

# **Almacenamiento distribuido basado en red (III): Almacenamiento SAN por red TCP/IP**



**José María Aragón Yuste**

*Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas  
Técnico de Sistemas especializado en IBM Tivoli Storage  
Manager*

## Almacenamiento distribuido basado en red (III): Almacenamiento SAN por red TCP/IP

**José María Aragón Yuste**  
Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas  
Técnico de Sistemas especializado en *IBM Tivoli Storage Manager*

### 1. Introducción

Concluimos nuestro estudio sobre las redes de almacenamiento para entornos distribuidos analizando en este tercer artículo de la serie, las soluciones actuales que existen para redes TCP/IP.

Recordamos que en el primer artículo realizamos una introducción somera a las diferentes posibilidades de almacenamiento basado en red que existen en la actualidad para entornos distribuidos, entre las que citábamos las soluciones que hacen uso de una red TCP/IP. A continuación, en el segundo artículo concretamos nuestro estudio analizando el tipo de red SAN más introducido en la actualidad, que es la SAN sobre *Fibre Channel* (FC-SAN). Nos proponemos realizar en este tercer artículo un estudio similar, pero centrado en el uso que también tienen las redes TCP/IP como redes de almacenamiento, ampliando el contenido de los conceptos y soluciones que citamos en el primer artículo.

En efecto, cada día está más en auge lo que se conoce como **almacenamiento sobre IP** -en inglés *Storage over IP (SoIP)*-, es decir el almacenamiento que aprovecha la infraestructura existente en una red TCP/IP. Entre las ventajas de este tipo de almacenamiento, podemos citar:

- Poder realizar una gestión del almacenamiento sobre una tecnología de redes que es muy familiar para la mayoría de los administradores.
- Reducir los costes de formación y de personal.
- Infraestructura de transporte probada.
- Aumentar la fiabilidad.
- Transición de 1 Gb Ethernet a 10 Gb Ethernet y superior.
- Proteger la inversión con actualizaciones de rendimiento simplificadas.
- Escalabilidad en largas distancias.

- Permitir la replicación de datos y recuperación de desastres de forma remota.
- La economía de Ethernet llevada al ámbito del almacenamiento.
- Permitir un menor coste total de propiedad.

Existen tres protocolos de almacenamiento IP: iSCSI, FCIP e iFCP. Los tres protocolos están desarrollados por el *IP Storage Forum* de la *Storage Networking Industry Association* (SNIA), bajo los auspicios del *Internet Engineering Task Force* (IETF). El iSCSI (RFC 3720) y el FCIP (RFC 3821) fueron ratificados como proyectos estándares en 2003 y en 2004, respectivamente. En septiembre de 2005 el iFCP se constituyó en proyecto estándar (RFC 4172). Analizamos a continuación los tres protocolos, aunque comenzamos con una introducción del protocolo de almacenamiento SCSI.

## 2. El protocolo de Almacenamiento SCSI

Antes de comenzar el estudio detallado de los principales protocolos de almacenamiento sobre IP en la actualidad, vamos a estudiar de modo resumido el protocolo de almacenamiento SCSI, ya que tiene una relación estrecha con el resto de protocolos de red que estudiaremos.

SCSI es el acrónimo de *Small Computer System Interface*, un conjunto de interfaces, definidas por la ANSI (*American National Standards Institute*), para la comunicación entre PC y periféricos. Se trata de un bus de entrada-salida dedicado a la comunicación de datos en paralelo, que permite conectar varios dispositivos al mismo puerto.

La especificación original, SCSI-1, evolucionó para convertirse en SCSI-2, que es lo que hoy se conoce como SCSI, a secas. También existe SCSI-3, que viene a ser un conjunto de órdenes de propósito general, más algunas adicionales para determinados tipos de dispositivos, que encuentran aplicación no sólo en el interfaz paralelo SCSI-3, sino también en algunos protocolos serie como FCP, SBP (utilizado en IEEE 1394), y SSP (utilizado en la arquitectura SSA de IBM). El protocolo iSCSI - que estudiaremos en el siguiente apartado- hace uso de comandos SCSI-3, los cuales encapsula dentro de paquetes TCP/IP que son enviados a través de redes IP. En la

tabla siguiente se enumeran los estándares que hay actualmente en el mercado y sus principales características.

