24.998	25.325	19.77	18.50	0.70	5.45	1
7	21.305	12.0630	18.209	21.670	23.004	18.62	25.92	14.49	1.43	7.67	12.5170	20.983	24.852	26.084	17.01	24.21	1.70	14.32	2
7	21.249	12.0630	18.209	21.670	23.004	18.62	25.92	14.03	1.98	8.28	12.6827	20.758	24.335	26.200	17.25	26.23	2.32	14.50	2
7	22.438	12.0630	18.209	21.670	23.004	18.62	25.92	18.57	3.41	2.53	12.6160	21.090	24.591	26.450	17.10	25.96	6.40	9.80	1
7	23.039	12.0630	18.209	21.670	23.004	18.62	25.92	20.71	5.04	5.15	12.2348	22.529	26.145	27.545	18.10	22.33	2.25	13.18	1
7	21.218	12.0630	18.209	21.670	23.004	18.62	25.92	13.90	2.13	8.42	12.6307	21.164	24.764	26.796	17.06	26.67	0.90	16.71	2
9.58	9.498	20.3940	5.887	9.769	8.602	65.85	46.11	37.98	2.99	4.38	18.9261	7.356	11.897	10.849	68.10	47.49	22.50	26.39	1
9.58	8.710	20.3940	5.887	9.769	8.602	65.95	46.11	32.41	12.18	1.24	19.6721	6.683	11.238	9.619	68.16	43.84	23.28	29.82	1
9.58	8.828	20.3940	5.887	9.769	8.602	65.85	46.11	34.06	9.43	3.68	19.6326	6.822	11.437	9.826	67.84	44.16	23.98	28.10	1
9.58	8.795	20.3940	5.887	9.769	8.602	65.95	46.11	33.07	11.07	2.21	19.4463	6.914	11.575	9.972	67.42	44.23	21.40	31.60	1
9.58	9.138	20.3940	5.887	9.769	8.602	65.95	46.11	35.58	0.91	5.87	19.4749	6.948	11.681	9.950	68.11	43.77	23.95	27.83	1
9.58	9.085	20.3940	5.887	9.769	8.602	65.95	46.11	35.20	7.53	5.32	19.7985	6.613	11.287	9.431	70.84	42.81	27.21	24.35	1
9.58	9.494	20.3940	5.887	9.769	8.602	65.95	46.11	37.89	2.90	8.40	19.2406	7.198	11.982	10.307	67.43	44.62	25.62	26.20	1
9.58	8.517	20.3940	5.887	9.769	8.602	65.95	46.11	30.58	14.21	1.00	19.0750	6.474	11.237	9.174	67.56	41.70	23.98	21.94	1
9.58	8.606	20.3940	5.887	9.769	8.602	65.95	46.11	33.15	0.94	2.32	20.2316	6.947	10.989	8.818	76.08	41.16	29.06	24.91	1
9.58	13.048	17.6824	8.793	12.830	13.456	43.													

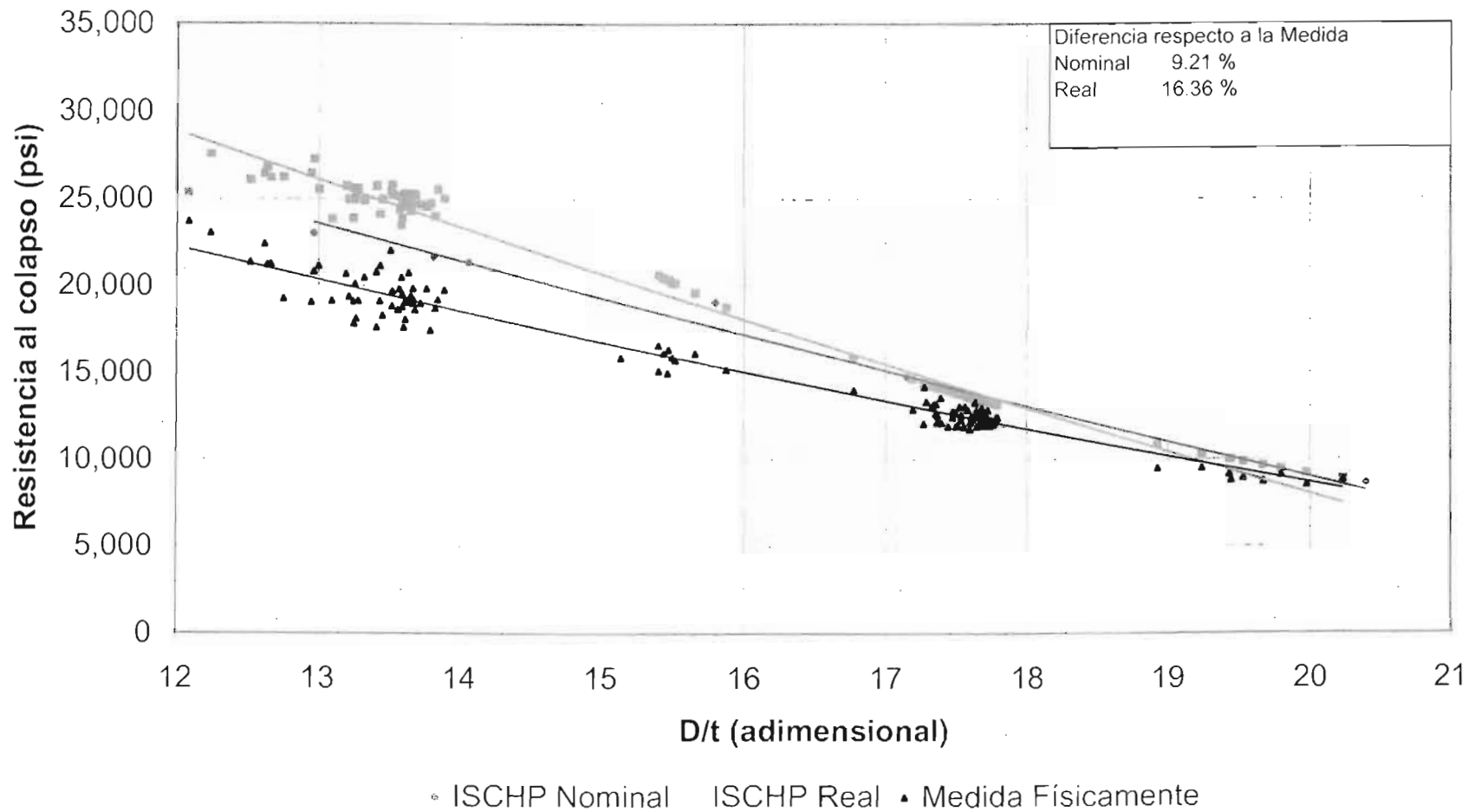
Gráfica III.24. Comparativo del modelo API con datos nominales y reales (D, t, σ) respecto a los datos medidos físicamente
Tubería TAC-140



Gráfica III.25. Comparativo del modelo de Issa con datos nominales y reales(D, t, σ) respecto a los datos medidos físicamente, sin considerar imperfecciones
Tubería TAC-140

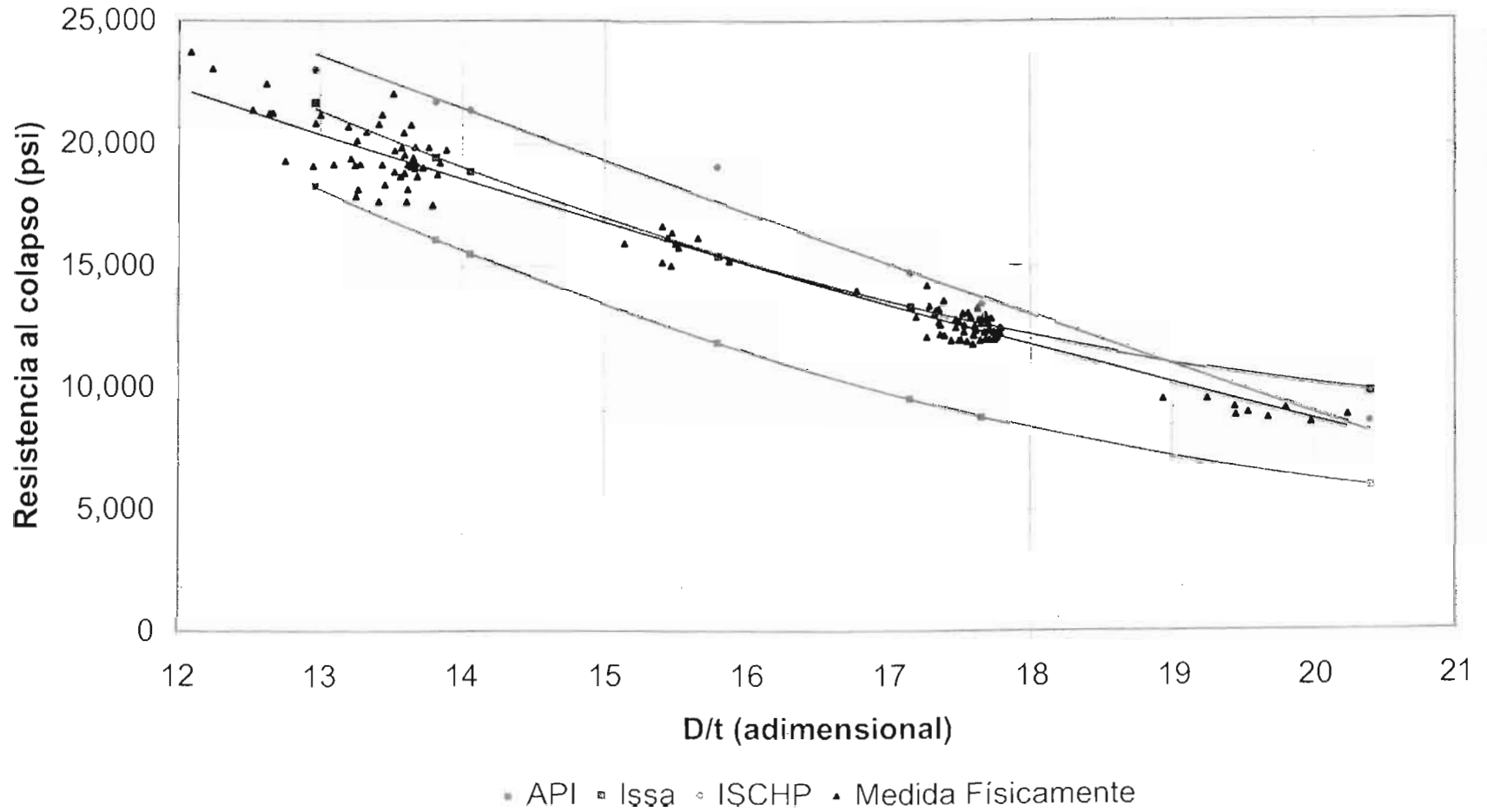


Gráfica III.26. Comparativo del modelo de ISCHP con datos nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente, sin considerar imperfecciones (D, t, σ)
Tubería TAC-140



Gráfica III.27. Comparativo de los modelos API, ISSA e ISCHP con datos nominales (D , t , σ) y datos medidos físicamente sin considerar imperfecciones

Tubería TAC-140



Gráfica III.28. Comparativo de los modelos API, ISSA e ISCHP con datos reales (D, t, σ) y datos medidos físicamente, sin considerar imperfecciones
Tubería TAC-140

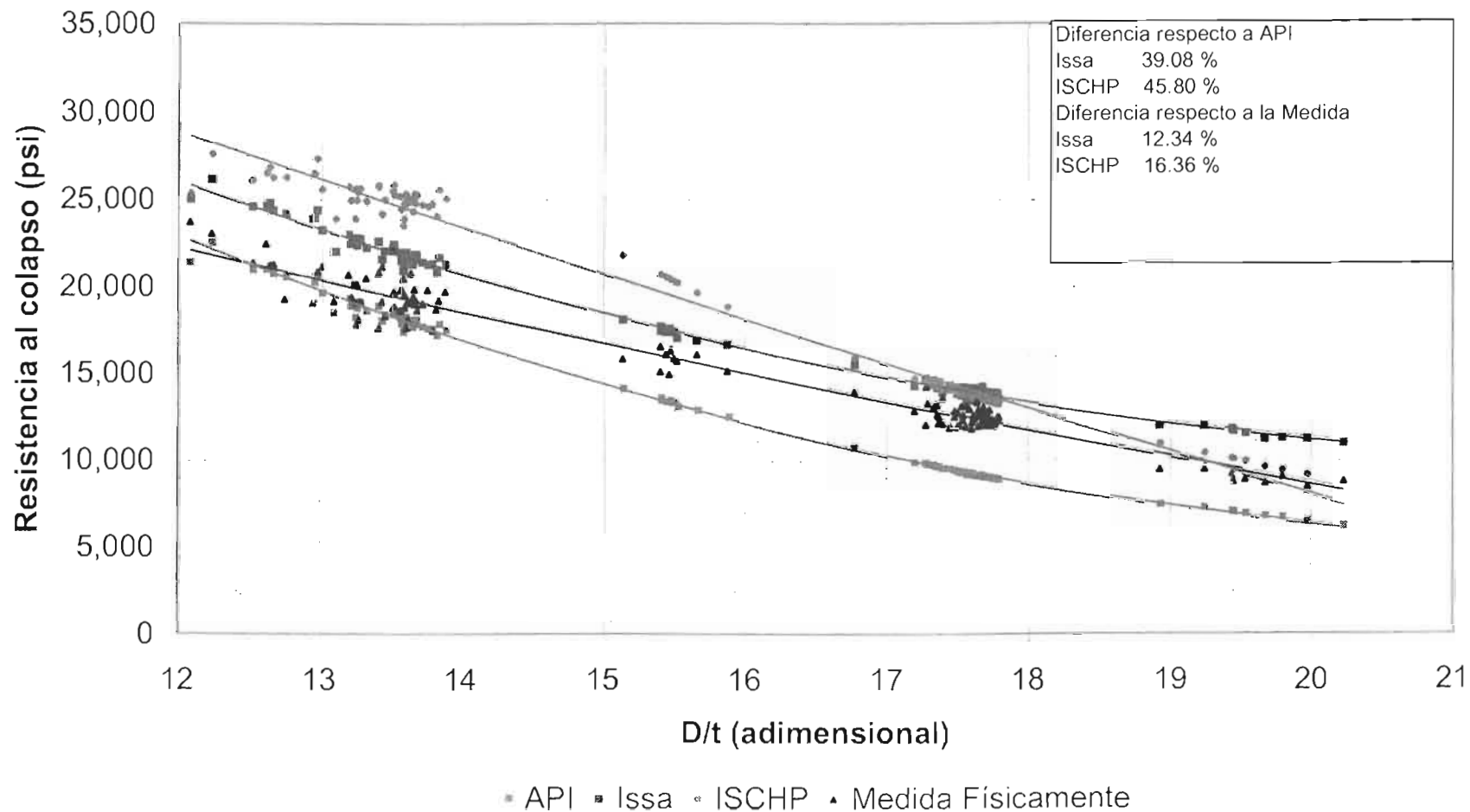


Tabla III.7. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores nominales y reales considerando ovalidad, comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo API, para tubería TAC-140

Diámetro	Datos			Resultados Nominales			Diferencias con API			Dif. con pba. física			Resultados reales			Diferencias con API			Dif. con pba. física		
	Pba. Física	Ovalidad %	Dit	API	Issa	ISCPCH	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	Dit	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)
5	19.112	0.45	13.8122	16.079	16.348	16.348	1.66	20.32	15.83	14.49	1.23	13.2431	19.258	18.296	21.438	0.21	17.41	4.47	4.27	1	
5	19.156	0.49	13.8122	16.079	19.428	21.700	20.63	34.06	16.07	1.41	13.27	13.0944	18.524	21.344	21.176	15.22	14.29	3.33	11.41	1	
5	19.273	0.29	13.8122	16.079	19.428	21.700	20.83	34.98	16.07	0.80	12.99	12.7597	20.872	23.684	24.289	15.03	18.07	6.74	22.79	2	
5	18.798	0.52	13.8122	16.079	19.428	21.700	20.63	34.06	14.46	3.35	15.44	13.5885	18.026	20.981	21.096	16.29	17.03	4.11	11.61	1	
5	20.085	0.29	13.8122	16.079	19.428	21.700	20.83	34.96	22.27	6.08	4.81	13.1936	19.348	22.923	23.447	18.48	21.19	6.47	10.82	1	
5	18.639	0.30	13.8122	16.079	19.428	21.700	20.83	34.96	13.79	4.23	14.12	13.5587	18.288	22.343	21.957	22.10	20.08	1.90	19.87	1	
5	20.831	0.34	13.8122	16.079	19.428	21.700	20.83	34.96	22.91	6.74	4.17	12.9657	20.858	24.702	24.480	19.88	18.43	0.83	18.58	1	
7	13.975	0.19	17.1568	15.953	13.297	14.733	39.04	54.05	31.57	4.85	5.42	16.7722	16.771	15.867	14.792	47.31	37.33	22.93	13.54	1	
7	20.452	0.26	14.0562	15.490	18.848	21.352	21.61	37.77	24.22	7.94	4.40	13.9827	17.407	20.705	21.589	19.95	24.03	14.89	1.24	1	
7	19.141	0.26	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	19.03	1.93	11.55	13.4295	18.037	21.611	22.187	19.81	23.01	5.77	12.91	1	
7	19.531	0.35	14.0562	15.490	18.848	21.352	21.61	37.77	20.05	3.50	9.33	13.8887	17.595	21.743	21.295	23.58	20.80	9.91	11.33	1	
7	21.196	0.22	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	26.76	10.95	0.88	13.4331	18.039	21.796	22.454	20.82	24.25	14.77	2.07	1	
7	19.384	0.53	14.0562	15.490	18.848	21.352	21.61	37.77	20.04	2.76	10.15	13.2134	18.069	22.304	21.879	18.08	14.24	2.55	15.06	1	
7	19.627	0.35	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	21.83	4.84	7.09	13.5683	17.807	20.931	21.797	16.95	21.79	8.73	5.57	1	
7	20.127	0.17	14.0562	15.490	18.848	21.352	21.61	37.77	23.00	6.35	6.09	13.2553	18.802	23.112	23.425	22.93	24.69	8.59	14.83	1	
7	19.414	0.36	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	20.17	2.91	9.98	13.6801	17.676	21.768	21.483	23.13	21.51	8.94	12.12	1	
7	18.728	0.26	14.0562	15.490	18.848	21.352	21.61	37.77	17.23	0.86	14.03	13.8219	17.209	20.395	21.768	18.54	26.51	6.12	8.92	1	
7	20.482	0.17	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	24.78	7.89	4.24	13.3221	18.641	22.772	23.383	22.16	26.33	8.59	11.18	1	
7	21.166	0.39	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	26.93	10.95	0.86	12.9887	19.683	22.591	22.992	14.98	16.89	7.19	6.73	1	
7	19.323	0.28	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	15.41	2.87	16.53	13.4906	18.414	21.070	22.624	14.42	23.95	0.50	14.99	2	
7	19.107	0.52	14.0562	15.490	18.848	21.352	21.61	37.77	14.48	4.29	17.92	13.6117	17.981	20.505	21.162	12.92	17.84	0.70	12.14	1	
7	19.131	0.38	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	14.52	3.86	17.77	13.2833	19.017	21.714	22.860	14.19	20.31	4.88	19.76	2	
7	19.837	0.32	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	21.87	4.98	7.04	13.7603	19.951	21.887	21.682	24.42	23.26	11.32	10.33	1	
7	19.005	0.34	14.0562	15.490	18.848	21.352	21.61	37.77	16.45	0.93	12.35	13.7183	17.750	21.084	21.811	19.87	23.59	6.76	10.84	1	
7	19.188	0.18	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	17.77	1.77	11.28	13.6887	17.871	21.334	22.930	19.38	28.33	6.86	11.18	1	
7	20.795	0.24	14.0562	15.490	18.848	21.352	21.61	37.77	25.36	9.23	2.83	13.6396	17.882	21.716	22.828	20.76	25.82	13.40	4.58	1	
7	17.845	0.40	14.0562	15.490	18.848	21.352	21.61	37.77	13.16	5.82	19.65	13.2491	19.154	21.449	22.318	11.98	16.51	7.33	20.20	2	
7	19.083	0.24	14.0562	15.490	18.848	21.352	21.61	37.77	18.65	1.28	15.07	13.6390	18.037	21.546	22.748	19.46	26.11	5.33	13.09	1	
7	17.483	0.22	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	11.25	7.93	22.27	13.7880	17.994	21.330	22.478	21.24	27.78	0.75	22.15	2	
7	19.181	0.20	14.0562	15.490	18.848	21.352	21.61	37.77	19.07	1.89	11.49	13.7291	18.100	21.038	21.278	20.82	21.86	0.26	20.30	2	
7	19.149	0.48	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	19.06	3.87	11.51	13.8123	18.307	21.128	21.433	18.99	18.37	5.44	10.34	1	
7	19.702	0.24	14.0562	15.490	18.848	21.352	21.61	37.77	21.33	4.33	8.38	13.5183	18.414	21.462	23.167	16.55	25.81	6.54	8.93	1	
7	19.030	0.28	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	18.43	0.80	12.36	13.6818	18.668	21.031	22.672	16.40	25.48	4.01	10.89	1	
7	19.079	0.37	14.0562	15.490	18.848	21.352	21.61	37.77	18.77	1.21	11.92	12.9484	20.364	23.481	23.808	15.73	17.49	6.21	22.92	1	
7	17.625	0.47	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	12.08	6.84	21.15	13.6025	16.252	21.012	21.797	15.12	18.90	3.50	18.22	2	
7	22.032	0.37	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	14.45	3.09	13.993	16.538	16.538	21.859	22.444	17.81	21.07	15.86	0.87	1	
7	20.794	0.24	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	25.47	9.36	2.88	14.4078	18.877	21.837	20.630	16.21	26.18	9.22	5.50	1	
7	18.651	0.19	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	16.90	1.06	14.48	13.6786	18.070	22.842	23.043	26.41	27.52	3.11	22.47	2	
7	19.853	0.26	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	21.93	5.06	7.85	13.6851	18.120	21.691	22.788	19.70	25.74	8.73	9.26	1	
7	17.642	0.37	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	12.15	6.84	21.03	13.4084	18.808	22.174	22.791	17.27	20.54	7.77	25.69	1	
7	19.739	0.30	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	21.48	4.81	8.17	13.8849	17.525	20.810	22.067	18.74	25.91	11.21	5.42	1	
7	18.848	0.36	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	17.76	0.91	13.90	13.5173	18.685	22.594	22.696	20.92	21.48	0.86	19.89	2	
7	19.216	0.39	14.0562	15.499	18.848	21.352	21.61	37.77	19.34	1.91	11.12	13.8397	17.846	20.880	21.908	17.06	22.76	7.13	8.71	1	
7	20.706	0.19	12.9630	19.269	21.670	23.004	18.62	25.92	14.69	2.96	1.89	12.0811	21.407	27.402	24.113	28.00	12.64	9.70	15.59	1	
7	21.385	0.30	12.9630	19.269	21.670	23.004	18.62	25.92	14.46	1.43	7.67	12.5170	20.983	25.007	24.182	15.18	15.15	1.79	17.00	1	
7	21.249	0.22	12.9630	19.269	21.670	23.004	18.62	25.92	14.69	1.98	8.26	12.6807	20.759	24.306	24.678	17.40	16.99	2.32	14.67	1	
7	22.438	0.33	12.9630	19.269	21.670	23.004	18.62	25.92	18.57	3.41	3.63	12.6160	21.000	24.041	24.307	14.48	16.00	6.40	7.15	1	
7	23.039	0.20	12.9630	19.269	21.670	23.004	18.62	25.92	20.71	5.84	0.15	12.2348	22.680	26.131	26.712	16.03	16.40	2.29	13.42	1	
7	21.218	0.26	12.9630	19.269	21.670	23.004	18.62	25.92	13.56	2.13	8.42	12.6267	21.154	25.470	25.002	15.19	18.10	0.30	15.04	1	
9.58	9.482	0.35	20.3940	5.887	9.789	8.602	85.95	46.11	37.68	2.82	9.38	16.9261	7.359	11.291	10.082	52.69	37.19	23.89	49.32	1	
9.58	8.710	0.37	20.3940	5.887	9.789	8.602	85.95	46.11	32.41	12.16	1.24	19.6731	6.882	11.115	8.926	66.13	33.67	23.28	27.62	1	
9.58	9.928	0.20	20.3940	5.887	9.789	8.602	85.95	46.11	34.46	9.43	3.85	19.8508	8.822	11.445	9.305	36.39	33.58	28.19	4.7	1	
9.58	8.798	0.42	20.3940	5.887	9.789	8.602	85.95	46.11	33.07	11.07	2.21	19.4483	6.914	10.828	9.207	58.62	33.16	21.40	23.11	1	
9.58	9.138	0.30	20.3940	5.887	9.789	8.602	85.95	46.11	35.58	6.91	5.87	19.4349	6.548	11.810	9.390	67.09	35.13	29.66	27.06	1	
9.58	9.085	0.26	20.3940	5.887	9.789	8.602	85.95	46.11	35.20	7.53	5.32	19.7888	6.513	10.948	8.971	65.58	36.66	27.21	20.50	1	
9.58	9.404	0.31	20.3940	5.887	9.789	8.602	85.95	46.11	37.58	2.90	6.40	19.2408	7.158	11.972	9.699</						

