

## APÉNDICE A: CONSIDERACIONES SOBRE DISEÑOS CONVENCIONALES DE CIRCUITOS DE CUERDAS

La mayoría de los circuitos de cuerdas con postes de madera son muy similares desde el punto de vista de la ingeniería. Este apéndice presenta información adicional y algunas suposiciones básicas de diseño útiles para entender la mayoría de los circuitos de cuerdas con postes de madera existentes utilizando el capítulo 1 de la Norma ANSI/ACCT 03-2016.

### POSTES DE SOPORTE DE MADERA

La norma D.3.3 indica que: "Los postes de madera utilizados como estructuras de soporte de elementos críticos deberán estar en conformidad con la edición vigente de la Norma Nacional Estadounidense para productos de madera, especificaciones y dimensiones (ANSI 05.1) o maderas laminadas estructurales para estructuras de servicio público (ANSI 05.2)".

Los postes de soporte de madera más comunes en elementos altos de circuitos de cuerdas son (ANSI 05.1) Clase 2 en tamaño. Los postes Clase 2 tienen una carga de rotura nominal de 16,5 kN (3700 lbf) con una carga horizontal a 610 mm (2 pies) de la parte superior y fijados a nivel del suelo. Esta es una reserva de fuerza suficiente para soportar el fallo del sistema de cable tensor con una línea de vida GAC típica de 9,5 mm (3/8 pulgadas) de 7x19 opuesta al cable tensor. En general, los cables tensores en esta situación no se consideran críticos porque no es probable que la consecuencia de su fallo conduzca a lesiones o la muerte de una persona, ya que es poco probable que los postes se rompan. Algunos elementos, como las tirolesas y elementos altos de columpio son más sensibles a la tensión de la línea de vida, y puede que se deba considerar a los cables de tensión como críticos. Más allá de este concepto básico de carga, las estructuras de torres y plataformas en postes, más las cargas del viento, hielo y nieve, etc. agregan complejidad a la elección de la configuración y el tamaño de los postes y los cables tensores por parte del diseñador. Estas complejidades requieren una consulta de diseño con un ingeniero profesional.

Los postes de madera se suelen instalar en el suelo a una profundidad mínima de 1220 mm (4 pies) o el 10 % del largo del poste más 2 pies (610 mm), lo que sea mayor. Los medios como la arena o la roca, o los entornos con aguas subterráneas altas, pueden requerir una instalación a mayor profundidad o técnicas y materiales de instalación alternativos. De nuevo, estas complejidades pueden requerir una consulta con un ingeniero profesional.

La norma E.2.3 indica que: "Los sistemas de línea de vida horizontales, incluyendo las terminaciones, anclaje(s), conectores de anclaje y respaldos deberán ser diseñados para una carga de rotura mínima de cinco veces la carga anticipada (factor de seguridad de 5:1) según lo determine una persona cualificada".

En una línea de vida horizontal de diseño convencional con una GAC de 9,5 mm (3/8 pulgadas) de 7x19 y terminaciones de grapas para cables de acero (80 % de eficiencia), la carga de ruptura mínima del sistema de cables es de 51,2 kN (11 500 lbf), o 80 % de la carga de ruptura publicada del cable de acero de 14 400 lbf (64 kN). Después de aplicar el factor de seguridad de 5:1, la carga límite de trabajo del sistema es un quinto de esta carga de ruptura, o 10,2 kN (2300 lbf). Para garantizar que la carga de trabajo permanezca dentro de este límite de 10,2 kN (2300 lbf), la línea de vida debe tener una cierta *deflexión* bajo carga (ver el diagrama AA1 a continuación). La deflexión de la línea de vida cargada es mayor para los aseguramientos con top rope que para los sistemas de líneas de amarre con autoaseguramiento porque la carga vertical transmitida a la línea de vida horizontal en un sistema de aseguramiento con top rope es aproximadamente el doble que la de un sistema de líneas de amarre con autoaseguramiento.

