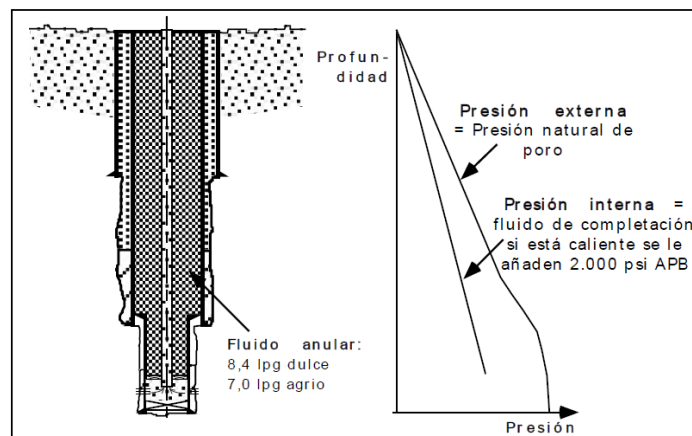


**DISEÑO MECÁNICO DE REVESTIDOR, CAMISA O TIE  
BACK DE PRODUCCIÓN.**

**a) Máxima carga de estallido: Fuga de la tubería de producción cerca de la superficie (Flujo Natural).**

En primer lugar, se considera que el revestidor de producción podría estar expuesto a elevadas presiones de fondo (BHP) si ocurre una fuga en la tubería de producción. El peor caso se presenta cuando hay una pequeña fuga en el fondo de la tubería de producción, permitiendo que entre gas al espacio anular, donde se encuentra el fluido de empaque, y su posterior migración hasta superficie.



Internamente actúa la presión de fondo del pozo, si se desconoce dicha presión, se asume entonces que a nivel de superficie el revestidor soporta la presión de cierre del cabezal del pozo.

Como perfil de presión externa se usa la presión de poro natural.

**NOTA:** Para cada revestidor, camisa y/o sarta de tiebacks de producción del pozo, se utiliza el mismo caso de carga por fuga de la tubería de producción en la superficie.

Dada la información arriba descrita, se elaboran los perfiles de presión correspondientes:

### Perfil de Presión Interna

| Profundidad (pies)        | Presión (lpc)   |
|---------------------------|---|
| Superficie (0')           | $P_{\text{sup}} = \text{BHP} \text{ ó } P_{\text{cierre cab}}$                |
| Fondo ( $\text{Prof}_T$ ) | $P_{\text{fondo}} = P_{\text{sup}} + 0,052 * D_{\text{comp}} * \text{Prof}_T$ |

### Perfil de Presión Externa

| Profundidad (pies)        | Presión (lpc)                        |
|---------------------------|--------------------------------------|
| Superficie (0')           | $P_{\text{sup}} = 0$                 |
| Fondo ( $\text{Prof}_T$ ) | $P_{\text{fondo}} = P_{\text{poro}}$ |

Posteriormente, se calculan entonces los perfiles resultante y de diseño:

### Perfil de Presión Resultante ( $P_{\text{int}} - P_{\text{ext}}$ )

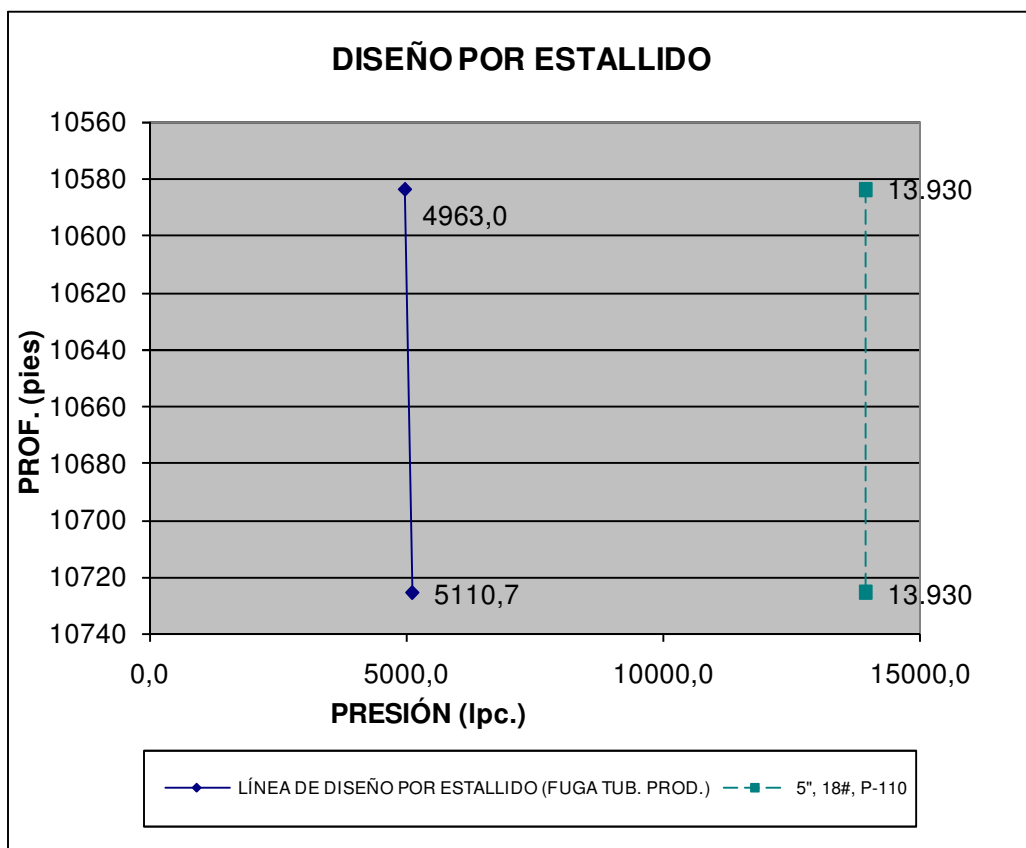
| Profundidad (pies)        | Presión (lpc)   |
|---------------------------|---|
| Superficie (0')           | $P_{R \text{ sup}} = P_{\text{int sup}} - P_{\text{ext sup}}$       |
| Fondo ( $\text{Prof}_T$ ) | $P_{R \text{ fondo}} = P_{\text{int fondo}} - P_{\text{ext fondo}}$ |

### Perfil de Presión de Diseño ( $\text{FD} = 1,1$ )

| Profundidad (pies)        | Presión (lpc)                                     |
|---------------------------|---|
| Superficie (0')           | $P_{D \text{ sup}} = P_{R \text{ sup}} * 1,1$     |
| Fondo ( $\text{Prof}_T$ ) | $P_{D \text{ fondo}} = P_{R \text{ fondo}} * 1,1$ |

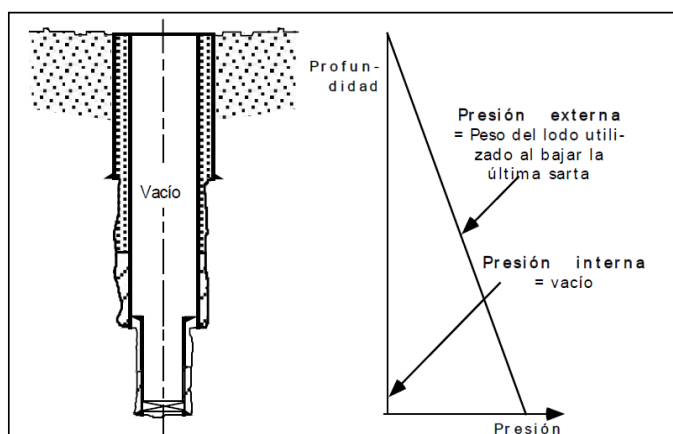
A continuación se representan los valores de presión de diseño, de superficie y fondo, en una gráfica de Prof. vs. Presión y se unen dichos puntos para formar una línea recta.

Se selecciona un revestidor cuya resistencia al estallido sea mayor a los valores de diseño calculados y se representa en la misma gráfica como una línea vertical punteada a la derecha de la línea de diseño.



**b) Máxima carga de colapso: Vacío total.**

Se vacía completamente todo el interior del revestidor de producción, por lo que la presión interna a cualquier profundidad es cero (0). La presión externa está dada por el peso del lodo donde se corrió la sarta y el cemento.