Tabla III.7. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores nominales y reales considerando ovalidad, comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo API, para tubería TAC-140

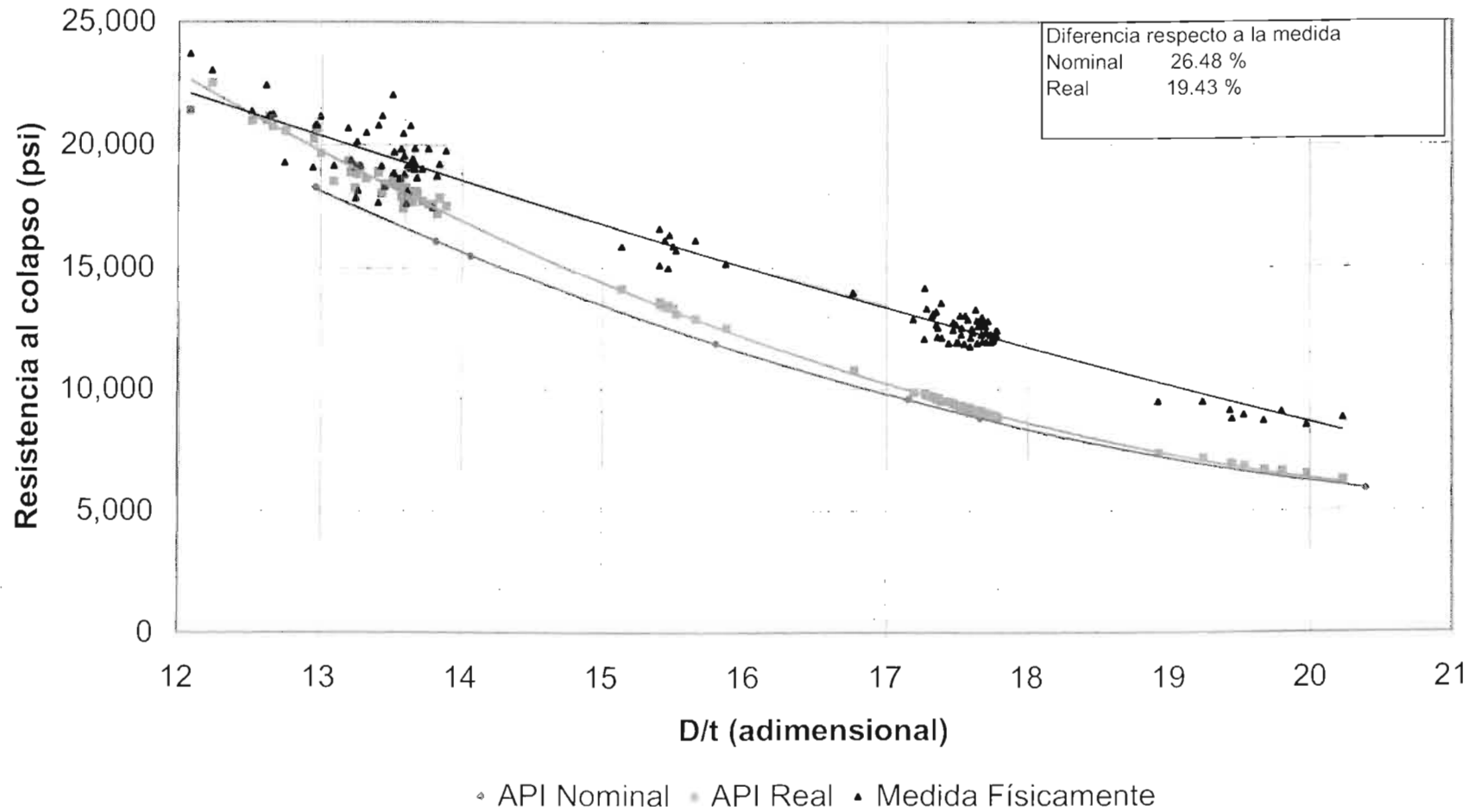
Datos			Resultados Nominales				Diferencias con API			Dif. con pba. física			Resultados reales				Diferencias con API			Dif. con pba. física		
Diámetro	Pba. Física	Ovalidad %	D/t	API	Issa	ISPCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	D/t	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)		
9.5/8	12.636	0.11	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	30.24	0.10	6.74	17.7067	8.984	12.809	12.889	53.06	43.57	28.89	9.49	2		
9.5/8	12.418	0.19	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	29.19	1.71	8.36	17.7908	8.824	13.323	12.473	50.99	41.36	28.95	7.28	2		
9.5/8	12.664	0.27	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	30.56	0.27	6.25	17.3667	9.571	13.846	13.174	41.54	37.66	24.43	6.86	4		
9.5/8	12.485	0.12	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	29.57	1.16	7.78	17.6094	9.134	13.940	13.053	52.61	42.91	26.84	11.65	4		
9.5/8	11.870	0.30	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	25.96	6.35	13.30	17.5646	9.220	13.213	12.674	43.17	37.32	22.29	11.26	2		
9.5/8	12.211	0.19	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	27.99	3.43	10.19	17.7526	8.892	13.304	12.568	49.62	41.39	27.16	8.95	2		
9.5/8	13.202	0.34	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	33.90	4.33	1.92	17.3861	9.584	13.959	12.963	41.44	35.26	27.41	2.68	1		
9.5/8	12.126	0.22	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	27.92	4.14	10.95	17.6008	9.157	13.712	12.776	40.74	39.52	24.49	13.08	2		
9.5/8	12.282	0.20	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	28.20	3.00	6.74	17.5336	9.275	13.360	13.048	44.11	40.67	24.36	9.01	2		
9.5/8	11.935	0.19	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	26.32	5.83	12.74	17.5104	9.317	13.804	13.078	48.16	40.37	21.94	15.66	2		
9.5/8	13.334	0.32	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	34.85	4.28	0.91	17.2891	9.712	13.460	13.209	38.60	36.01	27.16	0.95	2		
9.5/8	12.160	0.20	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	27.69	3.87	10.66	17.3650	9.581	13.407	12.509	39.94	30.55	21.21	10.26	2		
9.5/8	12.263	0.31	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	28.29	3.03	6.73	17.7417	8.923	13.059	12.250	48.79	37.74	27.24	6.08	2		
9.5/8	12.764	0.27	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	31.11	1.05	5.42	17.4781	9.367	13.813	12.932	45.02	37.77	26.46	6.85	1		
9.5/8	12.090	0.31	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	26.72	5.29	12.13	17.7593	8.866	12.767	12.200	43.51	38.15	25.86	6.39	2		
9.5/8	13.146	0.14	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	31.11	3.92	2.36	17.3369	9.639	14.855	13.590	52.02	40.98	26.67	11.48	2		
9.5/8	12.375	0.22	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	28.94	2.06	8.73	17.7115	8.993	13.910	12.539	54.86	39.60	27.41	12.41	1		
9.5/8	12.140	0.23	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	29.31	1.53	8.17	17.4796	9.399	13.893	13.050	47.81	38.23	24.44	11.68	4		
9.5/8	12.636	0.11	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	30.41	0.04	6.49	17.6564	9.092	14.266	12.986	57.08	42.98	28.13	12.90	2		
9.5/8	12.532	0.22	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	31.47	1.57	4.89	17.6458	9.102	13.735	12.716	60.80	39.70	29.07	7.04	2		
9.5/8	12.360	0.16	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	28.86	2.19	8.87	17.7115	8.988	13.729	12.761	52.75	41.98	27.28	11.06	2		
9.5/8	12.360	0.16	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	28.86	2.19	8.87	17.7115	8.988	13.729	12.761	52.75	41.98	27.28	11.06	2		
9.5/8	11.907	0.18	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	26.15	6.07	13.01	17.4439	9.463	14.054	13.287	48.51	40.40	20.52	19.03	1		
9.5/8	12.821	0.09	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	31.41	1.49	4.95	17.7247	8.968	13.924	12.946	58.26	44.36	30.05	8.80	2		
9.5/8	12.434	0.24	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	29.28	1.68	8.22	17.7836	8.865	13.622	12.365	52.63	39.71	28.70	8.75	2		
9.5/8	12.077	0.46	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	27.19	4.58	11.42	17.7620	8.804	13.018	11.889	46.22	33.53	26.28	7.80	1		
9.5/8	12.537	0.22	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	29.66	0.74	7.31	17.5371	9.302	13.786	12.980	47.99	39.54	25.60	9.60	2		
9.5/8	12.860	0.16	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	31.82	1.85	4.98	17.5810	9.225	13.727	13.084	48.81	41.84	28.32	6.67	1		
9.5/8	11.794	0.12	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	25.16	7.46	14.48	17.5960	9.201	14.121	13.121	55.02	42.51	21.72	21.35	1		
9.5/8	12.549	0.27	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	29.93	0.85	7.23	17.3680	9.816	13.976	13.215	44.31	37.43	23.37	10.58	2		
9.5/8	13.093	0.24	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	32.51	3.07	3.27	17.3278	9.698	14.115	13.397	45.54	38.13	28.57	8.33	2		
9.5/8	12.062	0.20	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	27.10	4.71	11.55	17.2724	9.804	15.368	13.528	56.24	37.99	19.72	27.40	1		
9.5/8	12.258	0.21	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	28.26	3.04	8.77	17.6771	9.008	13.811	12.740	62.31	40.49	28.03	12.67	2		
9.5/8	12.785	0.15	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	31.22	1.21	5.25	17.6757	9.042	13.821	12.847	52.85	42.08	29.28	8.10	2		
9.5/8	13.595	0.43	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	35.13	6.82	0.73	17.3820	9.467	12.946	12.586	36.70	33.04	30.16	4.48	7		
9.5/8	12.749	0.12	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	31.03	0.93	5.54	17.6922	9.022	14.340	12.885	58.95	42.80	29.24	12.48	2		
9.5/8	12.077	0.16	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	27.19	4.68	11.42	17.7634	8.901	14.281	12.592	60.44	41.58	26.30	18.25	4		
9.5/8	11.904	0.16	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	26.13	6.10	13.04	17.6478	9.113	14.261	12.879	56.49	41.33	23.46	19.80	2		
9.5/8	11.947	0.16	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	26.40	8.72	12.63	17.7439	8.899	13.872	12.803	56.89	41.62	25.51	18.11	2		
9.5/8	14.173	0.14	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	37.98	10.89	5.06	17.2762	9.783	14.657	13.790	49.81	40.95	30.97	3.41	2		
9.5/8	12.258	0.22	17.6624	8.793	12.630	13.456	43.64	53.02	28.26	3.04	8.77	17.6771	9.008	14.093	12.679	55.27	36.87	28.03	14.86	2		
9.7/8	15.670	0.26	15.7984	11.877	15.376	19.071	29.46	60.57	25.16	3.11	20.17	16.1357	14.109	18.821	18.571	33.40	31.92	11.10	18.80	1		
9.7/8	15.729	0.13	15.7984	11.877	15.376	19.071	29.46	60.57	24.48	2.24	21.25	15.5163	13.099	16.868	18.444	28.85	40.91	16.78	7.23	1		
9.7/8	15.123	0.22	15.7984	11.877	15.376	19.071	29.46	60.57	21.48	1.67	26.11	16.4022	13.445	17.194	18.219	37.80	36.51	11.10	13.69	2		
9.7/8	16.122	0.12	15.7984	11.877	15.376	19.071	29.46	60.57	25.33	4.63	18.29	15.6663	12.882	16.792	17.835	30.51	36.45	25.10	6.12	1		
9.7/8	16.126	0.20	15.7984	11.877	15.376	19.071	29.46	60.57	25.36	4.67	18.24	16.4382	13.370	17.029	18.286	37.36	34.77	17.10	8.56	1		
9.7/8	16.348	0.20	15.7984	11.877	15.376	19.071	29.46	60.57	27.35	5.95	16.66	15.4727	13.328	16.816	18.328	24.67	37.51	18.47	1.84	1		
9.7/8	15.896	0.32	15.7984	11.877	15.376	19.071	29.46	60.57	25.25	3.23	20.02	16.4981	13.321	16.972	17.968	34.40	31.68	16.16	4.25	1		
9.7/8	15.176	0.26	15.7984	11.877	15.376	19.071	29.46	60.57	21.74	1.32	25.87	15.8768	12.556	16.153	16.913	29.02	35.24	17.60	6.32	1		
9.7/8	16.001	0.18	15.7984	11.877	15.376	19.071	29.46	60.57	26.46	7.30	14.88	16.4023	13.583	17.855	18.901	31.45	36.50	18.58	7.55	1		
9.7/8	14.987	0.29	15.7984	11.877	15.376	19.071	29.46	60.57	20.75	2.60	27.25	15.4644	13.441	16.967	17.824	26.35	32.82	10.51	13.34	1		

Diámetro	Ovalidad %	D/t
5	0.33	69.81
7	0.29	64.66
8	0.25	68.05
9	0.26	67.68
9.5/8	0.19	67.66
9.5/8	0.19	67.66
Promedio	0.25	68.59

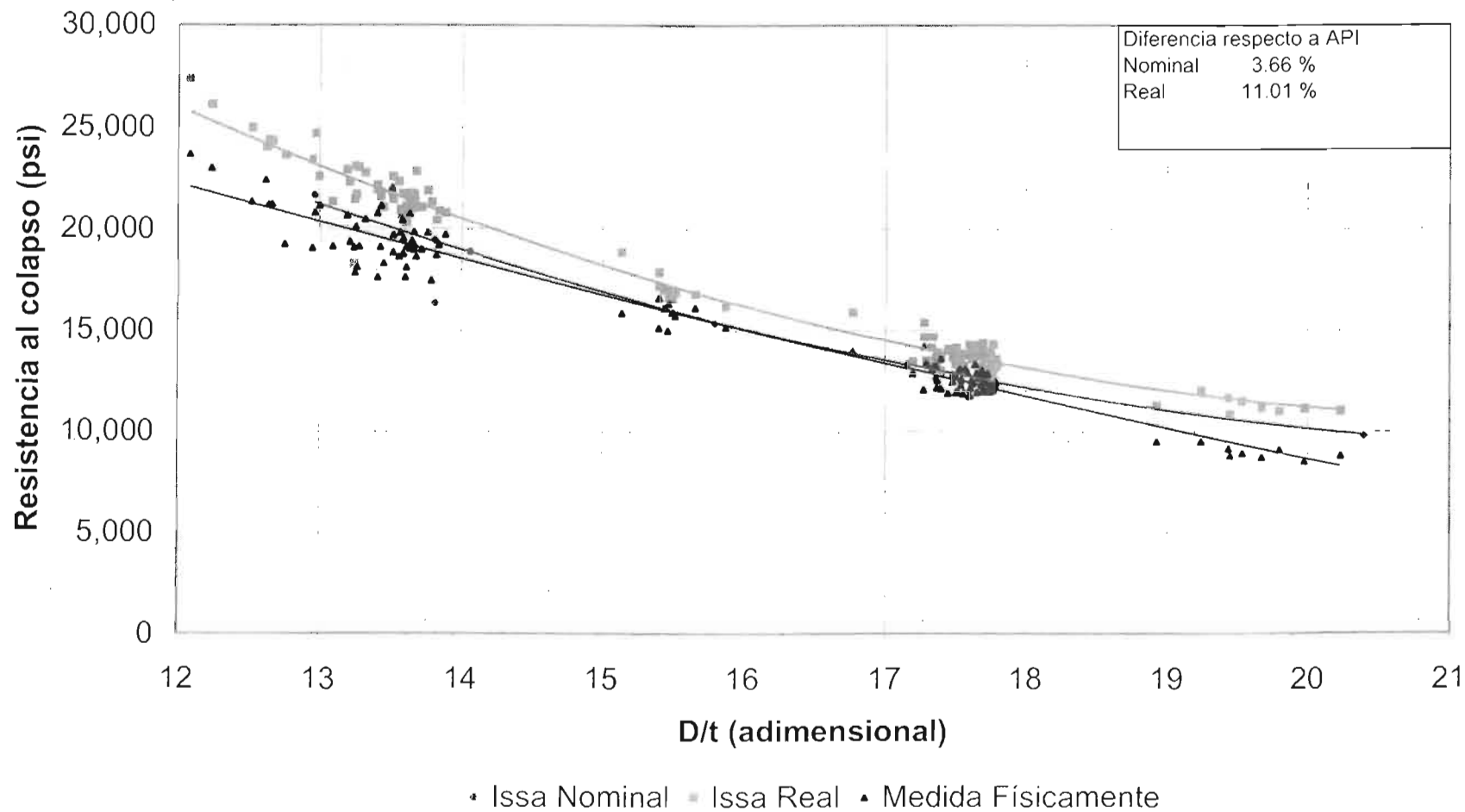
Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
29.83	34.96	19.17	4.93	16.76
21.61	37.77	21.65	4.44	8.11
21.61	37.77	18.81	3.91	11.89
42.64	51.10	28.82	1.66	7.51
43.64	53.02	26.00	1.38	8.63
40.09	54.91	27.16	3.67	13.63
Promedio	36.37	48.98	26.46	9.05

Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCH
----------	-----------	---------	----------	------

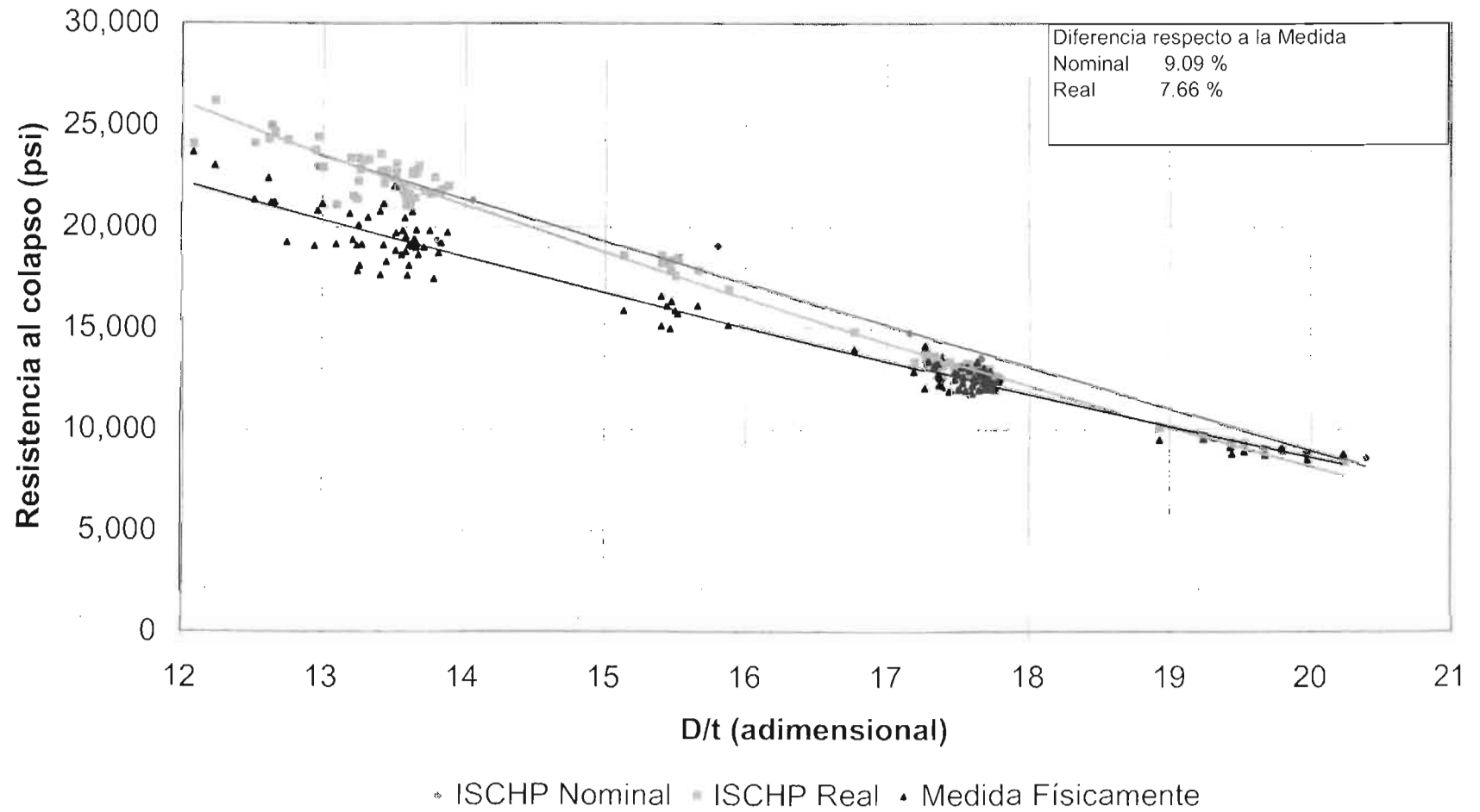
Gráfica III.29. Comparativo del modelo API con datos nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente
Tubería TAC-140



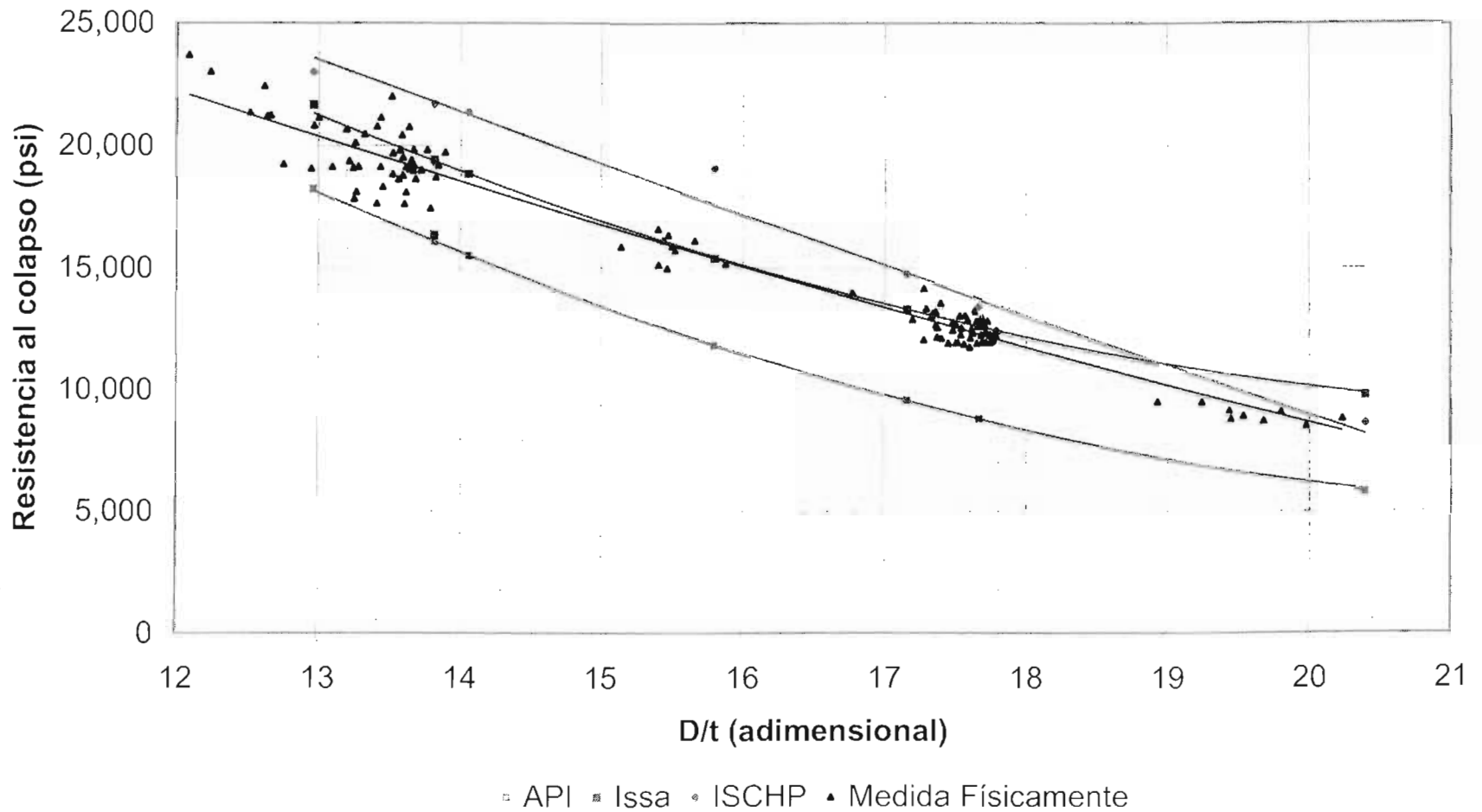
Gráfica III.30. Comparativo del modelo de Issa con datos nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente, considerando ovalidad (D , t , σ , ρ)
Tubería TAC-140



Gráfica III.31. Comparativo del modelo de ISCHP con datos nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente, considerando ovalidad (D , t , σ , ρ)
Tubería TAC-140



Gráfica III.32. Comparativo de los modelos API, ISSA e ISCHP con datos nominales y datos medidos físicamente considerando ovalidad (D, t, σ, o)
Tubería TAC-140



Gráfica III.33. Comparativo de los modelos API, ISSA e ISCHP con datos reales y datos medidos físicamente, considerando ovalidad (D , t , σ , ρ)
Tubería TAC-140

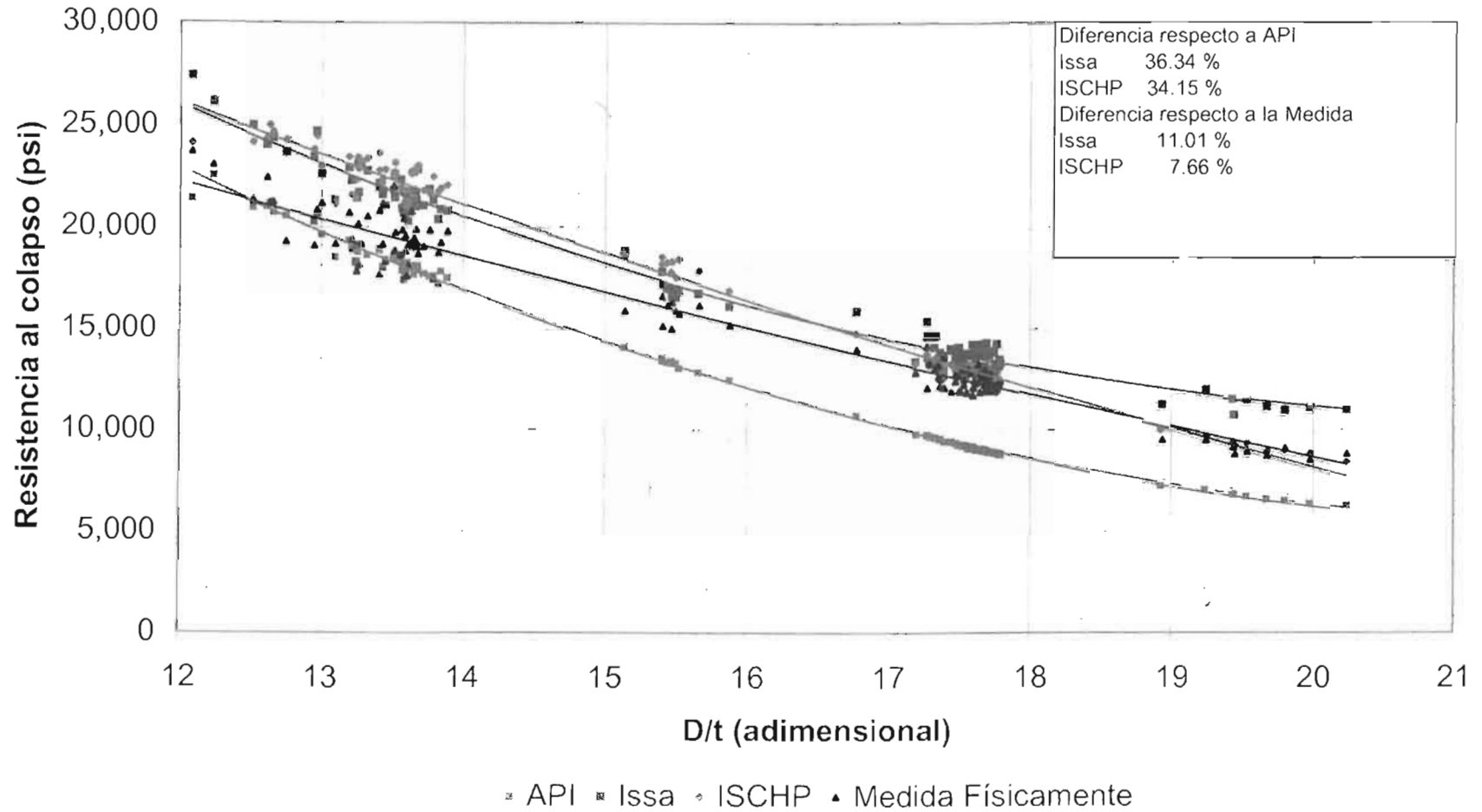


Tabla III.8. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores nominales y reales considerando excentricidad, comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo API, para tubería TAC-140

Datos				Resultados Nominales				Diferencias con API		Dif. con pba. física			Resultados reales			Diferencias con API		Dif. con pba. física			
Diámetro	Pba. Física	Excent. (%)		DI	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	Dif.	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
5	16.112	6.75	13.8122	16.079	19.757	21.315	32.81	32.96	15.87	5.36	11.55	13.2421	16.258	32.932	33.251	20.67	26.66	4.47	15.29		
5	16.169	5.30	13.8122	16.079	20.827	21.593	29.53	33.05	16.07	6.71	11.67	13.0944	16.524	23.571	23.569	27.25	27.23	3.31	23.03		
5	16.273	3.56	13.8122	16.079	20.288	21.492	26.18	33.67	16.57	6.27	11.62	12.7562	20.572	25.230	26.007	22.64	26.07	6.74	35.91		
5	16.786	5.77	13.8122	16.079	20.968	21.379	36.35	32.91	14.46	11.49	13.66	13.5885	18.026	33.364	24.274	29.61	34.66	4.11	24.29		
5	20.686	4.90	13.8122	16.079	20.711	21.413	28.81	33.17	22.27	0.12	13.62	13.1936	19.349	24.491	26.369	26.58	31.12	6.47	19.40		
5	18.639	7.49	13.8122	16.079	21.844	21.277	33.99	32.33	15.73	15.59	14.15	13.5587	16.265	24.343	24.521	33.14	34.11	1.90	30.60		
5	20.831	6.64	13.8122	16.079	21.214	21.328	31.93	32.65	22.81	1.84	2.39	12.9857	20.658	26.995	26.755	26.74	29.56	27.67			
7	13.975	6.44	17.1563	9.563	14.496	14.381	51.56	50.38	31.57	3.73	2.91	16.7722	10.771	16.838	16.552	56.33	44.39	22.93	20.49		
7	20.492	4.23	14.0562	15.499	19.879	21.083	28.20	36.03	24.22	2.85	3.08	13.5827	17.407	22.038	23.203	26.80	33.30	14.89	7.75		
7	19.141	4.97	14.0562	15.499	20.087	21.036	29.60	35.74	15.63	4.64	9.91	13.4295	18.037	22.987	23.896	27.44	31.89	5.77	26.09		
7	19.531	7.74	14.0562	15.499	20.984	20.875	35.39	34.89	29.65	7.44	6.88	13.6687	17.595	23.520	23.340	33.75	32.68	9.91	25.47		
7	21.166	5.01	14.0562	15.499	20.099	21.035	29.68	36.72	26.78	5.62	0.62	13.4331	18.039	23.005	23.821	27.83	32.06	14.77	8.89		
7	19.384	7.27	14.0562	15.499	20.826	20.901	34.37	34.96	20.64	7.44	7.83	13.2134	18.889	24.898	24.469	31.33	29.54	2.85	27.98		
7	19.827	4.22	14.0562	15.499	19.867	21.083	28.18	36.03	21.83	0.20	6.34	13.5681	17.897	22.648	24.077	26.54	34.53	9.73	14.23		
7	20.127	5.76	14.0562	15.499	20.336	20.988	31.21	35.42	23.06	1.04	4.28	13.2563	18.803	24.138	24.548	28.38	30.57	6.59	19.93		
7	19.414	7.41	14.0562	15.499	20.673	20.893	34.68	34.81	20.17	7.82	7.82	13.6501	17.678	23.563	23.710	33.29	34.12	6.94	21.37		
7	18.725	3.92	14.0562	15.499	19.672	21.126	28.93	36.31	17.23	5.06	12.82	13.9219	17.255	21.736	23.696	26.30	37.73	8.12	15.05		
7	20.483	5.27	14.0562	15.499	20.178	21.019	30.10	35.82	24.33	1.49	2.62	13.3221	18.641	23.786	24.521	27.61	31.68	8.96	18.13		
7	21.166	4.36	14.0562	15.499	19.907	21.079	28.44	35.98	26.78	6.95	0.43	12.9687	19.683	24.532	25.254	24.83	28.90	7.16	15.90		
7	18.323	1.65	14.0562	15.499	19.247	21.232	24.16	36.99	15.41	15.67	15.67	13.4906	18.414	22.497	24.816	22.17	34.77	6.50	22.78		
7	18.107	3.68	14.0562	15.499	19.710	21.116	27.21	36.25	14.40	8.68	16.62	13.6117	17.981	22.615	24.439	25.77	36.92	8.70	24.90		
7	18.131	3.02	14.0562	15.499	19.538	21.107	27.08	36.51	14.62	16.69	15.2631	19.017	23.468	25.157	23.35	32.29	4.88	25.37			
7	19.837	7.51	14.0562	15.499	20.908	20.897	34.90	34.77	21.87	5.40	5.30	13.7693	17.591	23.576	23.896	34.04	35.84	11.32	18.86		
7	19.005	4.92	14.0562	15.499	20.072	21.041	28.51	35.76	18.45	6.61	10.71	13.7183	17.720	22.770	24.215	28.80	36.88	6.76	19.81		
7	19.188	3.30	14.0562	15.499	19.613	21.162	28.54	36.45	19.23	2.21	19.17	13.6687	17.671	22.402	24.479	25.36	36.93	6.86	18.75		
7	20.785	4.86	14.0562	15.499	20.060	21.043	28.43	36.77	25.36	3.49	1.54	13.6338	17.962	23.030	24.422	28.07	35.81	13.40	10.91		
7	17.845	3.33	14.0562	15.499	19.621	21.138	28.59	36.39	15.15	9.95	18.46	13.2491	19.184	23.713	25.338	23.61	32.29	7.35	32.88		
7	19.063	4.13	14.0562	15.499	19.843	21.089	28.02	36.07	18.68	4.14	10.68	13.6350	18.037	22.850	24.989	26.65	30.39	5.33	19.93		
7	17.863	4.56	14.0562	15.499	19.965	21.062	28.62	35.95	11.25	14.33	20.81	13.7880	17.984	22.545	24.252	28.14	37.84	8.75	29.10		
7	19.151	5.91	14.0562	15.499	20.372	20.681	31.45	35.57	19.47	6.40	9.56	13.2761	19.190	24.579	25.159	28.69	31.82	5.28	28.25		
7	19.149	5.46	14.0562	15.499	20.235	21.008	30.47	35.58	19.06	5.88	9.71	13.6123	18.107	23.380	24.537	29.12	35.51	9.44	22.09		
7	19.702	2.56	14.0562	15.499	19.429	21.188	25.30	36.70	21.33	1.43	7.83	13.5183	18.414	22.789	25.025	23.66	35.80	6.54	15.47		
7	19.060	2.72	14.0562	15.499	19.461	21.170	25.56	36.83	18.43	11.48	13.6818	18.008	22.477	24.892	24.40	37.77	4.91	18.30			
7	19.079	4.73	14.0562	15.499	20.015	21.052	29.14	35.83	18.77	4.91	10.34	12.9464	20.264	25.374	26.116	25.22	28.88	3.21	33.00		
7	17.825	4.45	14.0562	15.499	19.933	21.065	28.61	36.92	15.99	13.10	10.94	13.6625	19.252	23.211	24.867	27.17	36.28	6.56	31.69		
7	22.032	5.03	14.0562	15.499	20.105	21.034	28.72	35.71	29.65	8.75	4.53	13.5983	18.638	23.706	25.022	27.88	34.97	15.86	7.40		
7	20.794	2.56	14.0562	15.499	19.420	21.186	25.30	36.75	25.47	6.61	1.89	13.4976	18.677	23.242	25.492	23.13	35.04	9.22	11.77		
7	16.691	7.05	14.0562	15.499	20.751	20.514	33.69	34.94	18.90	11.26	12.13	13.6786	18.070	23.987	24.963	32.74	35.93	3.11	28.81		
7	19.853	4.45	14.0562	15.499	19.933	21.058	28.61	35.94	21.60	4.60	6.13	13.6651	18.120	23.095	24.844	27.45	37.11	8.73	16.33		
7	17.642	4.90	14.0562	15.499	20.060	21.042	29.47	35.76	12.16	13.74	19.27	13.4984	18.908	24.055	25.356	27.22	34.12	7.17	35.35		
7	19.739	3.93	14.0562	15.499	19.785	21.101	27.65	36.18	21.48	0.23	6.90	13.6846	17.525	22.348	24.532	27.82	39.98	11.21	13.22		
7	18.640	6.46	14.0562	15.499	20.555	20.940	32.92	35.10	17.76	9.67	11.16	13.5773	18.985	24.440	25.298	30.80	34.91	9.88	29.69		
7	19.216	4.12	14.0562	15.499	19.838	21.089	28.00	36.07	19.34	3.24	9.75	13.8387	17.946	22.799	24.988	27.76	40.02	7.13	18.65		
7	23.706	9.37	12.9630	18.269	24.809	22.880	35.80	23.65	22.94	4.68	4.71	12.9611	21.407	26.610	24.346	33.69	18.53	9.70	20.72		
7	21.368	6.25	12.9630	18.269	23.646	22.726	29.89	24.40	14.49	10.21	6.37	12.9170	20.863	26.678	25.741	22.14	26.88	1.79	24.87		
7	21.249	4.20	12.9630	18.269	22.835	22.815	29.00	24.80	14.03	7.46	7.37	12.9607	20.758	25.643	25.961	23.65	26.08	2.32	20.68		
7	22.436	3.87	12.9630	18.269	22.738	22.826	24.41	24.87	16.67	1.30	1.75	12.6186	21.000	25.791	26.231	22.61	24.90	6.40	14.95		
7	23.039	3.70	12.9630	18.269	22.674	22.817	24.11	25.01	20.71	1.88	6.88	12.7448	22.229	27.386	27.390	21.47	21.45	2.25	18.74		
7	21.218	3.60	12.9630	18.269	22.642	22.911	23.94	25.03	15.90	6.71	7.65	12.6367	21.164	25.874	26.578	22.21	21.45	0.70	21.95		
9.5/8	9.492	3.44	20.3940	5.887	10.188	8.884	79.01	42.30	37.96	7.38	9.88	18.9261	7.796	12.508	10.794	46.81	46.81	22.50	81.77		
9.5/8	9.750	7.82	20.3940	5.887	10.867	8.667	84.42	42.33	38.41	24.65	2.45	16.6731	6.683	12.498	9.596	46.85	42.26	25.28	43.88		
9.5/8	9.928	6.56	20.3940	5.887	10.674	8.511	81.32	42.87	37.99	19.95	4.67	16.5320	6.822	12.496	9.735	46.76	42.69	23.58	39.97		
9.5/8	9.296	4.75	20.3940	5.887	10.277	8.526	78.28	44.99	33.07	17.98	2.96	16.4463	6.914	12.236	9.899	47.84	43.76	21.40	38.99		
9.5/8	9.138	8.76	20.3940	5.887	10.709	8.508	81.90	44.52	39.98	17.19	6.89	19.4349	6.948	12.804	9.680	44.27	42.27	23.95	40.12		
9.5/8	9.082	4.56	20.3940	5.887	10.348	8.538	78.78	45.04	36.20	13.91	6.02	18.1966	6.813	11.997	9.367	46.96	41.85	27.21	31.72		
9.5/8	9.494	7.20	20.3940	5.887																	