En un elemento de aseguramiento con top rope convencional de una longitud relativamente corta (en el que el peso del material de la línea de vida es insignificante), una sola persona puede generar una carga vertical de hasta 4,4 kN (1000 lbf) en condiciones normales de funcionamiento. Esta carga viva generada por el participante se transmite a través de la línea de vida. Para que la tensión de la línea de vida se mantenga por debajo de la carga límite de trabajo de 10,2 kN (2300 lbf) para un sistema de línea de vida GAC de 9,5 mm (3/8 pulgadas) de 7x19, se requiere una proporción de deflexión/tramo mínima de aproximadamente 1:10 (o 10 % de deflexión). Por ejemplo, una línea de vida cargada con 3 pies (910 mm) de deflexión en un tramo de 9,1 m (30 pies) tiene una proporción de deflexión/tramo de 1:10, o 10 % de deflexión. En otras palabras, una línea de vida horizontal cargada con 10 % de deflexión es suficiente para soportar un pico de carga vertical de 4,4 kN (1000 lbf)).

**ESTA PÁGINA NO FORMA PARTE DE LA NORMA NACIONAL ESTADOUNIDENSE (ANSI, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) Y NO FUE PROCESADA EN CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS DEL ANSI (INSTITUTO ESTADOUNIDENSE DE ESTANDARIZACIÓN) PARA UNA NORMA NACIONAL ESTADOUNIDENSE. COMO TAL, ESTA PÁGINA PUEDE CONTENER MATERIAL QUE NO FUE SOMETIDO A REVISIONES PÚBLICAS O PROCESOS DE CONSENSO. ADEMÁS, NO CONTIENE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA LA CONFORMIDAD CON LA NORMA.**

## APÉNDICE A: CONSIDERACIONES SOBRE DISEÑOS CONVENCIONALES DE CIRCUITOS DE CUERDAS

En un elemento de desplazamiento de longitud relativamente corta y operado exclusivamente con un sistema de autoaseguramiento con líneas de amarre (y NUNCA con un sistema de aseguramiento con top rope), una sola persona puede generar una carga vertical de hasta 2,2 kN (500 lbf) en condiciones normales de funcionamiento. Esta carga viva generada por el participante se transmite a través de la línea de vida. Para que la tensión de la línea de vida se mantenga por debajo de la carga límite de trabajo de 10,2 kN (2300 lbf) para un sistema de línea de vida GAC de 9,5 mm (3/8 pulgadas) de 7x19, se requiere una proporción de deflexión/tramo mínima de aproximadamente 1:20 (o 5 % de deflexión). Por ejemplo, una línea de vida cargada con 460 mm (1,5 pies) de deflexión en un tramo de 9,1 m (30 pies) tiene una proporción de deflexión/tramo de 1:20, o 5 % de deflexión. En otras palabras, una línea de vida horizontal cargada con 5 % de deflexión es suficiente para soportar un pico de carga vertical de 2,2 kN (500 lbf).