Se construyen todos los perfiles de presión de la siguiente manera:

**Perfil de Presión Interna**

| Profundidad (pies)    | Presión (lpc)   |
|-----------------------|-----------------|
| Superficie (0')       | $P_{sup} = 0$   |
| Tope de Cemento (TTC) | $P_{ttc} = 0$   |
| Fondo ( $Prof_T$ )    | $P_{fondo} = 0$ |

### Perfil de Presión Externa

| Profundidad (pies)         | Presión (lpc)  |
|----------------------------|--|
| Superficie (0')            | $P_{sup} = 0$  |
| Tope de Cemento (TTC)      | $P_{ttc} = 0,052 * D_{L\ baj} * TTC$                     |
| Fondo (Prof <sub>T</sub> ) | $P_{fondo} = P_{ttc} + 0,052 * D_{cem} * (Prof_T - TTC)$ |
|                            | $P_{fondo} = 0,052 * D_{cem} * Prof_T$                   |

**NOTA:** Si la sarta es una camisa, no se analiza la condición en superficie, en su lugar, la condición a la profundidad de asentamiento del colgador. El T.T.C. es la misma profundidad del colgador.

### Perfil de Presión Resultante ( $P_{ext} - P_{int}$ )

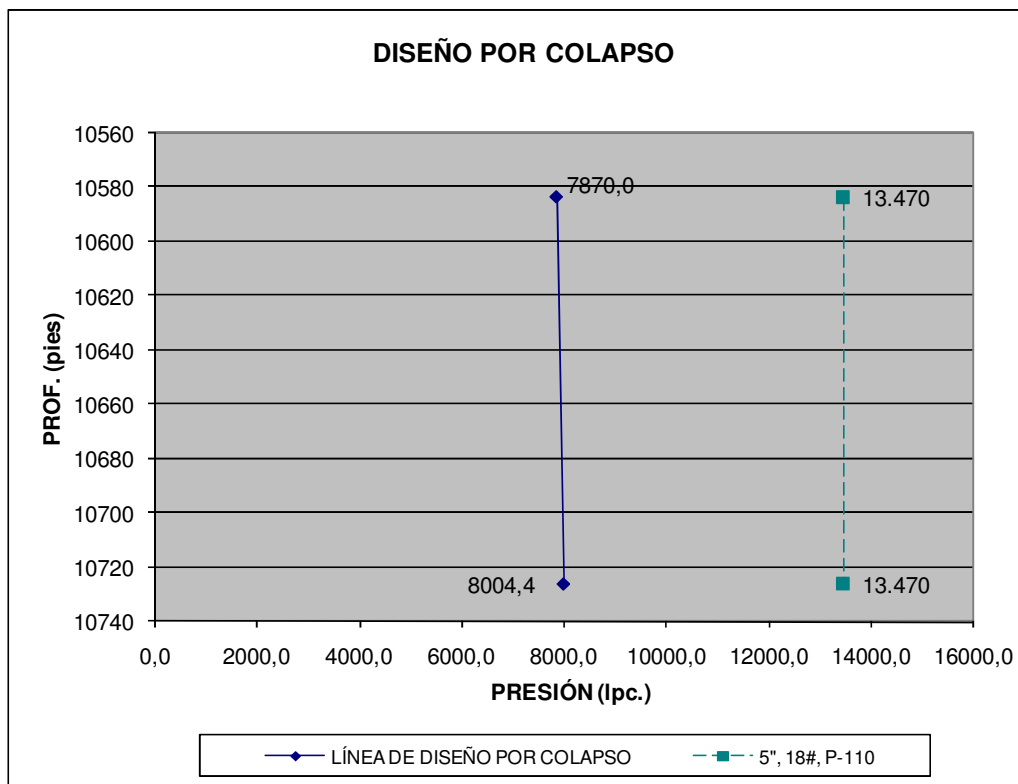
| Profundidad (pies)          | Presión (lpc)                              |
|-----------------------------|--|
| Superficie (0')             | $P_{R\ sup} = P_{ext\ sup} - P_{int\ sup}$ |
| Tope de Cemento (TTC).      | $P_{R\ ttc} = P_{ext\ ttc} - P_{int\ ttc}$ |
| Zapata (Prof <sub>Z</sub> ) | $P_{R\ zap} = P_{ext\ zap} - P_{int\ zap}$ |

### Perfil de Presión de Diseño ( $P_D = P_R * 1,1$ )

| Profundidad (pies)          | Presión (lpc)                   |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Superficie (0')             | $P_{D\ sup} = P_{R\ sup} * 1,1$ |
| Tope de Cemento (TTC).      | $P_{D\ ttc} = P_{R\ ttc} * 1,1$ |
| Zapata (Prof <sub>Z</sub> ) | $P_{D\ zap} = P_{R\ zap} * 1,1$ |

Se representan los valores de presión de diseño, de superficie, tope de cemento (si aplica) y fondo, en una gráfica de Prof. vs. Presión y se unen dichos puntos para formar una línea recta.