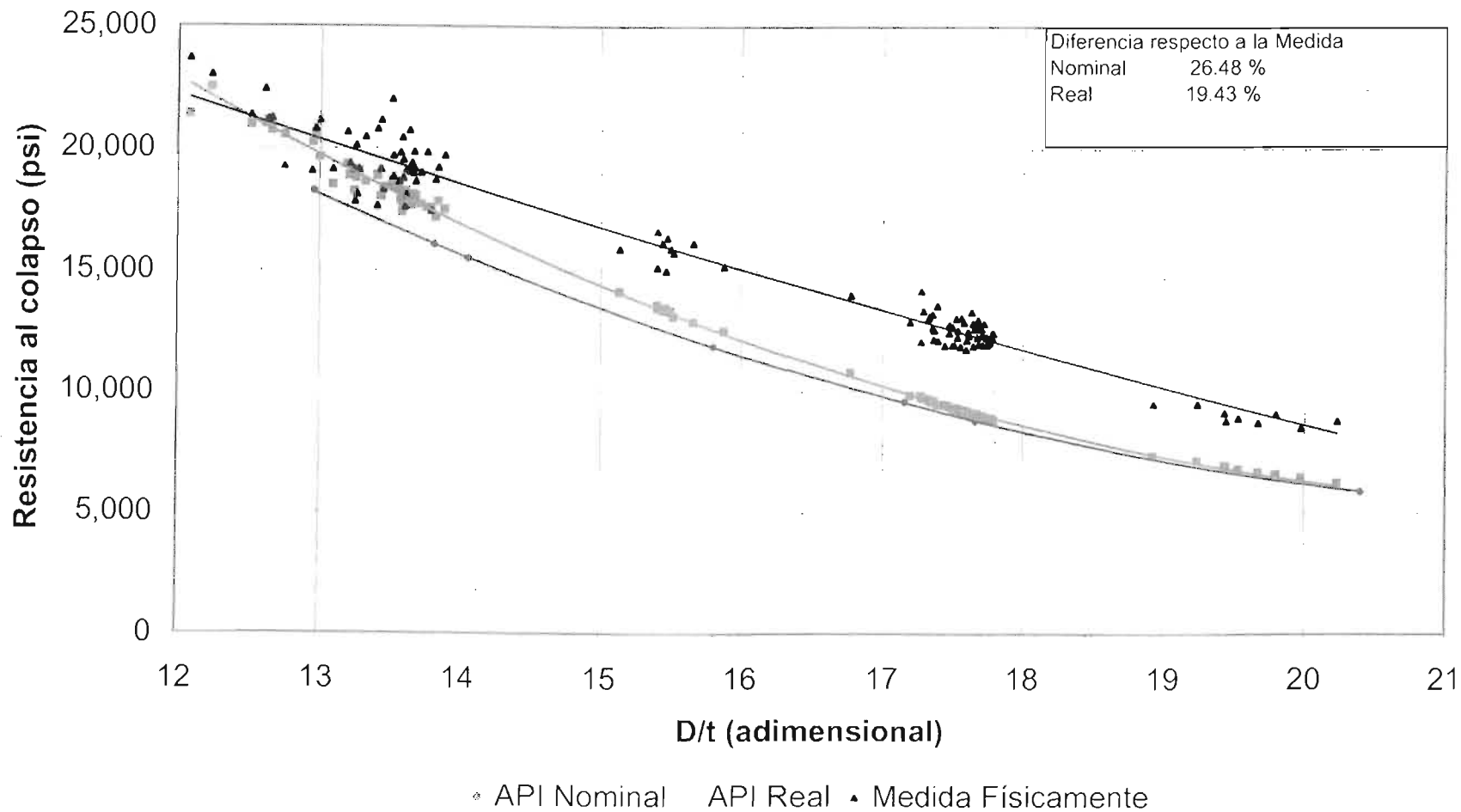
Tabla III.8. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores nominales y reales considerando excentricidad, comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo API, para tubería TAC-140

Datos			Resultados Nominales				Diferencias con API		Dif. con pba. física			Resultados reales				Diferencias con API		Dif. con pba. física		
Diámetro	Pba. Física	Excent. (%)	Dit	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	Dit	API	Issa	ISCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
9 5/8	11.930	6.18	17.6624	8.793	13.713	13.208	55.95	50.20	26.20	14.94	10.71	17.8902	9.308	16.009	13.648	61.26	46.63	21.96	26.81	
9 5/8	11.947	4.80	17.6624	8.793	13.426	13.261	52.69	50.80	26.40	12.38	11.00	17.7115	8.953	14.410	13.197	60.95	47.41	25.02	20.62	
9 5/8	12.606	4.94	17.6624	8.793	13.375	13.271	52.10	50.92	30.24	6.18	9.27	17.7057	8.964	14.372	13.210	60.33	47.46	28.89	14.01	
9 5/8	12.418	4.18	17.6624	8.793	13.303	13.266	51.25	51.09	29.19	7.10	6.99	17.7908	8.824	14.188	13.057	60.78	47.75	28.95	14.24	
9 5/8	12.684	3.41	17.6624	8.793	13.182	13.315	49.69	51.42	30.56	3.93	5.14	17.3567	9.571	14.686	14.091	63.48	47.23	24.43	15.99	
9 5/8	12.485	4.53	17.6624	8.793	13.373	13.271	52.06	50.92	29.57	7.11	6.30	17.6094	9.134	14.554	13.444	59.34	47.18	26.84	16.57	
9 5/8	11.976	3.56	17.6624	8.793	13.198	13.309	49.99	51.36	25.96	11.96	12.07	17.5528	9.229	14.442	13.603	58.48	47.30	22.29	21.61	
9 5/8	12.211	3.80	17.6624	8.793	13.197	13.308	50.08	51.34	27.99	8.07	8.98	17.7528	8.892	14.164	13.140	59.30	47.77	27.18	16.00	
9 5/8	13.202	4.30	17.6624	8.793	13.228	13.280	51.87	51.02	33.30	0.98	0.99	17.3561	9.584	14.937	14.064	56.86	46.75	27.41	13.14	
9 5/8	12.128	4.89	17.6624	8.793	13.444	13.257	52.89	50.76	27.50	10.89	9.31	17.6008	9.157	14.704	13.456	60.57	46.93	24.49	21.24	
9 5/8	12.262	2.11	17.6624	8.793	12.939	13.368	47.18	52.02	29.29	6.52	9.02	17.5336	9.275	14.257	13.700	53.71	47.70	24.38	16.27	
9 5/8	11.935	4.09	17.6624	8.793	13.280	13.288	51.12	51.12	28.32	11.34	11.34	17.9104	9.317	14.685	13.894	57.62	46.98	21.94	23.04	
9 5/8	13.934	2.73	17.6624	8.793	13.043	13.342	48.32	51.73	26.40	2.18	0.66	17.2891	9.712	14.761	14.287	51.99	47.11	27.16	10.70	
9 5/8	12.160	5.58	17.6624	8.793	13.584	14.231	54.50	50.46	27.69	11.72	8.80	17.3650	9.581	15.292	14.003	68.51	48.15	21.21	25.68	
9 5/8	12.263	3.48	17.6624	8.793	13.175	13.312	49.83	51.39	28.29	7.44	8.56	17.7417	8.923	14.265	13.170	59.87	47.60	27.24	16.32	
9 5/8	12.764	3.96	17.6624	8.793	13.264	13.293	50.84	51.18	31.11	3.91	4.15	17.4751	9.387	14.769	13.763	57.34	46.83	26.46	15.71	
9 5/8	12.000	2.10	17.6624	8.793	12.938	13.368	47.13	52.02	29.29	7.81	11.40	17.7583	8.896	14.001	13.171	67.38	45.05	25.86	16.67	
9 5/8	13.146	5.60	17.6624	8.793	13.590	13.230	54.54	50.45	33.11	3.37	0.44	17.3369	9.839	15.376	14.074	69.51	46.00	28.67	16.96	
9 5/8	12.375	5.08	17.6624	8.793	13.670	13.215	55.48	50.29	28.94	10.46	6.79	17.7115	8.983	14.923	13.772	66.13	46.64	27.41	20.59	
9 5/8	12.440	4.34	17.6624	8.793	13.332	13.278	51.68	51.01	29.31	7.29	6.74	17.4756	9.390	14.922	13.775	58.82	46.55	24.44	20.00	
9 5/8	12.636	5.16	17.6624	8.793	13.499	13.247	53.51	50.64	30.41	6.83	4.83	17.6964	9.682	14.852	13.323	63.54	46.70	26.13	17.54	
9 5/8	12.832	4.53	17.6624	8.793	13.373	13.271	52.08	50.92	31.47	4.22	3.42	17.6493	9.192	14.731	13.967	61.85	46.86	28.67	14.80	
9 5/8	12.360	3.77	17.6624	8.793	13.228	13.301	50.43	51.26	28.86	7.02	7.61	17.7115	8.988	14.499	13.233	61.31	47.25	27.28	17.31	
9 5/8	12.360	3.77	17.6624	8.793	13.228	13.301	50.43	51.26	28.86	7.02	7.61	17.7115	8.988	14.499	13.233	61.31	47.25	27.28	17.31	
9 5/8	11.907	3.78	17.6624	8.793	13.233	13.301	50.46	51.28	26.15	11.11	11.70	17.4439	9.463	14.609	13.871	57.54	46.57	29.52	26.21	
9 5/8	12.821	3.34	17.6624	8.793	13.150	13.318	48.54	51.46	31.41	2.56	3.88	17.7237	8.968	14.412	13.218	60.75	47.40	30.05	12.41	
9 5/8	12.434	4.52	17.6624	8.793	13.371	13.271	52.06	50.93	29.28	7.54	6.74	17.7536	8.965	14.583	13.051	64.50	47.22	28.70	17.28	
9 5/8	12.677	5.10	17.6624	8.793	13.487	13.249	53.37	50.67	27.19	11.67	9.70	17.7623	8.964	14.757	13.085	65.74	46.96	28.29	22.19	
9 5/8	12.537	3.49	17.6624	8.793	13.177	13.312	49.85	51.39	29.86	5.10	6.18	17.8371	9.302	14.758	13.654	58.65	46.78	25.80	17.62	
9 5/8	12.869	2.41	17.6624	8.793	12.989	13.355	47.71	51.88	30.97	0.93	3.78	17.5810	9.225	14.491	13.581	57.08	47.22	28.32	12.61	
9 5/8	11.764	4.35	17.6624	8.793	13.238	13.278	51.68	51.09	25.19	13.48	12.07	17.5690	9.201	14.892	13.490	61.85	46.62	21.72	26.70	
9 5/8	12.549	3.40	17.6624	8.793	13.161	13.316	49.66	51.43	29.93	4.87	6.11	17.3691	9.716	15.048	14.073	56.48	46.35	23.37	19.91	
9 5/8	13.030	3.62	17.6624	8.793	13.182	13.311	49.91	51.37	32.51	1.17	2.16	17.3278	9.698	15.196	14.172	56.67	46.12	25.57	16.61	
9 5/8	12.662	7.94	17.6624	8.793	14.111	13.142	60.46	49.46	27.10	16.90	8.96	17.2726	9.804	16.377	14.174	67.04	44.57	18.72	36.77	
9 5/8	12.258	3.40	17.6624	8.793	13.181	13.318	49.66	51.43	28.25	7.38	8.83	17.6771	9.008	14.777	13.330	62.06	47.01	26.03	20.65	
9 5/8	12.785	4.19	17.6624	8.793	13.307	13.284	51.33	51.07	31.22	4.09	3.91	17.6757	9.042	14.555	13.304	60.97	47.13	29.28	13.84	
9 5/8	13.555	3.94	17.6624	8.793	13.260	13.294	50.89	51.18	35.13	2.18	1.92	17.3620	9.467	14.551	13.978	53.68	47.65	30.16	7.36	
9 5/8	12.749	5.82	17.6624	8.793	13.636	13.221	55.07	50.36	31.03	0.96	3.71	17.6922	9.622	14.975	13.223	66.99	46.97	29.24	17.46	
9 5/8	12.077	6.92	17.6624	8.793	13.787	13.195	60.79	50.06	27.19	14.16	9.26	17.7634	8.901	15.084	13.044	69.46	46.54	26.30	34.90	
9 5/8	11.904	6.19	17.6624	8.793	13.805	13.246	63.56	50.63	26.13	13.45	11.27	17.6478	9.113	15.058	13.347	65.24	46.47	23.45	26.50	
9 5/8	11.947	6.10	17.6624	8.793	13.698	13.211	65.75	50.24	26.40	14.64	10.58	17.7439	8.899	14.892	13.087	64.65	47.08	28.51	22.64	
9 5/8	14.173	4.37	17.6624	8.793	13.342	13.277	51.73	50.99	30.40	8.96	6.32	17.2752	9.785	15.376	14.275	57.16	45.91	30.67	8.49	
9 5/8	12.258	4.92	17.6624	8.793	13.450	13.266	52.96	50.75	28.29	9.73	8.14	17.6771	9.068	15.122	13.290	66.95	46.57	28.03	23.29	
9 7/8	15.870	7.94	15.7984	11.877	17.176	17.689	44.64	48.94	25.16	8.25	11.46	15.1357	14.738	20.168	20.510	42.94	45.37	11.10	27.68	
9 7/8	15.729	2.75	15.7984	11.877	16.902	16.275	33.72	53.87	24.49	0.97	16.19	15.5183	13.089	17.867	19.729	34.21	50.66	10.78	11.66	
9 7/8	15.123	3.96	15.7984	11.877	16.131	16.107	35.96	52.46	21.48	6.77	19.71	15.4022	13.445	18.285	20.032	36.00	48.98	11.10	29.97	
9 7/8	16.123	3.56	15.7984	11.877	16.057	16.180	35.19	52.90	22.84	0.40	12.84	16.6583	12.892	17.663	19.193	37.11	48.99	23.10	9.96	
9 7/8	16.129	3.20	15.7984	11.877	16.070	16.209	34.51	53.31	27.36	0.94	12.90	15.4382	13.170	18.020	20.894	34.89	49.62	17.30	11.70	
9 7/8	16.348	1.30	15.7984	11.877	16.898	16.517	31.33	56.07	23.35	4.88	10.36	18.4727	13.429	17.896	20.180	32.92	51.19	18.47	7.61	
9 7/8	15.850	2.98	15.7984	11.877	16.529	16.344	34.80	53.60	25.25	0.23	14.81	16.4891	13.121	18.011	19.864	35.20	49.17	16.15	13.36	
9 7/8	15.178	3.03	15.7984	11.877	16.541	16.233	34.22	53.52	21.94	5.04	20.15	15.8788	12.906	17.307	18.515	38.39	48.05	17.60	14.04	
9 7/8	16.891	4.95	15.7984	11.877	16.381	17.389	37.93	51.46	28.46	7.32	8.36	15.4025	13.583	18.816	20.014	38.53	47.35	18.15	13.34	
9 7/8	14.987	3.66	15.7984	11.877	16.194	16.144	35.42	52.76	20.75	21.26	21.26	13.4644	13.471	18.344	19.123	36.36	48.30	10.31	27.86	