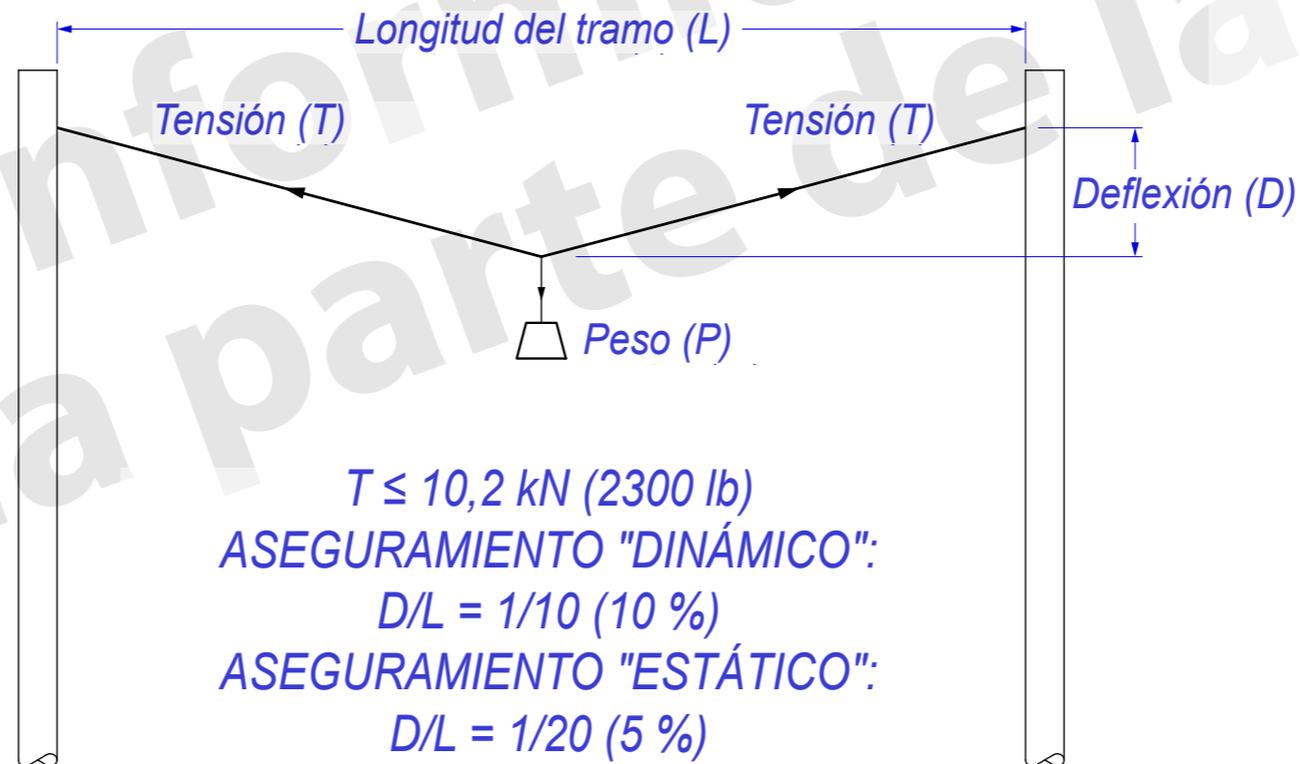


Diagrama AA1

ESTA PÁGINA NO FORMA PARTE DE LA NORMA NACIONAL ESTADOUNIDENSE (ANS, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) Y NO FUE PROCESADA EN CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS DEL ANSI (INSTITUTO ESTADOUNIDENSE DE ESTANDARIZACIÓN) PARA UNA NORMA NACIONAL ESTADOUNIDENSE. COMO TAL, ESTA PÁGINA PUEDE CONTENER MATERIAL QUE NO FUE SOMETIDO A REVISIONES PÚBLICAS O PROCESOS DE CONSENSO. ADEMÁS, NO CONTIENE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA LA CONFORMIDAD CON LA NORMA.

## APÉNDICE A: CONSIDERACIONES SOBRE DISEÑOS CONVENCIONALES DE CIRCUITOS DE CUERDAS

Aunque es preciso, es poco práctico aplicar una carga de 4,4 kN (1000 lbf) para medir de forma exacta la deflexión en un elemento con aseguramiento con top rope en el campo. En estructuras de soporte relativamente rígidas, como un circuito de postes con cables de tensión, una medida de la deflexión razonablemente exacta puede obtenerse simplemente suspendiendo a una persona en un sistema de aseguramiento con top rope y midiendo la deflexión resultante. Idealmente, se utiliza un medidor de tensión (un dinamómetro para fibras en paralelo) para medir directamente la tensión de cualquier cable de acero cuando está cargado. Al simular las condiciones de funcionamiento en un elemento de un circuito de cuerdas lo más exactamente posible (aplicando la carga anticipada) y utilizar un medidor de tensión para medir la tensión, se puede determinar si un cable de acero del sistema está funcionando dentro de su carga límite de trabajo.

El elemento de la tirolesa entra en esta última categoría, ya que emplea una línea de amarre con autoaseguramiento. Sin embargo, a medida que aumenta la longitud de la tirolesa, también aumenta la contribución a la tensión global del peso del cable de acero (carga muerta). Por lo tanto, las suposiciones anteriores no son exactas para tirolesas más largas. De nuevo, estas complejidades requieren una consulta de diseño con un ingeniero profesional.