Tecnología	Longitud Máxima del cable (metros)	Velocidad Máxima (MBytes/s)	Número Máximo de Dispositivos
<b>SCSI-1</b>	6	5	8
<b>SCSI-2</b>	6	5-10	8 ó 16
<b>Fast SCSI-2</b>	3	10-20	8
<b>Wide SCSI-2</b>	3	20	16
<b>Fast Wide SCSI-2</b>	3	20	16
<b>Ultra SCSI-3, 8-bit</b>	1.5	20	8
<b>Ultra SCSI-3, 16-bit</b>	1.5	40	16
<b>Ultra-2 SCSI</b>	12	40	8
<b>Wide Ultra-2 SCSI</b>	12	80	16
<b>Ultra-3 (Ultra160/m) SCSI</b>	12	160	16

Tabla 3.1. Los estándares de almacenamiento SCSI en la actualidad

Dentro de la terminología SCSI nos encontramos con los siguientes conceptos:

- **Iniciador (*initiator*):** Es el dispositivo cliente que genera una petición.
- **Destino (*target*):** Es el dispositivo servidor que ejecuta la petición.
- **Dispositivo (*device*):** Es el sistema *host* o un sistema periférico.
- **Target ID o SCSI ID:** Cada dispositivo tiene su propio ID en el bus. Puede haber hasta 8 ó 16 IDs por bus. Hay que tener en cuenta que sólo se puede comunicar una pareja de dispositivos cada vez.
- **Logical Unit Number (LUN):** Permite a un dispositivo el control de hasta 8 subdispositivos.
- **Controller ID:** Es el ID de un controlador. Puede existir más de un controlador.
- **Command Descriptor Block (CDB):** Es la unidad donde se encapsulan los comandos SCSI,
- **Daisy Chain (cadena de margarita):** Los dispositivos están conectados linealmente en lo que se conoce también como cadena SCSI, situando resistores en las terminaciones (ver figura 3.1).

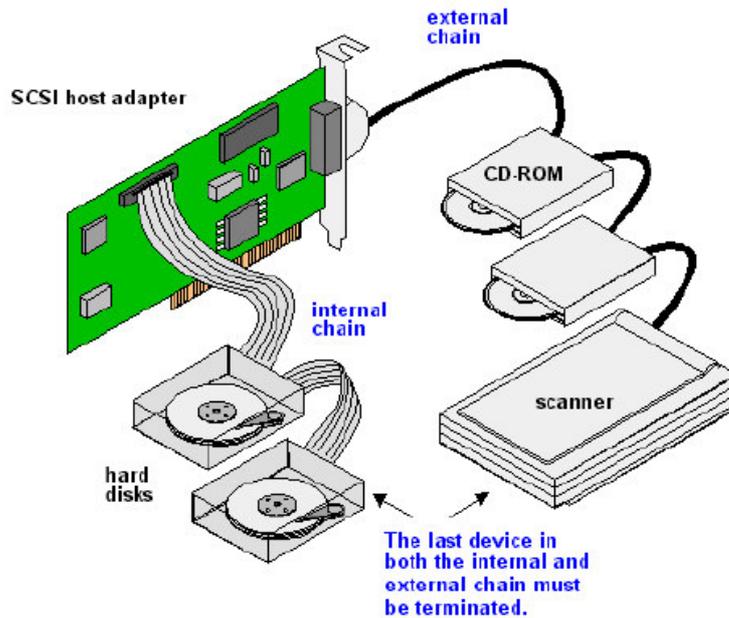


Figura 3.1. Ejemplo de cadena SCSI

### 3. El protocolo iSCSI

El protocolo iSCSI permite a las organizaciones implementar soluciones SAN en entornos donde el coste, la complejidad y la experiencia especializada que requiere *Fibre Channel* son prohibitivos. Aquí reside la importancia de iSCSI, pues está contribuyendo a acelerar la transición de entornos de conexión directa a entornos de red.

iSCSI es un protocolo punto a punto para el transporte de bloques de datos de E/S de almacenamiento sobre una red IP. El protocolo se usa en servidores (iniciadores), dispositivos de almacenamiento (destinos) y dispositivos de puertas de acceso de transferencia de protocolo. iSCSI utiliza conmutadores y encaminadores (*routers*) Ethernet estándar para trasladar los datos del servidor al almacenamiento. También permite utilizar la infraestructura IP y Ethernet para expandir el acceso al almacenamiento SAN, así como para extender la conectividad SAN a cualquier distancia. El apoyo de Microsoft a las redes de almacenamiento basadas en el protocolo iSCSI es un auténtico refrendo a esta tecnología.