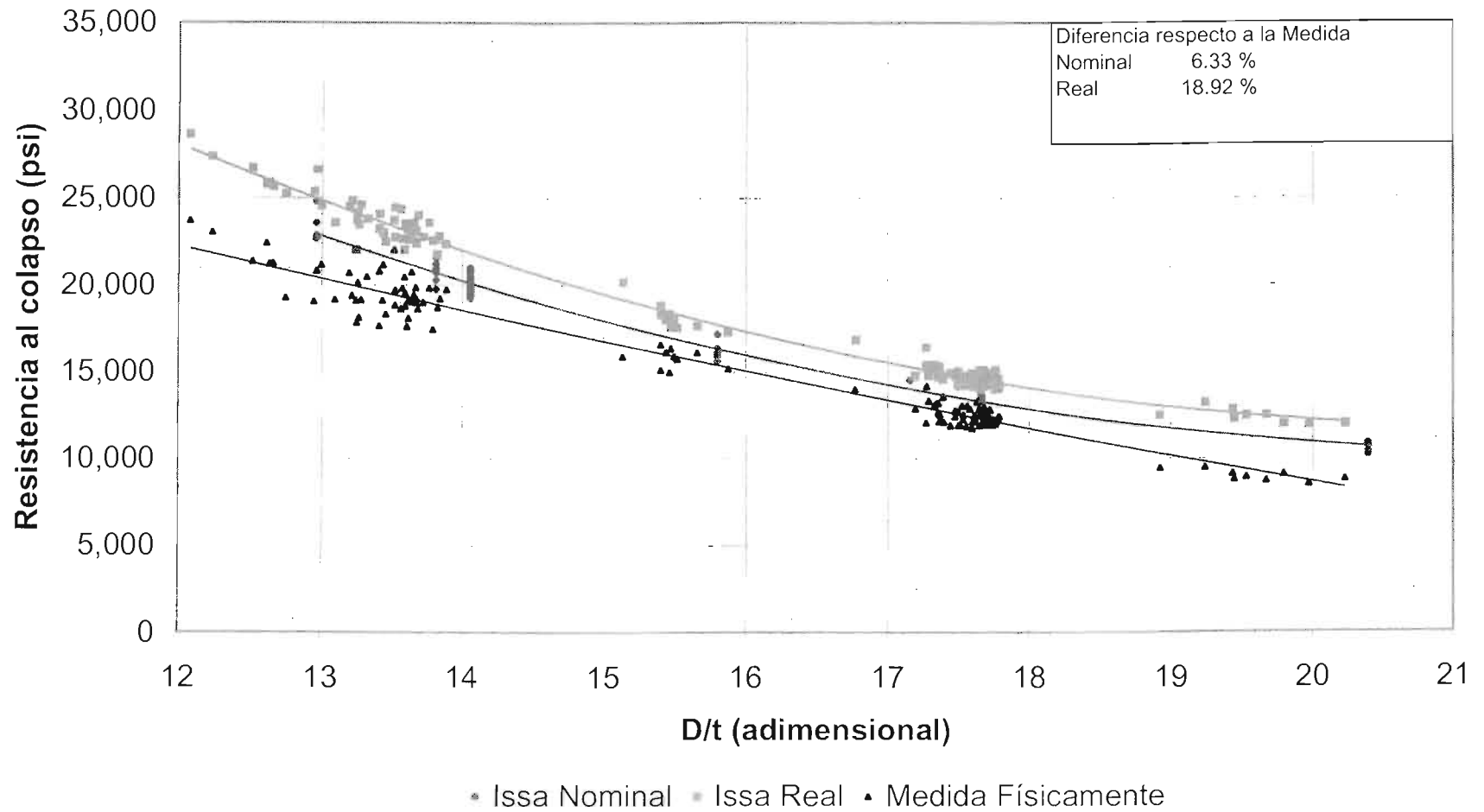
Diámetro	Excent. (%)	Dit
9	6.89	12.61
7	4.94	14.08
7	4.23	18.06
7	4.43	17.66
9 5/8	3.77	17.68
9 5/8	3.85	17.20
Promedio	4.41	16.59

Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
26.58	22.87	16.77	6.78	11.37
25.28	25.88	21.65		

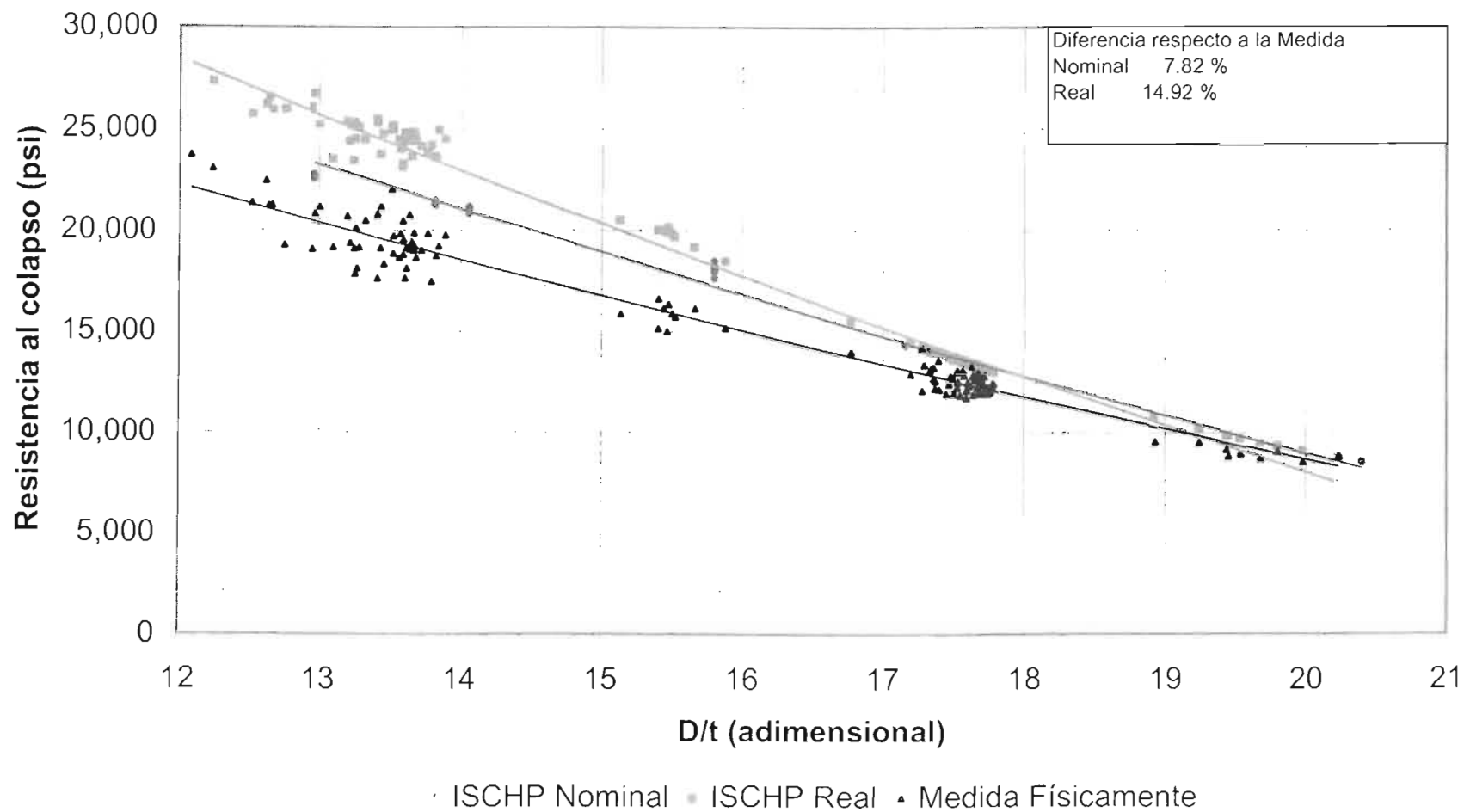
Gráfica III.34. Comparativo del modelo API con datos (D, t, σ) nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente
Tubería TAC-140



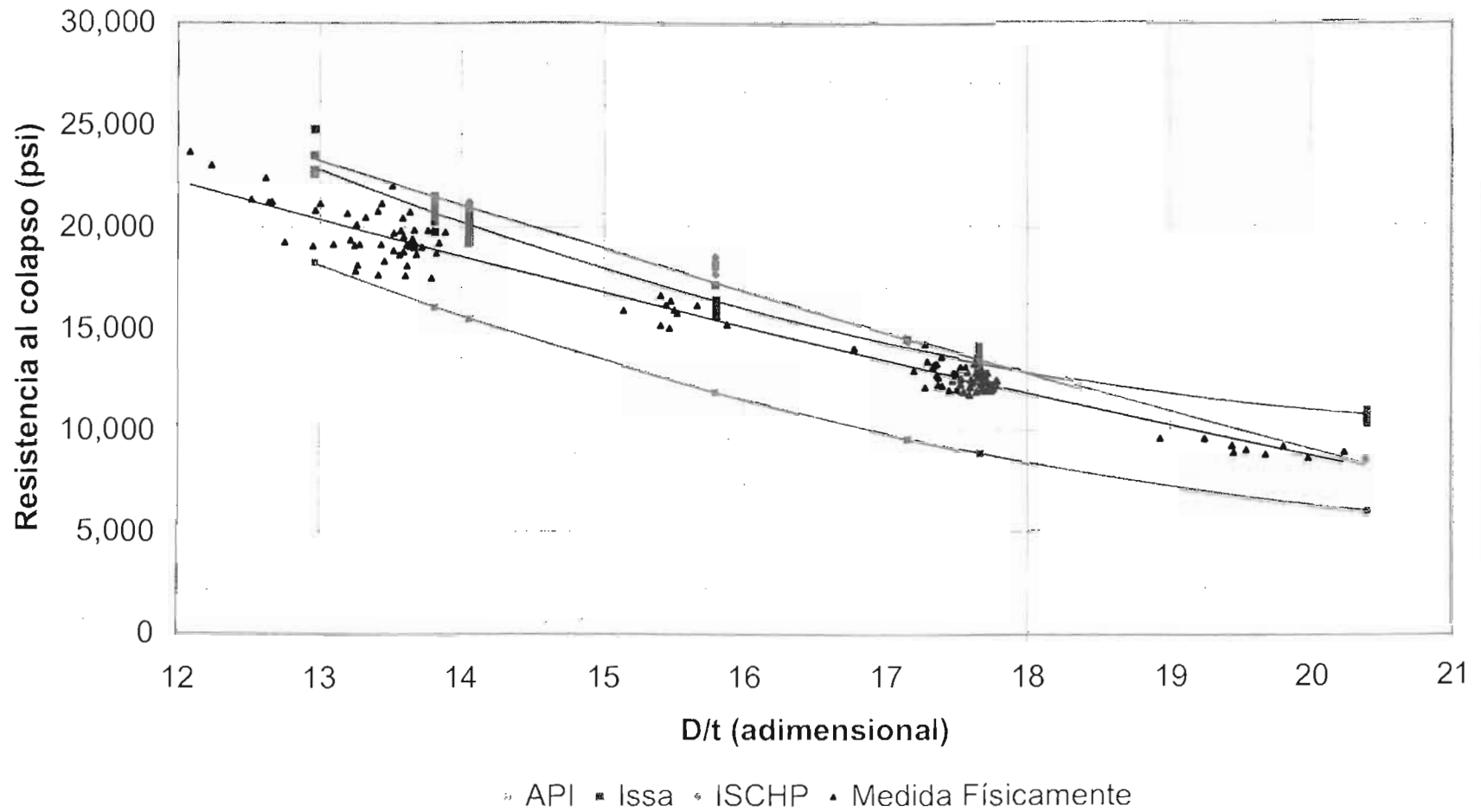
Gráfica III.35. Comparativo del modelo de Issa con datos nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente, considerando excentricidad (D, t, σ, e)
Tubería TAC-140



Gráfica III.36. Comparativo del modelo de ISCHP con datos nominales y reales respecto a los datos medidos físicamente, considerando excentricidad (D , t , σ , e)
Tubería TAC-140



Gráfica III.37. Comparativo de los modelos API, ISSA e ISCHP con datos nominales y datos medidos físicamente considerando excentricidad (D, t, σ , e)
Tubería TAC-140



Gráfica III.38. Comparativo de los modelos API, ISSA e ISCHP con datos reales y datos medidos físicamente, considerando excentricidad (D, t, σ, e)
Tubería TAC-140

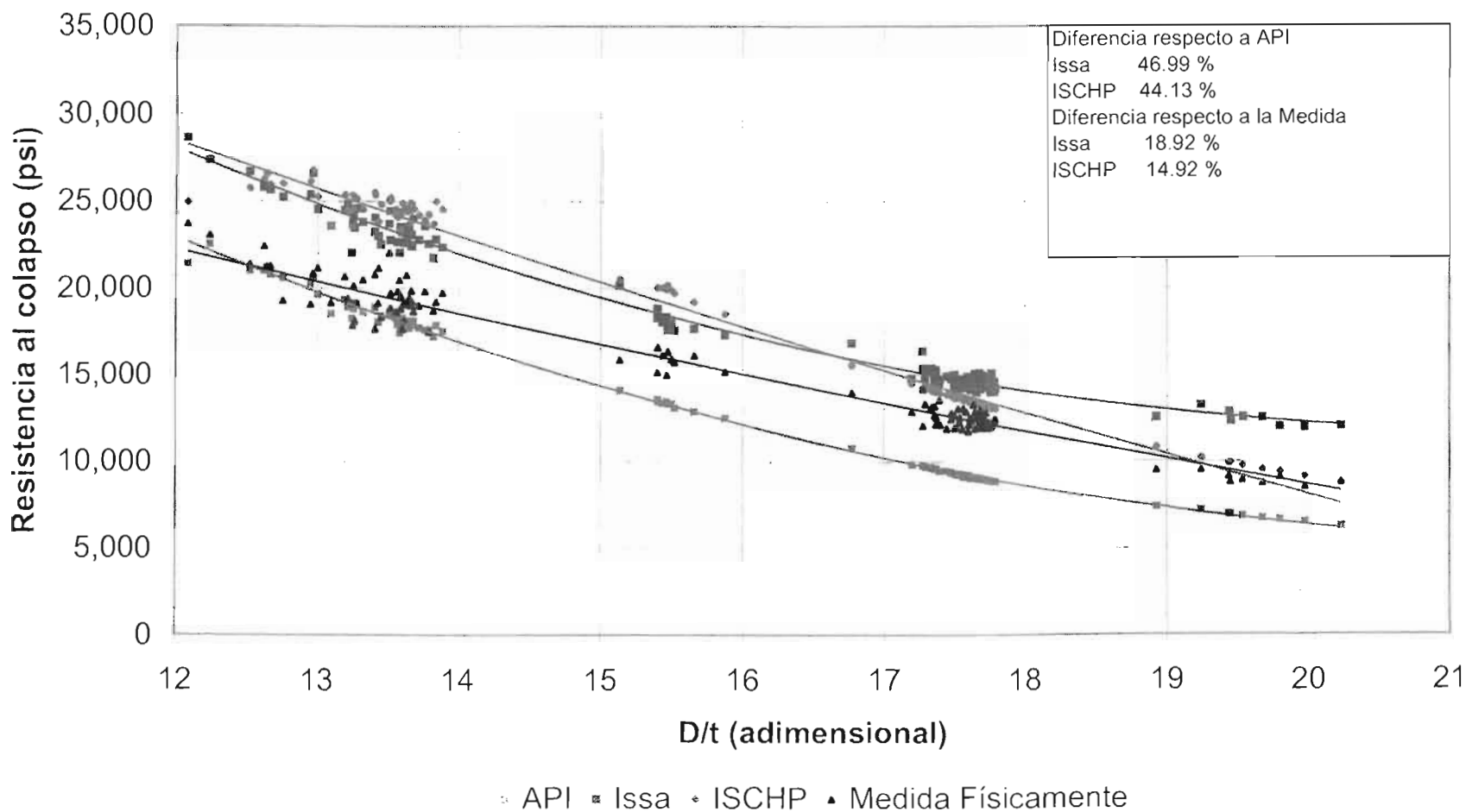


Tabla III.9. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores de diámetro y espesor (D, t) nominales y cedencia real (β), comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo API, considerando imperfecciones (o y e), para tubería TAC-140