### SISTEMAS DE CABLES TENSORES

La norma de DDI D.4.1. (Resistencia) indica que: "Los cables tensores (excluyendo los anclajes a tierra o cables de pie) deberán tener el mismo factor de seguridad que la(s) línea(s) de vida que soportan y estar basados en la carga anticipada del cable tensor". La norma de DDI D.4.2 ("Consideraciones de diseño") indica que: "Una persona cualificada deberá diseñar los sistemas de cables tensores". "El diseñador deberá considerar el soporte relativo proporcionado por la estructura, los cables tensores y la interacción entre ambos".

Los cables tensores deberían posicionarse para contrabalancear el componente horizontal de la carga generada por las líneas de vida, líneas de soporte de la actividad u otras estructuras. Los cables tensores transmiten esta carga de flexión horizontal al anclaje a tierra para asegurar que todo el sistema esté funcionando dentro de su carga límite de trabajo. Como se mencionó en las consideraciones sobre los postes de soporte de madera, el diseñador determina si el cable tensor es crítico, asegura que la geometría de los cables tensores se oponga adecuadamente a la carga aplicada y que se logren las características requeridas de amortiguación de impacto del sistema. En circuitos en árboles, los cables tensores se especifican a discreción del diseñador en función del tamaño y tipo de árbol, naturaleza del suelo y requisitos de carga del elemento.

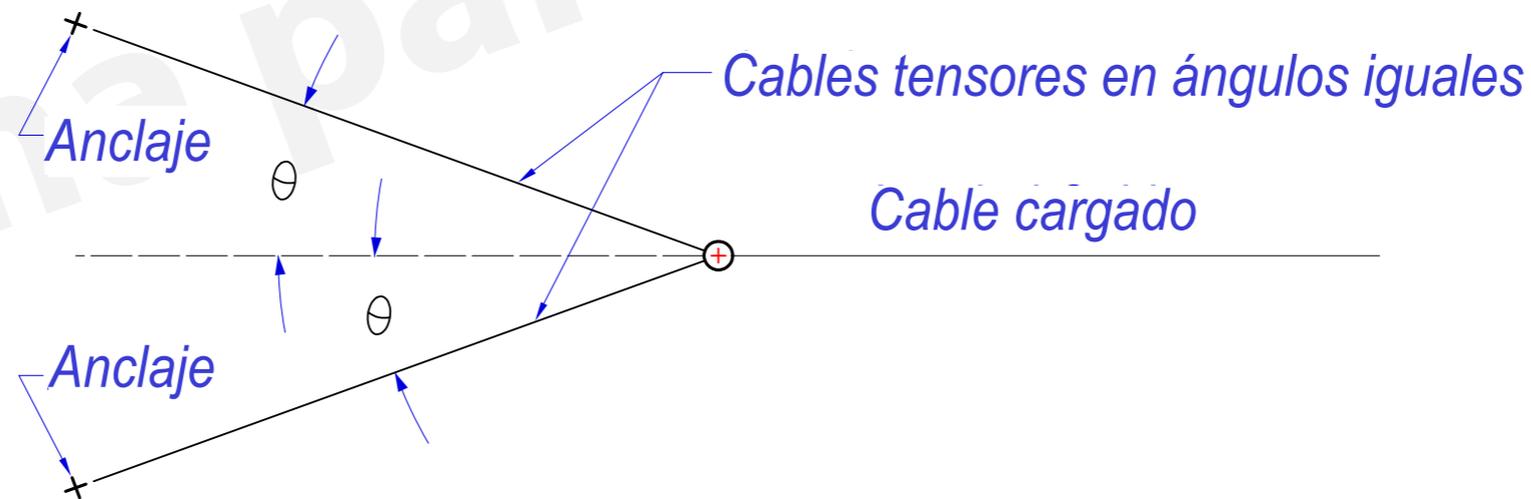


Diagrama AA2

### DISEÑO TÍPICO AL UTILIZARSE CABLES TENSORES DOBLES

ESTA PÁGINA NO FORMA PARTE DE LA NORMA NACIONAL ESTADOUNIDENSE (ANS, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) Y NO FUE PROCESADA EN CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS DEL ANSI (INSTITUTO ESTADOUNIDENSE DE ESTANDARIZACIÓN) PARA UNA NORMA NACIONAL ESTADOUNIDENSE. COMO TAL, ESTA PÁGINA PUEDE CONTENER MATERIAL QUE NO FUE SOMETIDO A REVISIONES PÚBLICAS O PROCESOS DE CONSENSO. ADEMÁS, NO CONTIENE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA LA CONFORMIDAD CON LA NORMA.