Antes de la aparición de iSCSI, la arquitectura TCP/IP sólo soportaba protocolos a **nivel de ficheros**, como *Network File System (NFS)*, *Common Internet*

*File System* (CIFS) o *File Transfer Protocol* (FTP). A partir de la aparición de iSCSI, la arquitectura TCP/IP soporta también protocolos a **nivel de bloques**. Cualquier tecnología de red soportada por IP puede ser incorporada como parte de una red iSCSI, aunque principalmente este protocolo de almacenamiento se está implementando sobre redes Ethernet. iSCSI se adapta fácilmente al modelo tradicional de red IP.

La gran ventaja de iSCSI es que se basa en los dos protocolos de uso más extendido en el mundo del almacenamiento (SCSI) y de las redes (TCP/IP). iSCSI no tiene que realizar grandes cambios en una arquitectura TCP/IP existente, además de que tampoco requiere que las modificaciones sobre la arquitectura SCSI existente sean importantes.

En la figura 3.2 se puede ver la pila del protocolo iSCSI, donde se observa que no aparece ninguna referencia a *Fibre Channel* y que se basa completamente en redes TCP/IP. Se ha llegado a decir que iSCSI es para las redes SAN como Windows para los sistemas operativos.



Figura 3.2. Pila del protocolo iSCSI

Como podemos observar en la figura 3.3, el protocolo iSCSI establece sesiones de comunicación entre los iniciadores y los destinos, suministrándoles métodos de autenticación entre ellos.

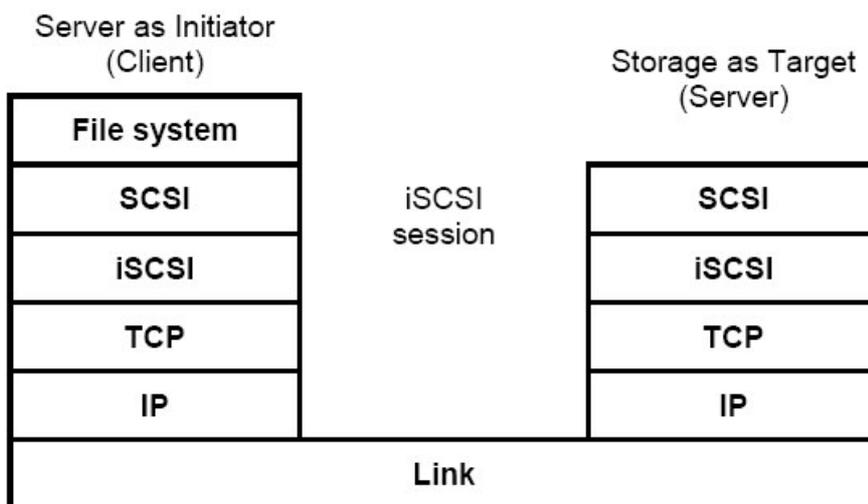


Figura 3.3. Ejemplo de sesión iSCSI entre un host que actúa de iniciador (cliente de la sesión) y un dispositivo de almacenamiento que hace las veces de destino (servidor de la sesión)

Una sesión iSCSI puede contener una o más conexiones TCP, que suministran recuperación en caso de una conexión fallida. En la escritura en el *host*, los *SCSI Command Descriptor Blocks* (CDB) se pasan desde la capa genérica SCSI a la capa de transporte iSCSI. La capa de transporte iSCSI encapsula un CDB de SCSI dentro de una unidad de datos de protocolo iSCSI (iSCSI PDU, *Protocol Data Unit*) y la envía a la capa de TCP. Al leer el destino (*target*), la capa de transporte iSCSI extrae el CDB de la iSCSI PDU recibida desde la capa de transporte TCP y manda el CDB a la capa genérica SCSI.

iSCSI puede estar soportado sobre cualquier medio físico que soporte TCP/IP, aunque las implementaciones más comunes en la actualidad son sobre Gigabit Ethernet.

Hemos visto que el protocolo iSCSI actúa sobre un *host* iniciador y un dispositivo de almacenamiento de destino. También permite el acceso a nivel de bloque de almacenamiento que reside en FC-SANs sobre una red IP, a través de pasarelas (*gateways*) iSCSI-a-Fibre Channel.

En definitiva, iSCSI es un protocolo de transporte que suministra un modo de encapsular comandos SCSI-3 dentro de paquetes TCP/IP -como podemos observar en la figura 3.4- y permite que estos paquetes sean transportados y encaminados sobre conexiones de red TCP/IP.