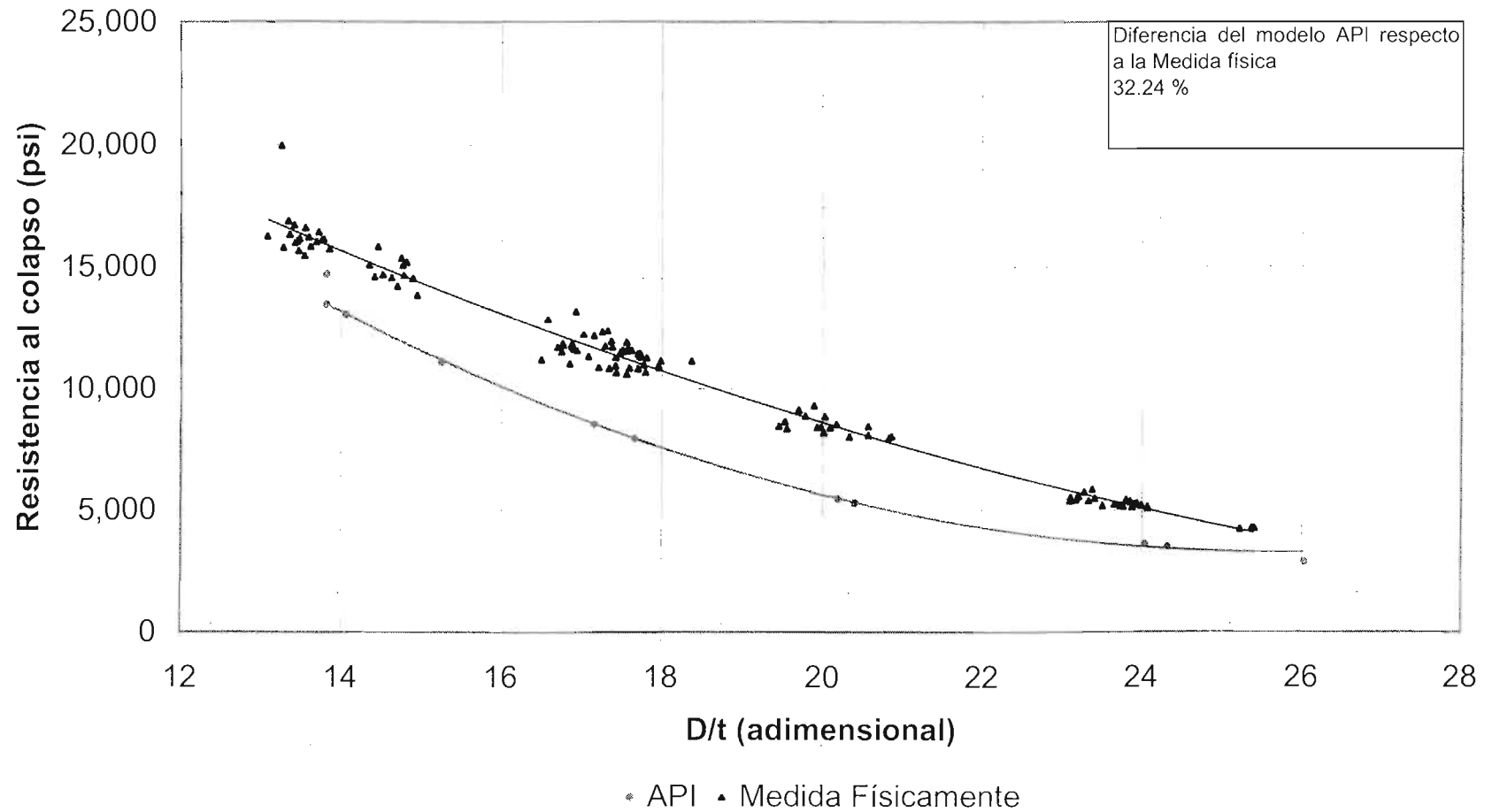
Datos		Resultados Nominales				Diferencias con API		Dif. con pba. física		
Diámetro	Pba. Física	D/t	API	Issa	ISPCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
5	19,112	13.8122	16,723	18,645	19,966	11.49	19.39	12.50	2.45	4.47
5	19,158	13.8122	16,592	19,368	19,672	16.73	18.56	13.39	1.09	2.68
5	19,273	13.8122	17,385	20,504	21,834	17.94	25.59	9.80	6.39	13.29
5	18,798	13.8122	17,395	20,361	20,560	17.05	18.19	7.46	8.31	9.37
5	20,685	13.8122	17,526	21,110	21,964	20.45	25.32	15.27	2.05	6.18
5	18,639	13.8122	17,556	21,603	21,333	23.05	21.51	5.81	15.90	14.45
5	20,831	13.8122	17,993	22,034	22,236	22.46	23.58	13.63	5.77	6.74
7	13,975	17.1569	10,023	15,220	13,864	51.86	38.32	28.28	8.91	0.80
7	20,452	17.1569	9,778	13,541	13,498	38.48	38.04	52.19	33.79	34.00
7	19,141	14.0562	16,353	19,914	20,824	21.78	27.34	14.57	4.04	8.79
7	19,531	14.0562	16,353	20,452	20,215	25.07	23.62	16.27	4.72	3.50
7	21,166	14.0562	16,363	20,099	21,070	22.84	28.77	22.69	5.04	0.45
7	19,384	14.0562	16,538	19,912	19,630	20.40	18.69	14.68	2.72	1.27
7	19,827	14.0562	16,567	19,634	20,668	18.51	24.75	16.44	0.97	4.24
7	20,127	14.0562	16,567	20,825	21,658	25.70	30.73	17.69	3.47	7.61
7	19,414	14.0562	16,577	20,641	20,535	24.52	23.88	14.61	6.32	5.78
7	18,725	14.0562	16,577	19,788	21,226	19.37	28.04	11.47	5.67	13.36
7	20,483	14.0562	16,596	20,701	21,733	24.73	30.95	18.98	1.06	6.10
7	21,166	14.0562	16,625	19,605	20,530	17.92	23.49	21.45	7.38	3.01
7	18,323	14.0562	16,720	19,464	21,400	16.41	27.99	8.75	6.23	16.79
7	18,107	14.0562	16,748	19,140	20,080	14.28	19.89	7.50	5.70	10.90
7	18,131	15.2520	13,796	16,837	17,969	22.05	30.25	23.91	7.13	0.89
7	19,837	15.2520	13,809	18,147	17,939	31.42	29.91	30.39	8.52	9.57
7	19,005	15.2520	13,815	17,362	17,958	25.68	29.99	27.31	8.64	5.51
7	19,188	15.2520	13,821	17,523	18,890	26.78	36.68	27.97	8.68	1.55
7	20,765	15.2520	13,827	17,736	18,508	28.27	33.85	33.41	14.59	10.87
7	17,845	15.2520	13,846	16,547	17,366	19.51	25.43	22.41	7.27	2.68
7	19,053	15.2520	13,858	17,595	18,579	26.96	34.07	27.27	7.65	2.49
7	17,463	15.2520	13,858	17,782	18,676	28.32	34.76	20.64	1.83	6.94
7	19,151	15.2520	13,864	17,928	18,278	29.31	31.83	27.61	6.39	4.56
7	19,149	15.2520	13,864	17,128	17,350	23.54	25.15	27.60	10.56	9.39
7	19,702	15.2520	13,882	17,262	18,687	24.35	34.61	29.54	12.38	5.15
7	19,000	15.2520	13,925	17,223	18,495	23.69	32.82	26.71	9.35	2.66
7	19,079	20.3940	6,088	10,070	8,067	65.42	32.50	68.09	47.22	57.72
7	17,625	20.3940	6,089	9,794	7,948	60.86	30.55	65.46	44.43	54.90
7	22,032	20.3940	6,089	10,127	8,064	66.30	32.43	72.36	54.04	63.40
7	20,794	20.3940	6,091	10,142	8,255	66.50	35.51	70.71	51.23	60.30
7	18,651	20.3940	6,091	10,995	8,269	80.49	35.74	67.34	41.05	55.67
7	19,853	20.3940	6,092	10,358	8,209	70.02	34.74	69.31	47.83	58.65
7	17,642	20.3940	6,094	10,141	8,068	66.43	32.40	65.46	42.52	54.27
7	19,739	20.3940	6,095	10,193	8,165	67.24	33.97	69.12	48.36	58.63
7	18,846	20.3940	6,100	10,500	8,080	72.12	32.45	67.63	44.29	57.13
7	19,216	20.3940	6,107	10,099	8,060	65.38	31.99	68.22	47.44	58.06
7	23,706	20.3940	5,946	10,636	8,203	78.88	37.96	74.92	55.13	65.40
7	21,365	17.6624	9,004	13,357	12,350	48.35	37.16	57.86	37.48	42.20
7	21,249	17.6624	9,029	13,344	12,643	47.79	40.02	57.51	37.20	40.50
7	22,436	17.6624	9,038	12,991	12,362	43.73	36.77	59.71	42.10	44.90
7	23,039	17.6624	9,055	13,484	12,736	48.91	40.65	60.70	41.47	44.72
7	21,218	17.6624	9,057	13,281	12,576	46.63	38.85	57.31	37.41	40.73
9 5/8	9,492	17.6624	9,028	12,794	12,308	41.71	36.33	4.89	34.78	29.66
9 5/8	8,710	17.6624	9,037	13,634	12,176	50.86	34.73	3.76	56.53	39.80
9 5/8	8,928	17.6624	9,047	13,815	12,495	52.70	38.11	1.33	54.74	39.95
9 5/8	8,796	17.6624	9,055	13,005	12,139	43.63	34.06	2.94	47.85	38.01
9 5/8	9,138	17.6624	9,069	13,897	12,415	53.24	36.89	0.76	52.08	35.86
9 5/8	9,085	17.6624	9,069	13,558	12,568	49.50	38.59	0.18	49.23	38.34
9 5/8	9,494	17.6624	9,079	14,064	12,397	54.90	36.55	4.37	48.13	30.58
9 5/8	8,517	17.6624	9,083	13,926	12,747	53.31	40.34	6.65	63.51	49.67
9 5/8	8,806	17.6624	9,085	14,152	12,549	55.76	38.13	3.17	60.70	42.51
9 5/8	13,048	17.6624	8,962	13,673	13,007	52.56	45.14	31.31	4.79	0.31
9 5/8	12,335	17.6624	8,973	13,480	12,893	50.23	43.68	27.25	9.29	4.52
9 5/8	13,287	17.6624	9,010	13,861	12,890	53.83	43.06	32.19	4.32	2.99
9 5/8	13,030	17.6624	9,012	12,874	12,483	42.85	38.52	30.84	1.20	4.20
9 5/8	12,120	17.6624	9,012	13,308	12,554	47.67	39.31	25.65	9.80	3.58
9 5/8	12,234	17.6624	9,015	13,334	12,721	47.91	41.11	26.31	8.99	3.98
9 5/8	12,685	17.6624	9,022	13,076	12,667	44.93	40.40	28.88	3.08	0.14
9 5/8	12,980	17.6624	9,022	13,203	12,617	46.34	39.84	30.49	1.72	2.80
9 5/8	12,600	17.6624	9,024	12,787	12,453	41.70	38.00	28.38	1.48	1.17
9 5/8	12,880	17.6624	9,025	12,764	12,336	41.42	36.69	29.93	0.90	4.22
9 5/8	11,961	17.6624	9,031	13,172	12,603	45.86	39.55	24.50	10.12	5.36
9 5/8	11,930	17.6624	9,032	13,871	12,681	53.58	40.41	24.29	16.27	6.30
9 5/8	11,947	17.6624	9,036	13,092	12,287	44.89	35.98	24.37	9.58	2.84
9 5/8	12,606	17.6624	9,037	13,865	12,963	53.42	43.45	28.31	9.98	2.84
9 5/8	12,418	17.6624	9,040	13,502	12,739	49.36	40.92	27.20	8.73	2.58
9 5/8	12,664	17.6624	9,042	13,114	12,536	45.03	38.64	28.60	3.55	1.01
9 5/8	12,485	17.6624	9,043	13,863	12,938	53.30	43.06	27.57	11.04	3.62
9 5/8	11,876	17.6624	9,045	13,063	12,455	44.43	37.71	23.84	10.00	4.88
9 5/8	12,211	17.6624	9,045	13,429	12,757	48.48	41.04	25.93	9.98	4.47
9 5/8	13,202	17.6624	9,051	13,118	12,342	44.95	36.37	31.45	0.63	6.52
9 5/8	12,128	17.6624	9,052	13,624	12,648	50.52	39.73	25.37	12.34	4.29
9 5/8	12,262	17.6624	9,053	13,187	12,772	45.67	41.09	26.17	7.55	4.16

Tabla III.9. Análisis de los modelos de Issa e ISCHP con valores de diámetro y espesor (D, t) nominales y cedencia real (β), comparados con los datos medidos de pruebas físicas y el modelo API, considerando imperfecciones (o y e), para tubería TAC-140

Datos		Resultados Nominales				Diferencias con API		Dif. con pba. física		
Diámetro	Pba. Física	D/t	API	Issa	ISPCHP	Issa (%)	ISCHP (%)	API (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
9 5/8	11,935	17.6624	9,054	13,586	12,753	50.06	40.86	24.14	13.83	6.86
9 5/8	13,334	17.6624	9,056	12,934	12,436	42.82	37.32	32.08	3.00	6.74
9 5/8	12,160	17.6624	9,059	12,981	11,939	43.29	31.79	25.50	6.75	1.81
9 5/8	12,263	17.6624	9,059	13,118	12,449	44.80	37.42	26.13	6.97	1.52
9 5/8	12,764	17.6624	9,061	13,347	12,546	47.30	38.45	29.01	4.57	1.71
9 5/8	12,000	17.6624	9,061	12,897	12,483	42.33	37.76	24.49	7.47	4.02
9 5/8	13,146	17.6624	9,064	14,165	12,868	56.27	41.97	31.05	7.75	2.11
9 5/8	12,375	17.6624	9,068	13,982	12,641	54.19	39.40	26.72	12.99	2.15
9 5/8	12,440	17.6624	9,070	13,622	12,654	50.20	39.52	27.09	9.50	1.72
9 5/8	12,636	17.6624	9,071	14,257	12,973	57.16	43.01	28.21	12.83	2.66
9 5/8	12,832	17.6624	9,071	13,710	12,679	51.13	39.77	29.31	6.84	1.19
9 5/8	12,360	24.0327	3,604	7,759	5,053	115.29	40.21	70.84	37.22	59.11
9 5/8	12,360	20.1924	6,269	10,771	8,601	71.82	37.21	49.28	12.86	30.41
9 5/8	11,907	20.1924	6,269	10,713	8,574	70.88	36.76	47.35	10.03	27.99
9 5/8	12,821	20.4021	6,088	10,759	8,431	76.72	38.49	52.52	18.08	34.24
9 5/8	12,434	20.4021	6,089	10,454	8,225	71.67	35.08	51.03	15.93	33.85
9 5/8	12,077	20.4021	6,091	9,977	7,950	63.81	30.53	49.57	17.39	34.17
9 5/8	12,537	20.4021	6,091	10,378	8,263	70.38	35.65	51.41	17.22	34.09
9 5/8	12,869	26.0195	2,821	6,575	3,968	133.07	40.66	78.08	48.91	69.16
9 5/8	11,754	26.0195	2,821	6,876	3,979	143.73	41.04	76.00	41.50	66.15
9 5/8	12,549	26.0195	2,821	6,420	3,915	127.57	38.77	77.52	48.84	68.80
9 5/8	13,030	24.3164	3,476	7,436	4,830	113.94	38.97	73.32	42.93	62.93
9 5/8	12,062	24.3164	3,476	8,077	4,831	132.37	39.00	71.18	33.04	59.95
9 5/8	12,258	24.3164	3,476	7,567	4,849	117.70	39.52	71.64	38.27	60.44
9 5/8	12,785	24.3164	3,476	7,619	4,878	119.20	40.35	72.81	40.41	61.84
9 5/8	13,555	24.3164	3,476	6,778	4,710	95.01	35.50	74.36	49.99	65.26
9 5/8	12,749	24.3164	3,476	7,941	4,888	128.45	40.64	72.74	37.72	61.66
9 5/8	12,077	24.3164	3,476	7,935	4,861	128.28	39.86	71.22	34.30	59.75
9 5/8	11,904	24.3164	3,476	7,827	4,869	125.19	40.07	70.80	34.25	59.10
9 5/8	11,947	24.3164	3,476	7,698	4,861	121.48	39.85	70.91	35.56	59.31
9 5/8	14,173	24.3164	3,476	7,753	4,884	123.04	40.52	75.48	45.30	65.54
9 5/8	12,258	24.3164	3,476	7,708	4,836	121.74	39.13	71.64	37.12	60.55
9 7/8	15,870	24.3164	3,476	7,727	4,793	122.31	37.89	78.10	51.31	69.80
9 7/8	15,729	24.3164	3,476	7,364	4,896	111.87	40.86	77.90	53.18	68.87
9 7/8	15,123	24.3164	3,476	7,322	4,836	110.64	39.14	77.02	51.59	68.02
9 7/8	16,122	24.3164	3,476	7,408	4,869	113.14	40.07	78.44	54.05	69.80
9 7/8	16,129	24.3164	3,476	7,299	4,852	109.98	39.60	78.45	54.75	69.91
9 7/8	16,348	24.3164	3,476	7,150	4,863	105.69	39.90	78.74	56.27	70.26
9 7/8	15,890	24.3164	3,476	7,058	4,783	103.06	37.62	78.13	55.58	69.90
9 7/8	15,176	24.3164	3,476	7,234	4,825	108.13	38.81	77.10	52.33	68.21
9 7/8	16,601	24.3164	3,476	7,634	4,857	119.63	39.73	79.06	54.01	70.74
9 7/8	14,987	24.3164	3,476	7,226	4,798	107.90	38.04	76.81	51.78	67.98

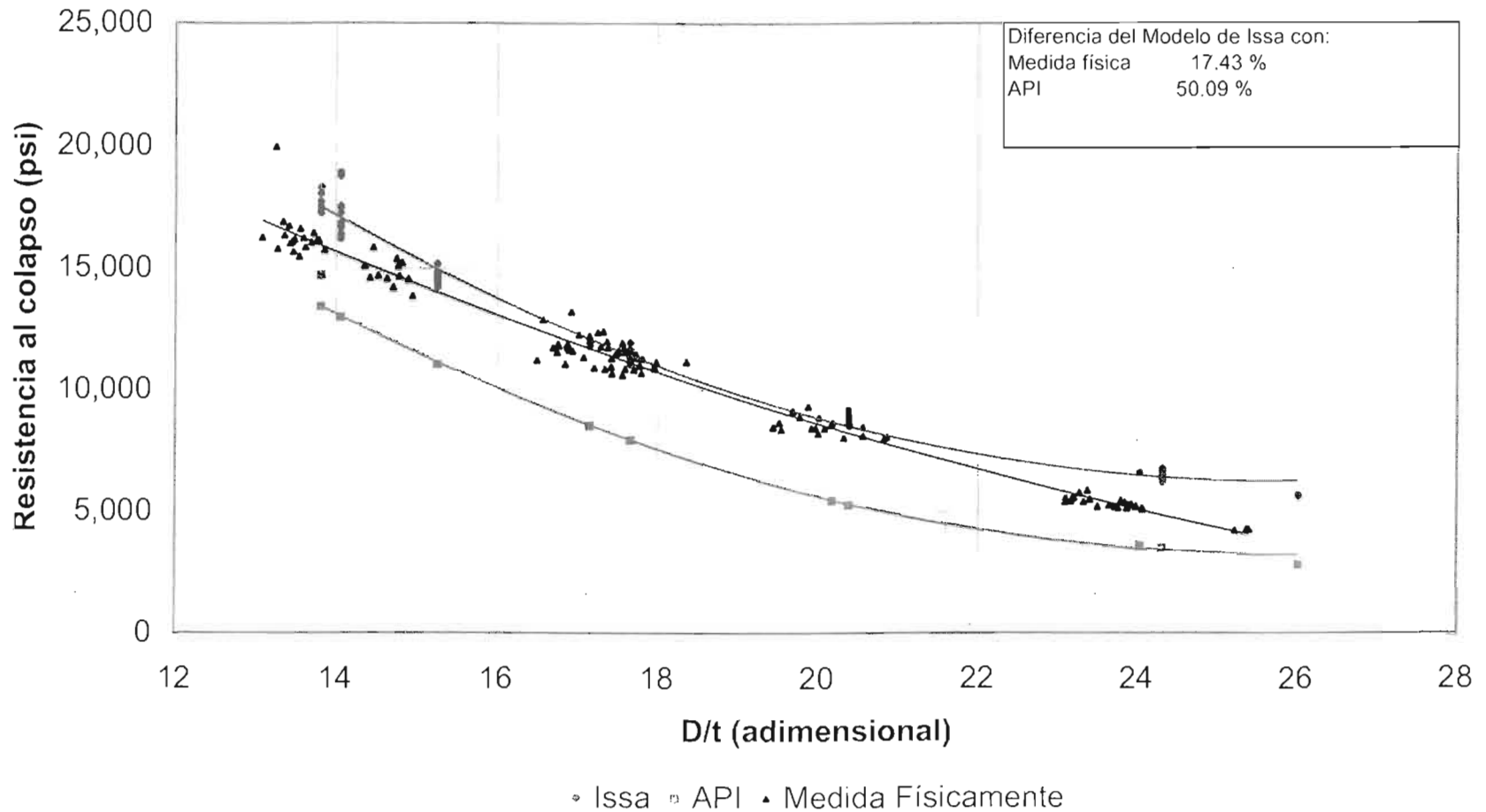
5	18.48	21.50	11.90	4.87	7.43
7	22.27	26.80	16.44	5.23	6.00
7	25.94	32.19	27.44	8.37	4.48
7	50.15	38.36	28.41	18.68	13.28
9 5/8	71.46	36.54	50.67	16.41	34.04
9 5/8	118.64	39.59	75.95	47.55	66.61
Promedio	50.09	37.40	32.24	17.43	18.95

Gráfica III.39. Comparativo del modelo API respecto a los datos medidos físicamente, considerando datos de diámetro y espesor nominales (D, t) y cedencia real (σ_r)
Tubería TAC-140

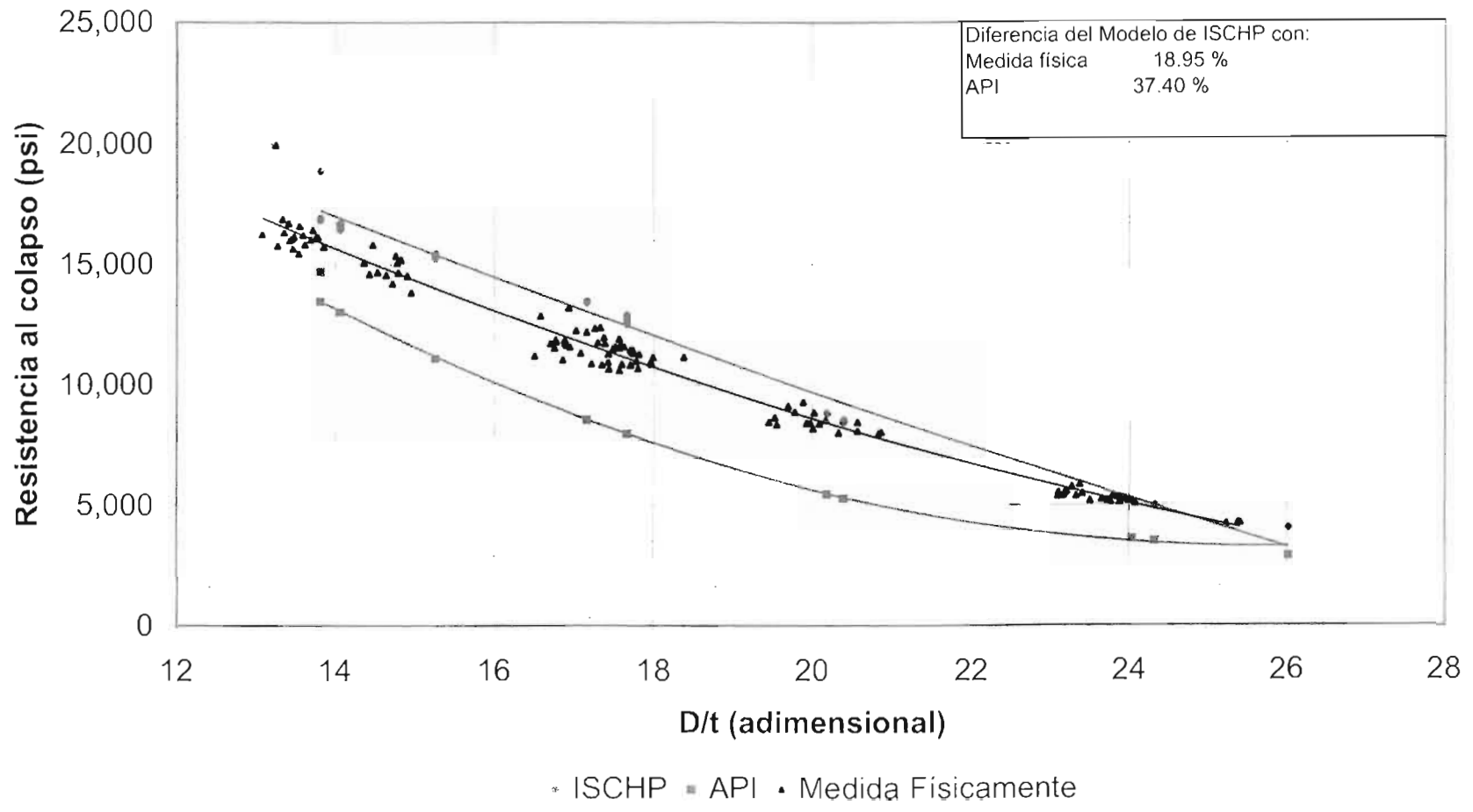


Gráfica III.40. Comparativo del modelo de Issa respecto al modelo API y los datos medidos físicamente, considerando datos de diámetro y espesor nominales (D, t) y cedencia real (σ_r)