## APÉNDICE A: CONSIDERACIONES SOBRE DISEÑOS CONVENCIONALES DE CIRCUITOS DE CUERDAS

El diseñador determina la resistencia requerida de un cable tensor en función de la resistencia relativa del poste o estructura que soporte, su importancia relativa en la estructura general (si es crítico o no) y la necesidad de limitar la curvatura o mantener la estabilidad estructural para permitir el funcionamiento adecuado del elemento. Son un componente del diseño general de la estructura. Por ejemplo, si los postes de soporte de madera son ANSI (05.1) Clase 1, el soporte estructural requerido de un cable tensor es mucho menor que si los postes fueran Clase 4 en tamaño. Con postes de soporte Clase 4, los cables tensores pueden considerarse críticos y requerir una mayor resistencia para soportar suficientemente la mayor carga anticipada. Sin embargo, los cables tensores pueden ser especificados para postes Clase 1 para limitar la curvatura y asegurar el funcionamiento adecuado del elemento. Por ejemplo, si un poste de soporte de tirolesa se encorva mucho, compromete la altura del cable de la tirolesa y su tensión, lo que causa que la tirolesa sea operacionalmente inaceptable.

Los sistemas de cables tensores son integrales al diseño estructural general de los circuitos de cuerdas. La carga anticipada en los cables considerados anteriormente suele diferir en cada lado de una columna o estructura soportada por cables tensores, ya que el poste "absorbe" parte de la carga horizontal del lado opuesto, a no ser que el poste esté articulado en el suelo y no pueda pararse solo o los cables tensores estén equilibrados ente un lado y el otro (y el poste esté en compresión pura sin carga de flexión inducida) Los diseños que no requieran, necesiten o deseen cables tensores son posibles cuando un diseñador considera la resistencia, rigidez, estabilidad y geometría de la estructura de soporte.

### TERMINACIÓN DE CABLES TENSORES Y COLOCACIÓN DE ANCLAJES

El anclaje de terminación del cable tensor de un poste debería ser colocado correctamente para no superar las cargas límite de trabajo. Como práctica de diseño general, los cables tensores se colocan de manera que no induzca la flexión del poste. En circuitos de cuerdas con postes de luz típicos, los anclajes de los cables tensores se instalan idealmente cerca de la línea de vida u otros anclajes opuestos a fin de reducir la fuerza de flexión en el poste.

### ANCLAJES A TIERRA DE SISTEMAS DE CABLES TENSORES

Los anclajes a tierra más comunes de los circuitos de cuerdas utilizan herrajes estándar para líneas eléctricas, aunque también se usan árboles con el mismo propósito. Los anclajes a tierra suelen instalarse equidistantes del poste a nivel del suelo ya que el anclaje superior está por encima del nivel del suelo y, por lo tanto, crea un ángulo de 45° entre el cable tensor y el del suelo nivelado. Los ángulos mayores de 45° son aceptables siempre que se cumplan los requisitos de resistencia (D.3.1.) del sistema de cables tensores.