Se observa el valor de resistencia al colapso del revestidor que se seleccionó en el análisis por estallido y se representa en esta nueva gráfica como una línea vertical punteada. Verificar que dicho valor soporte las cargas de diseño definidas, en caso contrario, seleccionar otro revestidor con mayor resistencia.



**a) Máxima Carga de Tensión:**

Al igual que para el revestidor superficial e intermedio, se realizan los mismos análisis de D.C.L. y se construyen los perfiles de tensión.

Perfil de Tensión

| Profundidad (pies)         | Tensión (lbf)                               |
|----------------------------|---|
| Superficie (0)             | $F_{a \text{ sup}} = W + P_i A_i - P_o A_o$ |
| Tope de Cemento (TTC)      | $F_{a \text{ ttc}} = W + P_i A_i - P_o A_o$ |
| Fondo (Prof <sub>T</sub> ) | $F_{a \text{ fondo}} = P_i A_i - P_o A_o$   |

Para revestidores de producción, también existe un factor de diseño a tomar en cuenta, a parte del overpull de 100 klbs.

Perfil de Tensión de Diseño (2 consideraciones: Overpull = 100 lbf. y F.D. = 1,6)

| Profundidad (pies)         | Tensión de Diseño por overpull (lbf.)                  | Tensión de Diseño por factor (lbf.)            |
|----------------------------|--|--|
| Superficie (0')            | $F_{aD \text{ sup}} = F_{a \text{ sup}} + 100.000$     | $F_{aD \text{ sup}} = F_{a \text{ sup}} * 1,6$ |
| Tope de Cemento (TTC)      | $F_{aD \text{ ttc}} = F_{a \text{ ttc}} + 100.000$     | No aplica (Solo se calcula en superficie).     |
| Fondo (Prof <sub>T</sub> ) | $F_{aD \text{ fondo}} = F_{a \text{ fondo}} + 100.000$ | No aplica (Solo se calcula en superficie).     |

Se representan los valores de tensión real en una gráfica de Prof. vs. Tensión y se unen dichos puntos para formar una línea recta. El punto donde la línea de tensión real intercepta al eje Y (Tensión = 0) será la profundidad del punto neutro en la sarta de revestidores.



Luego, se representan los valores de tensión de diseño por overpull y se unen dichos puntos para formar una segunda línea recta, paralela a la graficada en el paso anterior.

Posteriormente, se representa en la misma gráfica el valor de diseño por factor en superficie y se une con el punto neutro para formar una tercera línea, esto servirá para visualizar cuál línea de diseño domina a cada profundidad.

Se calcula el valor de resistencia a la fluencia o tensión del revestidor que se seleccionó luego de los análisis previos por estallido y colapso. La resistencia a la fluencia del cuerpo de una tubería es el producto de su resistencia a la fluencia mínima (valor observado en el grado de la tubería multiplicado por mil) por su área transversal:

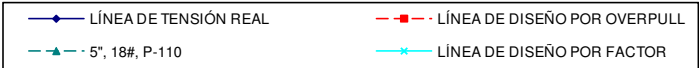
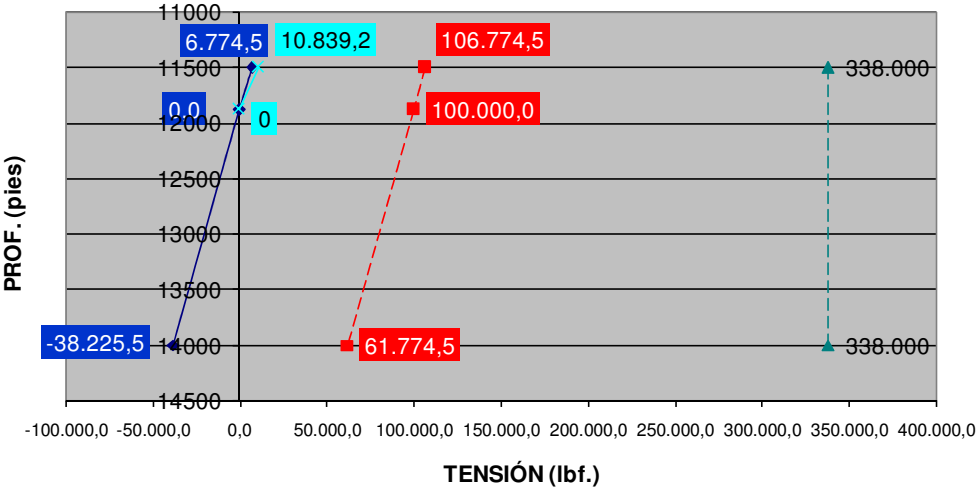
$$R_f = R_{f \text{ mín}} * (A_o - A_i)$$

También puede obtenerse este valor directamente de las tablas disponibles para tal fin.

**NOTA:** Si es posible, observar el valor de resistencia de la conexión escogida y tomar el menor entre el cuerpo del tubo y la conexión.

Se representa en la misma gráfica el valor de resistencia a la fluencia o tensión calculado (u observado en tabla) como una línea vertical punteada. Verificar que dicho valor soporte las cargas de diseño definidas, en caso contrario, seleccionar otro revestidor con mayor resistencia a la tensión.

DISEÑO POR TENSIÓN



**a) Corrección Biaxial:**

Las fuerzas de tensión a las que está sometida la sarta de revestimiento dan origen a esfuerzos de tensión, los cuales tienen un efecto de incremento o reducción (según se encuentre en tensión o compresión) sobre los valores de resistencia al estallido y colapso de la tubería. No se tomará en cuenta la profundidad del tope de cemento, si es que existiera.

Primero se calculan los esfuerzos en superficie y fondo:

$$\sigma_{a\ sup} = \frac{F_{a\ sup}}{A_{transversal}}$$

$$\sigma_{a\ fondo} = \frac{F_{a\ fondo}}{A_{transversal}}$$

Donde:

$F_{a\ sup}$  y  $F_{a\ fondo}$  son las cargas axiales reales, sin tomar en cuenta overpull ni factor de diseño.

Por supuesto, los esfuerzos tendrán los mismos signos de las cargas axiales con las cuales fueron calculados, y por ende el mismo tipo de efecto sobre la sarta:

Si  $\sigma_a > 0$ , el revestidor está en tensión a la profundidad estudiada.

Si  $\sigma_a < 0$ , el revestidor está en compresión a la profundidad estudiada.

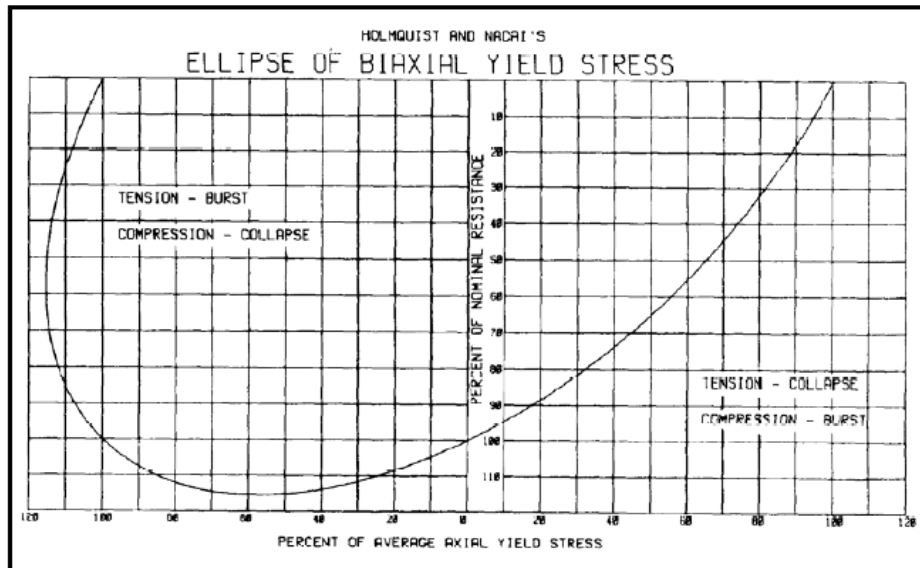
Luego, se calcula la relación entre los esfuerzos de tensión y la resistencia a la fluencia mínima ( $R_{f\ min}$ ) de la tubería en superficie y fondo.