Tubería TAC-140

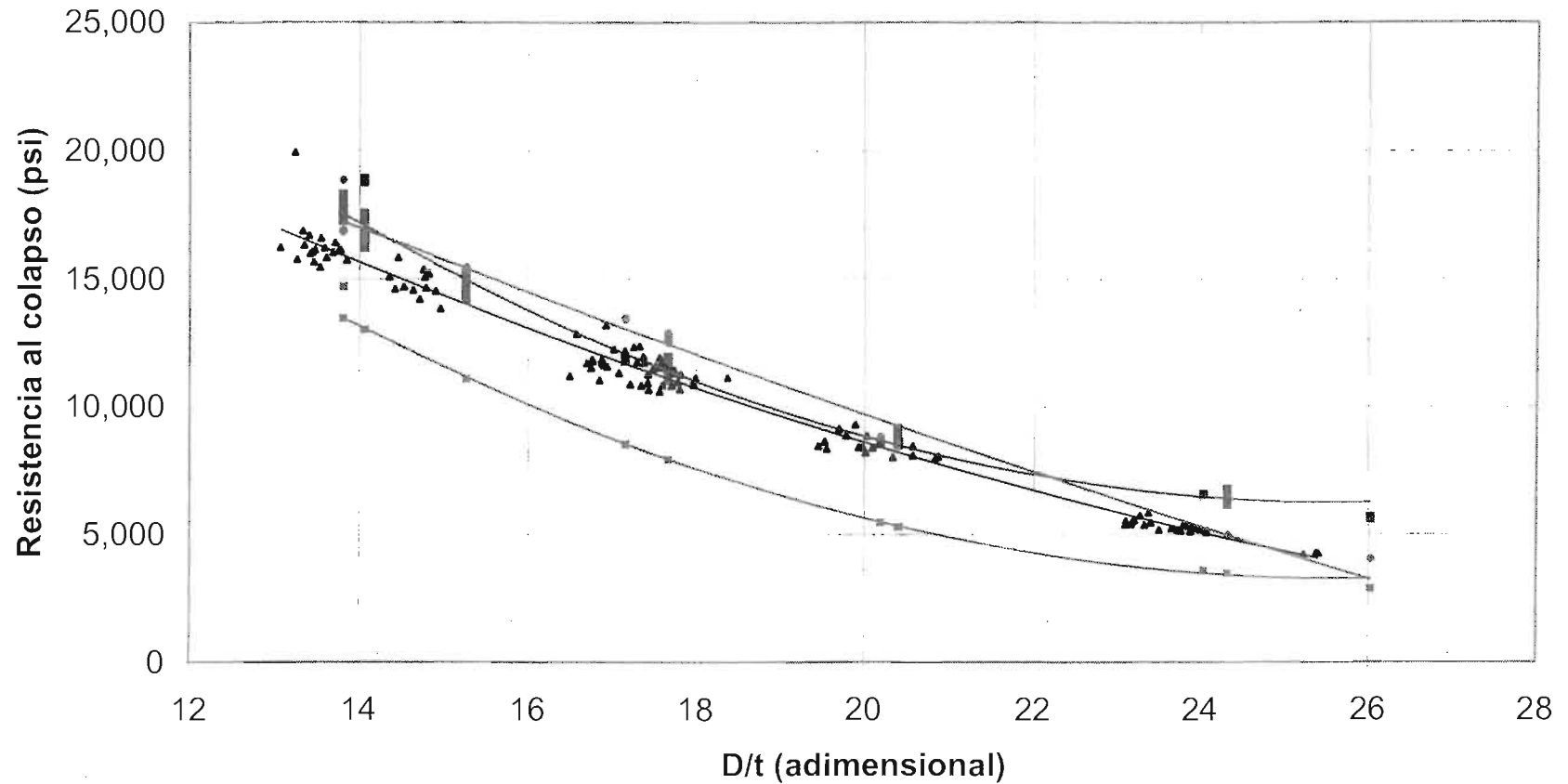


Gráfica III.41. Comparativo del modelo de ISCHP respecto al modelo API y los datos medidos físicamente, considerando datos de diámetro y espesor nominales (D, t) y cedencia real (σ_r)
Tubería TAC-140



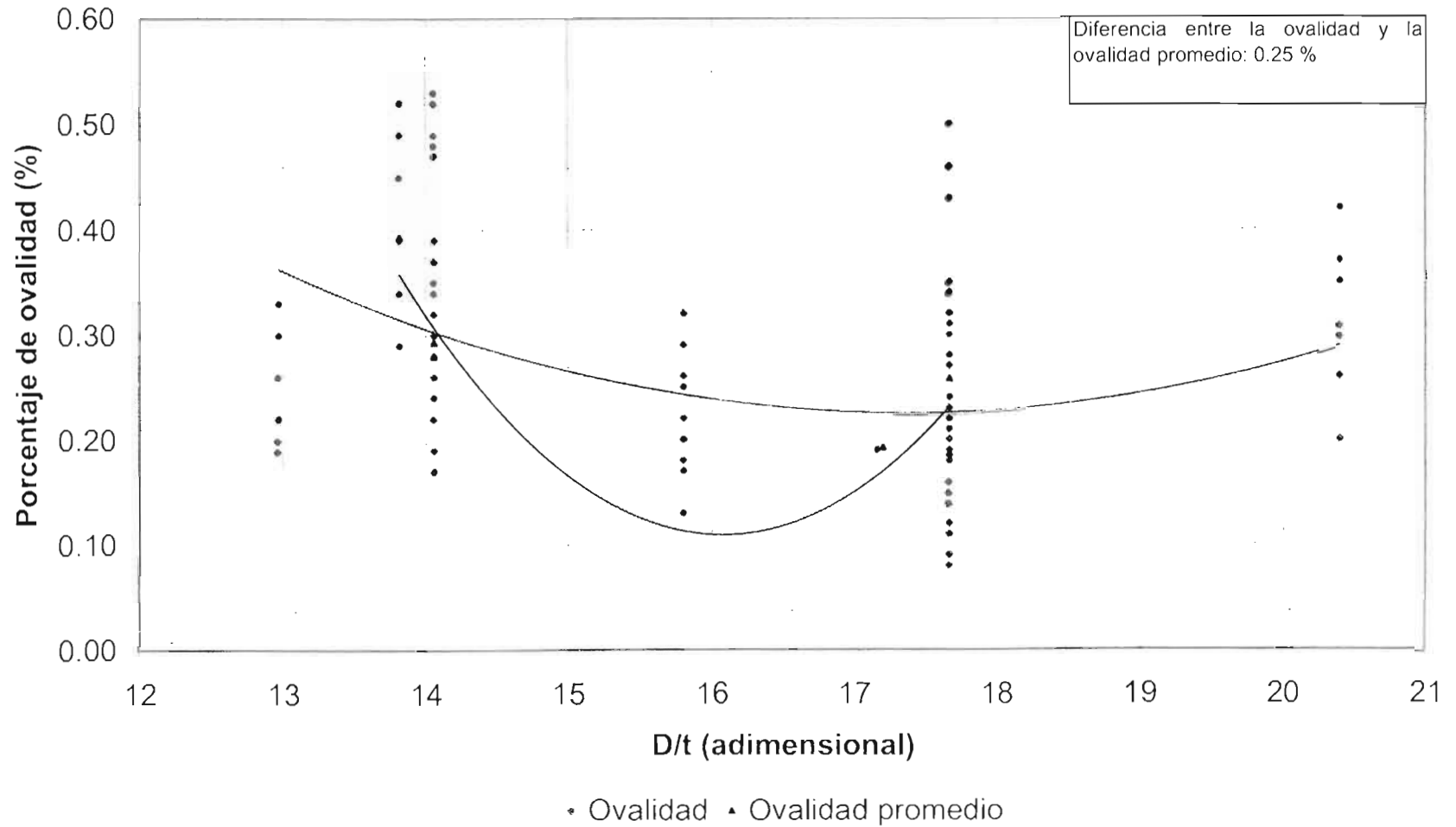
Gráfica III.42. Comparativo de los modelos de Issa e ISCHP respecto al modelo API y los datos medidos físicamente con datos de diámetro y espesor nominales (D, t) y cedencia real (σ_r)

Tubería TAC-140



* API * Issa * ISCHP * Medida Físicamente

Gráfica III.43. Comparativo de la ovalidad con la ovalidad promedio
Tubería TAC-140



Gráfica III.44. Comparativo la excentricidad con la excentricidad promedio
Tubería TAC-140

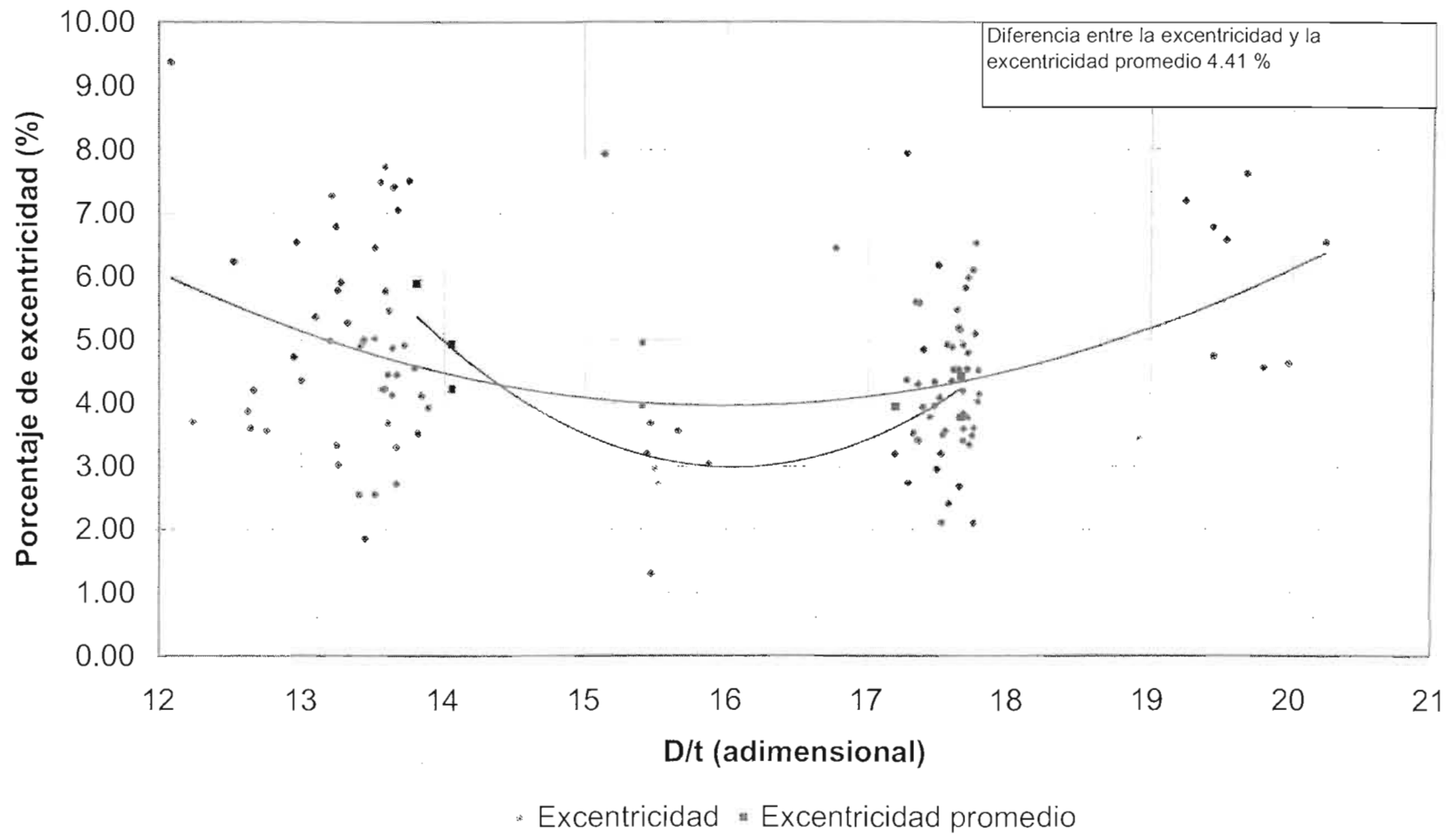


Tabla III.10. Comparativo de resistencias al colapso obtenidas con datos reales (D, t, o y e), considerando cedencia (c_r) nominal y real, para tubería TAC-140

Datos				Resultados con cedencia nominal				Comparativo API		Comparativo físico		Resultados con cedencia real				Comparativo API		Comparativo físico				
Diámetro (pg)	Espesor (pg)	Dil (adim)	Ovalidad (%)	Excentricidad (%)	Cedencia Nominal (psi)	Cedencia Real (psi)	Obtenida (psi)	API (psi) *	Issa (psi)	ISCHP (psi)	Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	Obtenida (psi)	API (psi) *	Issa (psi)	ISCHP (psi)	Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
5.0059	0.378	13.2431	0.45	6.79	140,000.00	148,221.90	19,112	16,079	17,920	19,103	11.46	18.61	6.24	0.04	19,112	18,258	20,059	21,176	9.66	15.96	4.95	10.80
5.0413	0.366	13.0944	0.49	5.36	140,000.00	148,514.93	-19,158	16,079	18,764	18,503	16.70	18.12	2.06	0.86	19,158	18,524	21,344	21,170	15.22	14.29	11.41	10.50
5.0110	0.393	12.7670	0.29	3.58	140,000.00	157,183.49	-19,273	16,079	18,934	19,918	17.75	23.87	1.76	3.34	16,273	20,572	23,684	24,289	16.03	18.07	22.79	26.02
5.0142	0.369	13.5685	0.52	5.77	140,000.00	157,325.74	-18,758	16,079	18,790	18,860	16.86	17.30	0.04	0.33	18,798	18,026	20,981	21,095	16.39	17.03	11.81	17.22
5.0268	0.381	13.1936	0.29	4.90	140,000.00	159,174.95	-20,685	16,079	19,328	19,860	20.21	23.82	5.66	3.99	20,685	19,348	22,923	23,447	18.48	21.19	10.82	13.55
5.0031	0.369	13.5877	0.39	7.49	140,000.00	159,801.70	-18,639	16,079	19,744	19,326	22.79	20.19	5.93	3.69	18,639	18,285	22,343	21,957	22.19	20.06	19.87	17.80
5.0177	0.487	12.9957	0.34	8.54	140,000.00	160,002.83	-20,831	16,079	19,815	19,575	21.96	21.75	5.84	6.03	20,831	20,550	24,702	24,495	19.58	18.43	15.58	17.45
7.0276	0.518	16.7722	0.19	8.44	140,000.00	165,007.10	-13,876	9,863	13,653	13,506	42.85	41.22	2.38	3.38	13,876	15,867	14,797	47.31	37.33	31.74	5.85	
7.0630	0.500	13.5877	0.26	4.23	140,000.00	169,217.63	-20,452	15,499	18,630	19,511	20.70	20.20	1.94	2.28	20,452	17,407	20,705	21,050	18.95	24.03	11.24	5.85
7.0238	0.523	13.2225	0.26	4.97	140,000.00	151,778.08	-19,141	15,499	18,833	19,590	21.52	26.14	1.61	2.14	19,141	18,037	21,611	22,187	19.81	23.01	19.81	15.91
7.0661	0.520	13.5877	0.35	7.73	140,000.00	151,778.08	-19,541	15,499	19,342	19,025	24.80	22.75	0.97	2.59	19,541	17,585	21,743	21,255	23.58	20.80	11.33	8.63
7.0524	0.525	13.4331	0.22	5.01	140,000.00	151,920.33	-21,166	15,499	18,966	19,748	22.57	27.40	10.25	6.71	21,166	18,039	21,795	22,416	20.82	24.25	2.97	3.50
7.0295	0.522	13.2134	0.53	7.27	140,000.00	154,480.79	-19,384	15,499	18,607	19,342	20.05	18.69	4.01	5.58	19,384	18,888	22,304	21,579	18.08	14.24	15.06	11.32
7.0555	0.520	13.5683	0.35	4.22	140,000.00	154,907.53	-19,827	15,499	18,312	19,180	18.15	23.62	7.64	3.36	19,827	17,897	20,933	21,197	16.95	21.79	5.57	9.94
7.0386	0.531	13.2553	0.17	5.78	140,000.00	154,907.53	-20,127	15,499	19,423	19,917	25.32	28.85	3.50	0.78	20,127	18,802	23,112	23,425	22.33	24.59	14.83	16.39
7.0571	0.517	13.6591	0.35	7.41	140,000.00	155,049.78	-19,414	15,499	19,240	19,037	24.14	22.83	0.90	1.94	19,414	17,878	21,768	21,481	23.13	21.51	12.12	10.65
7.0630	0.511	13.8219	0.26	3.52	140,000.00	155,049.78	-18,725	15,499	18,444	19,611	19.01	26.63	1.50	4.73	18,725	17,205	20,395	21,766	18.54	26.51	8.92	16.24
7.0740	0.531	13.3221	0.17	5.27	140,000.00	155,334.27	-20,483	15,499	19,272	19,994	24.35	29.09	5.91	2.30	20,483	18,681	22,772	23,363	22.16	25.33	11.18	14.05
7.0583	0.513	12.9897	0.19	4.36	140,000.00	155,781.01	-21,186	15,499	18,978	19,574	22.45	13.93	19.34	21.186	18,653	22,591	22,992	14.95	16.99	6.73	8.93	
7.0346	0.523	13.4506	0.28	1.85	140,000.00	157,183.49	-18,323	15,499	17,876	19,584	15.98	26.38	1.89	6.88	18,323	18,414	21,070	22,824	14.42	23.95	14.99	24.56
7.0238	0.516	13.6117	0.52	3.68	140,000.00	157,610.23	-18,107	15,499	17,844	18,463	13.84	19.13	2.58	1.97	18,107	17,981	20,305	21,152	12.92	17.64	12.14	16.82
7.0295	0.530	13.2533	0.35	3.02	140,000.00	157,752.48	-18,131	15,499	18,010	19,207	18.20	23.93	0.67	5.93	18,131	19,017	21,714	22,880	14.19	19.20	19.76	26.19
7.0453	0.512	13.7603	0.32	7.51	140,000.00	158,036.97	-19,837	15,499	19,379	19,167	25.04	23.67	2.31	3.38	19,837	17,591	21,887	21,682	24.42	23.26	10.33	9.30
7.0512	0.514	13.7183	0.34	4.92	140,000.00	158,179.22	-19,005	15,499	18,535	19,176	19.59	23.74	2.37	0.91	19,005	17,720	21,064	21,811	18.87	23.09	10.84	14.76
7.0394	0.515	13.6687	0.19	3.30	140,000.00	158,321.47	-19,188	15,499	18,662	19,978	20.35	28.90	2.79	4.12	19,188	17,871	21,334	22,935	19.38	28.33	11.18	19.53
7.0622	0.518	13.6326	0.24	4.88	140,000.00	158,483.72	-20,765	15,499	18,883	19,652	21.83	28.80	8.06	5.36	20,765	17,982	21,716	22,625	20.76	25.82	4.58	8.96
7.0220	0.530	13.2491	0.49	3.33	140,000.00	158,890.46	-17,845	15,499	17,847	18,506	13.86	19.98	1.11	4.21	17,845	18,154	21,449	22,316	11.99	16.51	20.20	25.05
7.0346	0.516	13.8310	0.24	4.13	140,000.00	159,174.95	-19,053	15,499	18,877	19,684	20.51	27.00	1.67	3.31	19,053	18,037	21,546	22,745	19.46	26.11	11.09	19.38
7.0497	0.511	13.7880	0.22	4.56	140,000.00	159,374.95	-17,463	15,499	18,870	19,765	21.75	27.53	13.19	17.463	18,870	18,584	22,584	21,330	22.78	27.75	28.72	38.72
7.0374	0.530	13.2781	0.39	5.91	140,000.00	159,317.20	-18,451	15,499	18,531	19,415	22.79	26.27	6.52	1.38	19,151	19,100	23,033	23,875	20.62	21.66	26.30	21.54
7.0512	0.518	13.6173	0.48	5.46	140,000.00	159,317.20	-19,149	15,499	18,231	18,561	17.63	19.76	4.79	3.07	19,149	19,107	21,118	21,523	18.69	18.37	10.34	11.93
7.0295	0.520	13.5183	0.24	2.58	140,000.00	159,743.94	-19,702	15,499	18,281	19,752	17.95	27.44	7.21	0.26	19,702	18,414	21,462	23,167	16.55	25.81	8.93	17.59
7.0358	0.515	13.7618	0.28	2.72	140,000.00	160,739.68	-19,600	15,499	18,176	19,547	17.27	26.12	4.24	2.88	18,600	18,068	21,031	22,872	16.40	26.48	10.69	19.33
7.0299	0.543	12.9404	0.37	4.73	140,000.00	160,739.68	-19,079	15,499	18,382	19,551	18.60	22.92	3.65	0.14	19,079	20,264	23,451	23,808	15.73	17.49	22.92	24.79
7.0189	0.516	13.6205	0.47	4.45	140,000.00	160,881.92	-17,625	15,499	17,989	18,638	16.07	20.25	2.07	5.74	17,625	18,252	21,012	21,701	15.12	16.80	19.22	23.12
7.0654	0.523	13.5093	0.37	5.03	140,000.00	161,024.17	-22,332	15,499	18,454	19,040	19.13	22.85	16.19	13.58	22,332	18,538	21,839	22,444	17.81	21.07	0.87	1.87
7.0256	0.524	13.4076	0.24	2.68	140,000.00	161,024.17	-20,794	15,499	18,281	19,752	17.95	27.44	12.08	5.01	20,794	18,877	21,937	23,030	16.21	25.18	5.90	13.64
7.0445	0.515	13.8176	0.19	7.55	140,000.00	161,470.91	-18,651	15,499	19,339	19,850	27.13	27.91	9.81	6.21	18,651	18,070	22,842	23,043	26.41	27.32	22.47	23.55
7.0512	0.516	13.6951	0.25	4.48	140,000.00	161,470.91	-18,651	15,499	19,339	19,850	27.13	27.91	9.81	6.21	18,651	18,070	22,842	23,043	26.41	27.32	22.47	23.55
7.0360	0.521	13.4478	0.37	4.80	140,000.00	161,470.91	-18,651	15,499	19,339	19,850	27.13	27.91	9.81	6.21	18,651	18,070	22,842	23,043	26.41	27.32	22.47	23.55
7.0535	0.509	13.8849	0.30	3.03	140,000.00	162,162.15	-19,739	15,499	18,498	19,402	17.27	25.18	6.75	1.71	19,739	17,525	20,810	22,067	18.74	25.81	5.82	11.79
7.0425	0.521	13.5173	0.35	8.21	140,000.00	163,300.13	-18,448	15,499	18,948	19,074	22.24	23.06	6.33	1.31	18,448	18,685	22,594	22,899	20.92	21.48	19.49	20.45
7.0583	0.510	13.3397	0.19	4.12	140,000.00	165,007.10	-18,216	15,499	18,154	18,987	17.14	22.51	5.52	1.19	18,216	17,846	20,890	21,968	17.06	22.78	5.71	14.91
7.0433	0.583	12.0811	0.19	9.37	140,000.00	144,523.46	-23,705	18,269	23,683	21,710	28.64	18.84	0.10	8.42	23,705	21,407	27,402	24,113	28.00	12.84	15.59	1.72
7.0220	0.561	12.5170	0.30	8.23	140,000.00	153,827.30	-21,365	16,285	22,024	21,357	20.55	18.50	3.08	0.04	21,365	20,983	25,007	24,162	19.18	15.15	17.06	13.09
7.0394	0.556	12.9607	0.22	4.20	140,000.00	156,045.51	-21,249	18,269	21,673	21,775	18.63	19.19	1.99	2.47	21,249	20,755	24,366	24,676	17.40	16.80	14.67	16.13
7.0524	0.559	12.6160	0.33	3.87	140,000.00	157,041.24	-22,436	18,269	21,147	21,317	15.76	16.69	6.74	4.99	22,436	21,000	24,041	24,361	14.48	16.60	7.15	8.56
7.0472	0.578	12.2348	0.20	3.70	140,000.00	159,032.71	-23,039	18,269	21													