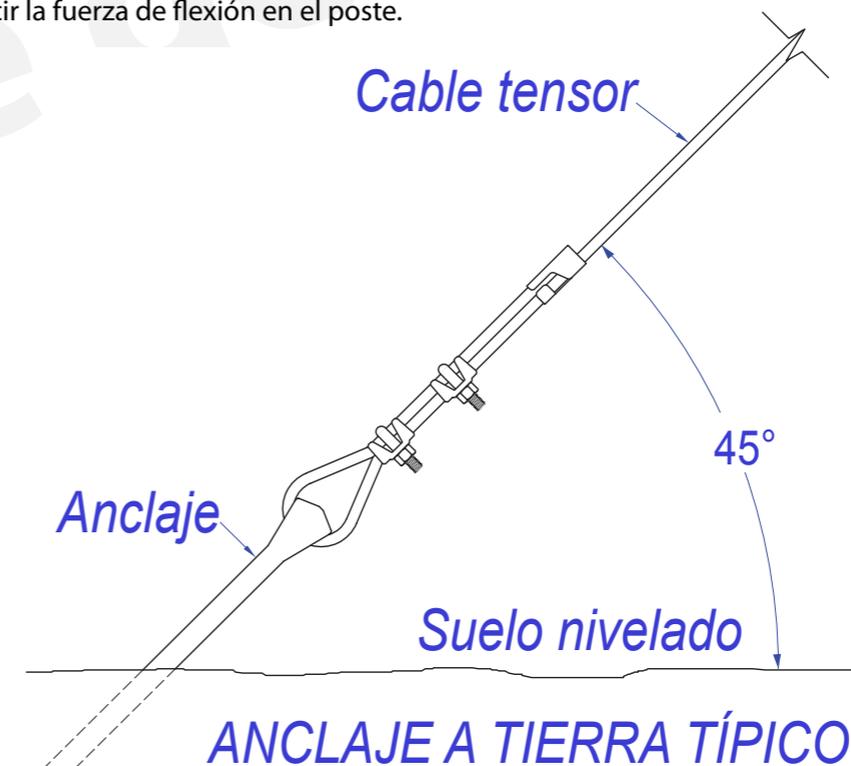


Diagrama AA3

ESTA PÁGINA NO FORMA PARTE DE LA NORMA NACIONAL ESTADOUNIDENSE (ANS, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) Y NO FUE PROCESADA EN CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS DEL ANSI (INSTITUTO ESTADOUNIDENSE DE ESTANDARIZACIÓN) PARA UNA NORMA NACIONAL ESTADOUNIDENSE. COMO TAL, ESTA PÁGINA PUEDE CONTENER MATERIAL QUE NO FUE SOMETIDO A REVISIONES PÚBLICAS O PROCESOS DE CONSENSO. ADEMÁS, NO CONTIENE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA LA CONFORMIDAD CON LA NORMA.

## APÉNDICE A: CONSIDERACIONES SOBRE DISEÑOS CONVENCIONALES DE CIRCUITOS DE CUERDAS

---

### ANCLAJES Y OTROS SUJETADORES

Al especificar componentes de anclaje y otros sujetadores, es importante considerar la aplicación para la que fueron diseñados originalmente y cómo pueden adaptarse para su uso en circuitos de cuerdas. Por ejemplo, hay que tomar precauciones al especificar ojos roscados (tuercas de ojo) o, más específicamente, varillas roscadas (roscadas en todo el largo) en aplicaciones en las que se induzcan cargas angulares o cíclicas en la zona roscada del conector. La flexión cíclica puede causar un fallo prematuro de fatiga en la zona roscada del perno. Por lo tanto, el tamaño correcto de las varillas y ojos roscados requieren una consulta de diseño con un ingeniero profesional.

Muchos cáncamos forjados utilizados en circuitos de cuerdas no se sometieron a ensayos de carga por parte del fabricante. Para cumplir con la norma E.1.2. ("Integridad del sistema"), una práctica común para asegurar la integridad de los pernos no probados en sistemas de seguridad u otros sistemas críticos es implementar aros de cable redundantes (respaldos).

Al determinar las arandelas correctas para los sujetadores, se debería tener en cuenta el material y la aplicación. Por ejemplo, en materiales más blandos como la madera, las arandelas deberían usarse en ambos extremos de los conectores para permitir un ajuste adecuado. En medios con ciclos de expansión y contracción, pueden requerirse arandelas de seguridad u métodos alternativos de bloqueo para asegurar que el sujetador se mantenga asegurado con el paso del tiempo.

ESTA PÁGINA NO FORMA PARTE DE LA NORMA NACIONAL ESTADOUNIDENSE (ANS, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) Y NO FUE PROCESADA EN CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS DEL ANSI (INSTITUTO ESTADOUNIDENSE DE ESTANDARIZACIÓN) PARA UNA NORMA NACIONAL ESTADOUNIDENSE. COMO TAL, ESTA PÁGINA PUEDE CONTENER MATERIAL QUE NO FUE SOMETIDO A REVISIONES PÚBLICAS O PROCESOS DE CONSENSO. ADEMÁS, NO CONTIENE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA LA CONFORMIDAD CON LA NORMA.