$$\%_{sup} = \frac{\sigma_{a\ sup}}{R_{f\ min}} * 100$$

$$\%_{fondo} = \frac{\sigma_{a\ fondo}}{R_{f\ min}} * 100$$

**NOTA:** Se utilizan los valores absolutos de los esfuerzos.

Estos porcentajes se utilizan con la elipse de plasticidad de HOLMQUIST y NACAI, abajo mostrada, para determinar los efectos biaxiales:



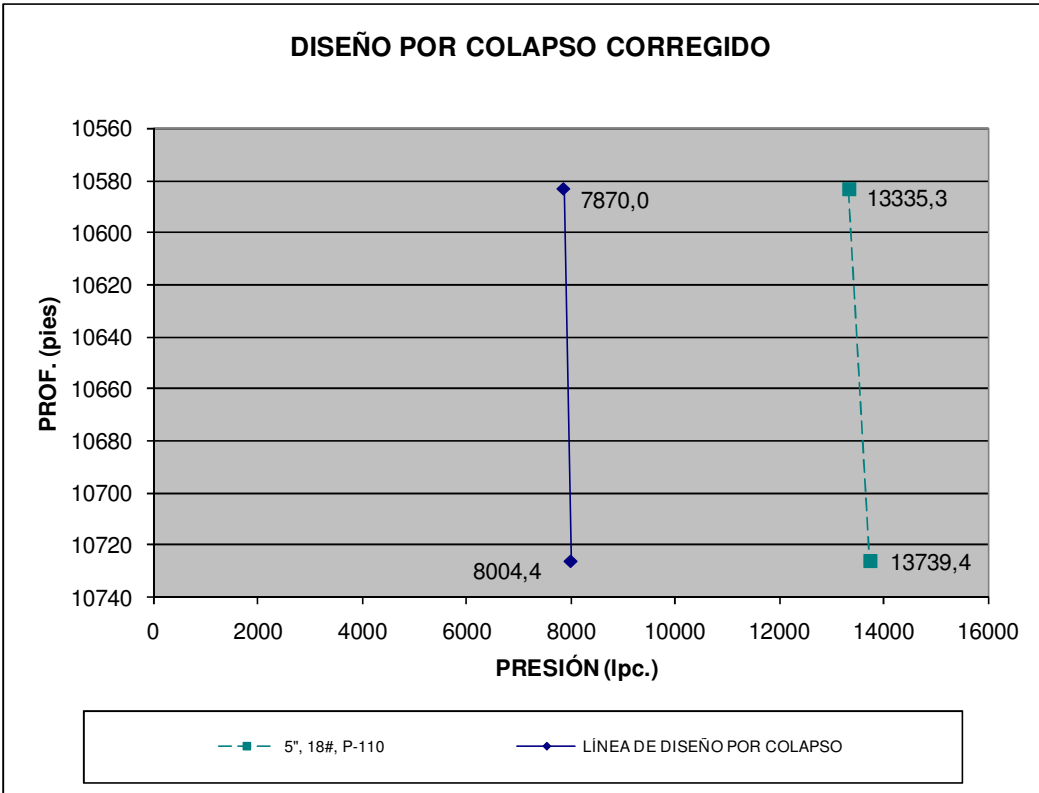
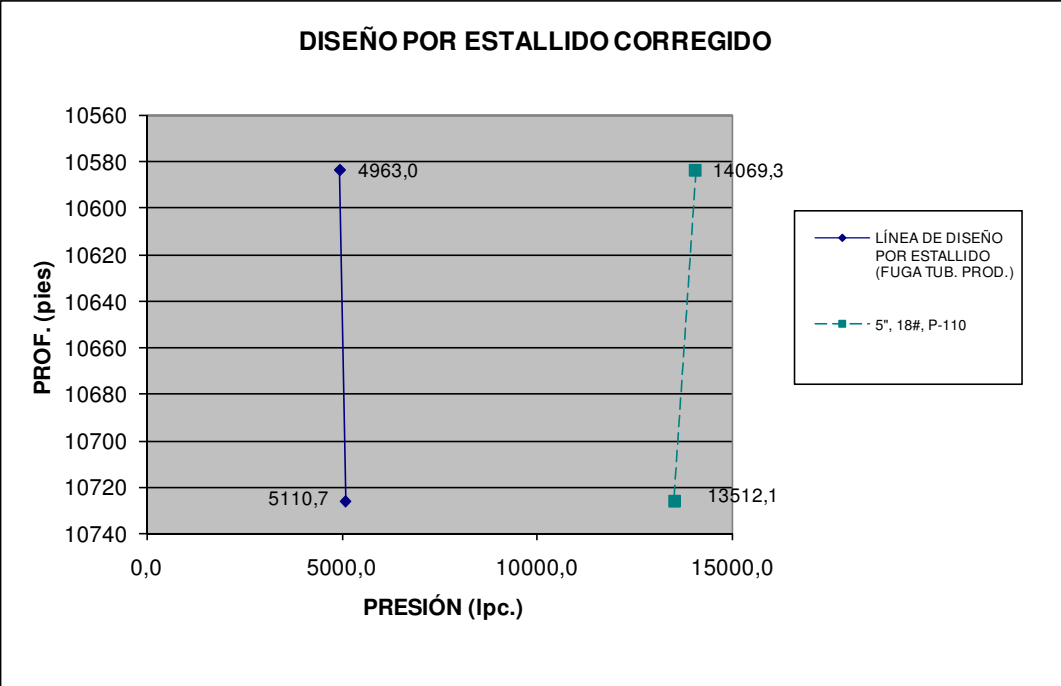
Entrar verticalmente en el eje "X" de la izquierda con el valor de porcentaje obtenido e interceptar la elipse de plasticidad, leer el valor de porcentaje correspondiente a dicha intercepción en el eje "Y". El valor leído en el eje "Y" representará:

- Porcentaje de aumento de la Resistencia al Estallido, si el % en "X" está asociado a un esfuerzo de tensión.
- Porcentaje de aumento de la Resistencia al Colapso, si el % en "X" está asociado a un esfuerzo de compresión.

Entrar verticalmente en el eje "X" de la derecha con el valor de porcentaje obtenido e interceptar la elipse de plasticidad, leer el valor de porcentaje correspondiente a dicha intercepción en el eje "Y". El valor leído en el eje "Y" representará:

- Porcentaje de disminución de la Resistencia al Estallido, si el % en "X" está asociado a un esfuerzo de compresión.
- Porcentaje de disminución de la Resistencia al Colapso, si el % en "X" está asociado a un esfuerzo de tensión.

A continuación, se le aplican los porcentajes de aumento o disminución a los valores de colapso y estallido del revestidor seleccionado, y se modifican dichas líneas en las gráficas correspondientes, para verificar que aún cumplan con los requerimientos. En caso contrario, seleccionar otro revestidor con mayor resistencia.



**b) Factores de Diseño:**

Finalmente, se calculan los factores de diseño para Estallido, Colapso y Tensión en superficie y fondo. No se tomará en cuenta la profundidad del tope de cemento, si es que existiera:

$$F.D._{estallido} = \frac{\textit{Presión interna de fluencia}}{\textit{Diferencial de presión interna}}$$

Donde el numerador representa las resistencias al estallido corregido biaxialmente y el denominador el valor de presión diferencial de diseño.

$$F.D._{colapso} = \frac{\textit{Resistencia al colapso de la tubería}}{\textit{Presión de colapso equivalente}}$$

El numerador representa las resistencias al colapso corregidos biaxialmente y el denominador el valor de presión diferencial de diseño.

$$F.D._{tensión} = \frac{\textit{Resistencia a tensión de la junta}}{\textit{Carga máxima a tensión}}$$

El numerador representa la resistencia a la tensión (la menor entre cuerpo del tubo y conexión) y el denominador el valor de tensión de diseño que corresponda.

Se representan en una tabla como la mostrada a continuación:

| Profundidad (pies) | Estallido | Colapso | Tensión |
|--------------------|-----------|---------|---------|
| Superficie (0)     |           |         |         |
| Fondo ( $Prof_T$ ) |           |         |         |