Tabla III.10. Comparativo de resistencias al colapso obtenidas con datos reales (D, t, o y e), considerando cedencia (σ_r) nominal y real, para tubería TAC-140

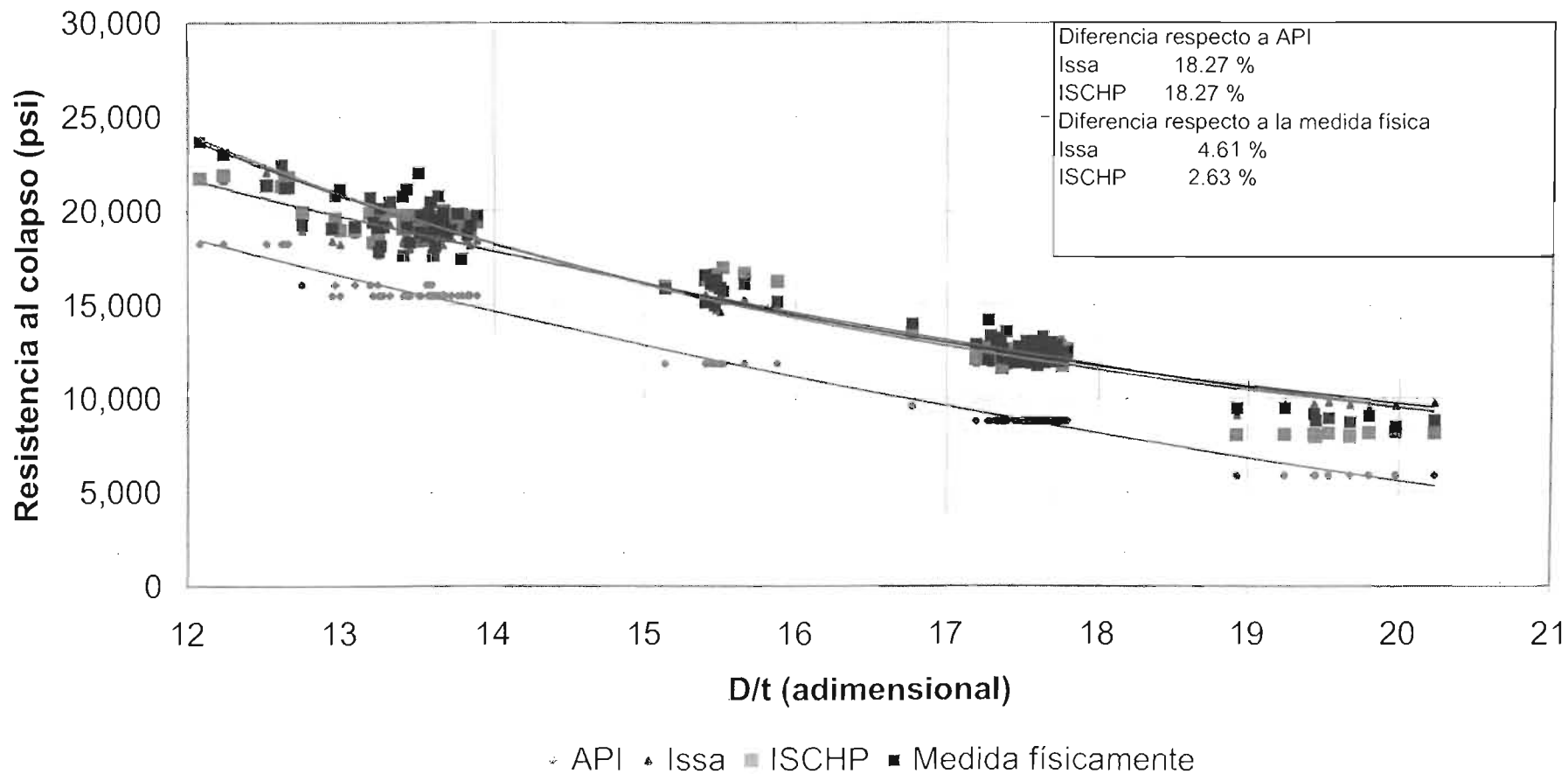
Datos					Resultados con cedencia nominal				Comparativo API		Comparativo físico		Resultados con cedencia real				Comparativo API		Comparativo físico			
Diámetro (pg)	Espesor (pg)	Dtt (adim)	Ovalidad (%)	Excentricidad (%)	Cedencia Nominal (psi)	Cedencia Real (psi)	Obtenida (psi)	API (psi)	Issa (psi)	ISCHP (psi)	Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)	Obtenida (psi)	API (psi)	Issa (psi)	ISCHP (psi)	Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
9.7047	0.547	17.7417	0.31	3.48	140.000.00	159,601.70	12.263	8.793	12.020	12.195	36.69	36.69	1.99	0.55	12.263	8.923	13.009	12.290	45.79	37.71	6.08	0.22
9.8992	0.555	17.4761	0.27	3.96	140.000.00	159,886.19	12.784	8.793	12.215	12.303	38.91	39.92	4.30	3.61	12.764	9.387	13.613	12.932	45.02	37.77	6.65	1.32
9.7138	0.547	17.7563	0.31	2.10	140.000.00	159,886.19	12.090	8.793	11.903	12.231	34.23	39.09	1.54	1.92	12.000	8.896	12.767	12.290	43.51	36.15	6.39	2.42
9.7087	0.560	17.3069	0.14	5.10	140.000.00	160,312.93	13.146	8.793	12.941	12.683	47.47	44.23	1.58	3.52	13.146	9.639	14.655	13.590	52.03	40.04	11.48	3.38
9.7050	0.548	17.7115	0.22	5.98	140.000.00	160,981.92	12.375	8.793	12.745	12.405	44.94	41.07	2.99	0.24	12.375	8.983	13.910	12.539	54.86	30.60	12.41	1.33
9.6916	0.554	17.4758	0.23	4.34	140.000.00	161,186.42	12.440	8.793	12.402	12.418	41.04	41.22	0.30	0.17	12.440	9.399	13.893	13.050	47.81	38.84	11.68	4.90
9.7110	0.550	17.8984	0.11	5.18	140.000.00	161,450.91	12.636	8.793	12.985	12.804	47.44	45.61	2.61	1.33	12.636	9.082	14.285	12.968	57.06	42.99	12.90	2.77
9.7047	0.550	17.8490	0.22	4.53	140.000.00	161,459.91	12.832	8.793	12.466	12.445	41.79	41.53	2.84	3.01	12.832	9.102	13.735	12.716	50.90	38.70	7.04	0.91
9.7050	0.540	17.7115	0.16	3.77	140.000.00	161,877.86	12.360	8.793	12.528	12.658	42.47	44.07	1.36	2.49	12.360	8.988	13.729	12.761	52.75	41.38	11.08	3.25
9.7058	0.548	17.7115	0.16	3.77	140.000.00	161,877.86	12.360	8.793	12.528	12.688	42.47	44.07	1.36	2.49	12.360	8.988	13.729	12.761	52.75	41.98	11.08	3.24
9.6988	0.556	17.4439	0.18	3.78	140.000.00	162,019.90	11.907	8.793	12.463	12.556	41.73	43.28	4.67	5.61	11.907	9.463	14.054	13.267	48.51	40.40	16.03	11.59
9.7126	0.548	17.7237	0.09	3.34	140.000.00	162,162.15	12.821	8.793	12.706	12.539	44.50	47.15	0.50	0.92	12.821	8.968	13.924	12.846	55.26	44.35	8.60	0.97
9.7098	0.546	17.7836	0.24	4.52	140.000.00	162,446.65	12.434	8.793	12.404	12.382	41.06	40.81	0.24	0.42	12.434	8.895	13.522	12.385	52.53	39.71	8.75	0.40
9.6988	0.546	17.7620	0.46	5.10	140.000.00	162,731.14	12.077	8.793	11.905	11.741	35.39	33.52	1.42	2.78	12.077	8.904	13.019	11.866	46.22	33.53	7.80	1.66
9.6988	0.553	17.5371	0.22	3.49	140.000.00	162,873.39	12.537	8.793	12.285	12.474	39.71	41.86	2.01	0.50	12.537	9.302	13.766	12.980	47.99	39.54	8.60	3.84
9.7047	0.552	17.5610	0.16	2.41	140.000.00	163,015.64	12.989	8.793	12.301	12.710	39.89	44.54	4.42	1.24	12.989	9.225	13.727	13.094	48.81	41.84	6.67	1.07
9.7130	0.552	17.5950	0.12	4.35	140.000.00	163,984.63	11.754	8.793	12.774	12.793	45.26	45.49	8.67	8.84	11.754	9.701	14.264	13.121	55.02	42.81	21.38	11.63
9.6913	0.558	17.3690	0.27	3.40	140.000.00	163,728.57	12.549	8.793	12.120	12.318	37.83	40.79	3.42	1.94	12.549	9.616	13.875	13.215	44.31	37.45	10.58	5.31
9.6982	0.559	17.3278	0.24	3.52	140.000.00	164,722.81	13.030	8.793	12.229	12.409	39.07	41.12	6.16	4.77	13.030	9.698	14.115	13.397	48.54	38.13	8.33	2.81
9.7071	0.562	17.7234	0.20	7.94	140.000.00	165,067.10	12.062	8.793	11.225	12.415	50.18	41.18	9.53	2.92	12.062	9.804	15.168	11.528	56.74	17.98	27.40	12.18
9.7047	0.549	17.6771	0.21	3.40	140.000.00	167,140.81	12.258	8.793	12.301	12.510	39.89	42.26	0.35	2.05	12.258	9.068	13.811	12.740	52.31	40.46	12.67	3.93
9.7039	0.549	17.6757	0.19	4.19	140.000.00	168,455.18	12.785	8.793	12.637	12.600	43.71	44.32	1.16	0.74	12.785	9.042	13.827	12.847	52.95	42.08	8.10	0.68
9.7047	0.550	17.3920	0.41	3.94	140.000.00	164,038.54	13.555	8.793	11.780	11.847	33.96	34.72	13.10	12.60	13.555	9.467	12.948	12.596	16.76	3.04	4.48	7.68
9.7130	0.549	17.6922	0.12	5.82	140.000.00	161,877.86	12.749	8.793	13.058	12.747	48.51	44.96	2.43	0.02	12.749	9.022	14.340	12.665	58.95	42.80	12.48	0.91
9.6988	0.546	17.7634	0.16	6.52	140.000.00	162,731.14	12.977	8.793	13.057	12.586	48.49	43.13	8.11	4.22	12.977	8.901	14.281	12.592	60.44	41.46	16.29	4.26
9.7083	0.550	17.8478	0.16	5.19	140.000.00	164,580.38	11.904	8.793	12.790	12.626	45.45	43.58	6.06	11.904	11.904	9.113	14.261	12.829	56.49	41.33	19.80	8.19
9.7059	0.547	17.7439	0.16	6.10	140.000.00	158,756.75	11.947	8.793	12.970	12.595	47.50	43.28	8.56	5.45	11.947	8.899	13.872	12.693	55.89	41.62	16.11	5.49
9.7087	0.562	17.2752	0.14	4.37	140.000.00	163,900.13	14.173	8.793	12.795	12.720	44.46	44.66	10.36	10.26	14.173	8.899	14.057	13.790	48.51	40.95	3.41	2.70
9.7047	0.549	17.6771	0.27	4.92	140.000.00	167,140.81	12.298	8.793	12.540	12.474	42.81	41.41	2.30	1.44	12.298	9.084	14.060	12.879	55.77	39.83	14.86	3.44
9.6951	0.558	15.1337	0.26	7.94	140.000.00	158,748.21	15.870	11.877	15.986	15.989	34.60	34.71	0.73	0.81	15.870	14.109	18.821	18.971	33.40	21.62	18.80	17.02
9.9472	0.641	15.5183	0.13	2.75	140.000.00	155,049.78	15.729	11.877	15.238	15.983	28.30	32.12	7.97	15.729	15.989	16.866	18.444	28.85	40.91	7.23	17.28	
9.9552	0.647	15.4022	0.22	3.16	140.000.00	157,467.98	15.123	11.877	15.161	16.374	27.85	37.87	0.25	8.27	15.123	13.445	17.194	18.219	27.89	35.51	13.69	26.47
9.9587	0.638	15.6583	0.17	3.56	140.000.00	157,467.98	16.122	11.877	15.253	16.579	28.43	40.43	5.39	3.46	16.122	12.882	16.786	17.835	30.91	38.45	4.12	10.63
9.9711	0.646	15.4382	0.20	3.20	140.000.00	157,610.23	16.129	11.877	15.071	16.532	26.89	39.11	6.56	2.43	16.129	13.370	17.028	18.286	27.36	36.77	5.58	13.37
9.9335	0.642	15.4727	0.20	1.30	140.000.00	158,463.72	16.348	11.877	14.713	16.617	23.87	39.91	10.00	1.65	16.348	13.328	16.616	18.328	24.67	37.51	1.54	12.11
9.9343	0.641	15.4981	0.32	2.96	140.000.00	159,743.94	15.880	11.877	14.832	15.920	23.20	34.04	7.92	0.19	15.880	13.321	16.572	17.568	24.40	31.88	4.29	10.56
9.9547	0.627	15.8268	0.25	3.03	140.000.00	160,170.89	15.176	11.877	16.097	16.299	25.19	36.89	2.04	7.13	15.176	12.906	16.133	16.813	29.02	35.24	6.23	11.45
9.9500	0.646	15.4023	0.18	4.96	140.000.00	160,381.92	16.001	11.877	15.924	16.549	30.71	38.34	6.49	0.31	16.001	13.953	17.855	16.931	31.45	36.58	7.55	11.75
9.9991	0.644	15.4644	0.20	3.68	140.000.00	160,881.92	14.987	11.877	14.870	16.032	25.20	34.88	0.78	6.97	14.987	13.441	16.987	17.824	26.38	32.20	13.34	18.93

* El cálculo de la resistencia al colapso API, no considera imperfecciones.

Diámetro	Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
5	18.27	20.25	4.67	2.63
7	21.25	29.30	4.37	3.45
7.5/8	19.00	25.33	2.98	3.47
9.5/8	39.11	38.63	3.51	3.46
11.3/8	41.79	43.07	1.38	1.97
13.3/8	37.32	41.17	5.37	3.39
Promedio	32.93	36.00	3.50	3.26

Issa (%)	ISCHP (%)	Issa (%)	ISCHP (%)
16.70	17.84	13.87	13.14
19.73	23.09	11.43	11.79
18.60	24.41	11.45	10.96
49.37	36.75	10.84	3.09
51.26	40.60	9.88	2.68
42.00	38.84	10.04	8.79
36.34	34.15	11.01	7.63

Gráfica III.45. Comparativo de resistencia al colapso calculada con los modelos de Issa e ISCHP considerando datos nominales (D , t , σ) e imperfecciones (σ , e), con el modelo API y datos medidos físicamente
Tubería TAC-140



Gráfica III.46. Comparativo de resistencia al colapso calculada con los modelos de Issa e ISCHP considerando datos reales (D , t , σ) e imperfecciones (α , e), con el modelo API y datos medidos físicamente
Tubería TAC-140