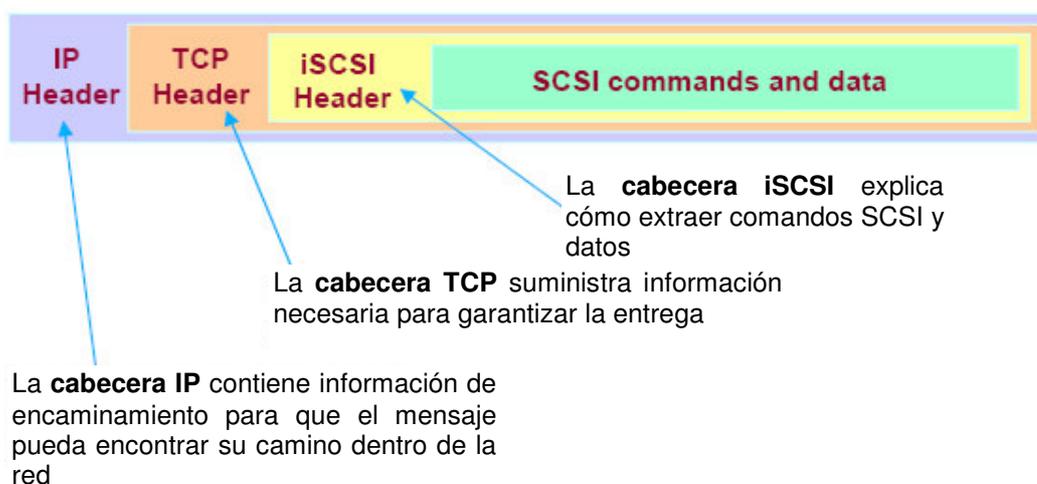


Figura 3.4. Encapsulamiento de los datos dentro de una trama iSCSI.

#### 4. Elementos de una red con iSCSI

Analizamos los tres siguientes elementos necesarios para una instalación que use iSCSI:

- 1) **Tarjetas de interfaz de redes ( *Network Interface Card*, NIC):** Las NIC tradicionales (adaptadores de Ethernet en servidores y PCs) están diseñadas para transferir paquetes de datos a nivel de archivos entre PCs servidores y sistemas de almacenamiento como los dispositivos NAS. Sin embargo, tradicionalmente, las NIC no transmiten datos en bloques, que sí son almacenados por una HBA, como en el caso de *Fibre Channel* o SCSI paralelo. Para que una NIC pueda procesar bloques de datos, éstos deben ser introducidos en un paquete TCP/IP antes de enviarlos por una red IP, como hemos visto en la figura anterior. Mediante el uso de controladores iSCSI en el *host* iniciador o en el destino, una NIC puede transmitir paquetes de bloques de datos sobre una red IP. Cuando se usa una NIC, el servidor gestiona la creación de paquetes de datos y lleva todo el procesado TCP/IP. Esta tarea es muy intensiva para la CPU y disminuye el rendimiento general del servidor. El cuello de botella en el rendimiento del procesado TCP/IP ha sido la fuerza que ha impulsado el desarrollo de los **motores de descarga TCP/IP** (*TCP/IP Offload Engines*, TOE) en las tarjetas adaptadoras. Un TOE traslada el procesado TCP/IP desde la CPU del host al adaptador de bus de host (HBA), en el cual se completa el procesado TCP/IP y la creación de paquetes. De este modo, una NIC de almacenamiento de descarga TCP/IP funciona más como un HBA de almacenamiento que como una NIC estándar.
  
- 2) **Adaptadores de bus de host (HBAs) de almacenamiento:** A diferencia de las NIC, las HBAs de almacenamiento están diseñadas para transferir bloques de datos a y desde las aplicaciones de almacenamiento. Una referencia del bloque entero se transmite desde la aplicación a la tarjeta, obviando la necesidad de descomponer el bloque en partes más pequeñas. Sin embargo, debido a esto, la HBA debe asumir la tarea de segmentar el bloque en cuadros, un proceso que tiene lugar mediante una serie de *chips* especializados que permiten a la HBA utilizar los recursos del sistema para aligerar los recursos informáticos de la CPU en este proceso. Cuando esta labor está completada, la HBA reenvía las tramas.

- 3) **Adaptadores iSCSI:** Combinan las funciones de las NIC con las de una HBA de almacenamiento. Estos adaptadores cogen los datos en forma de bloques, gestionan la segmentación y el procesado en la tarjeta adaptadora con motores de procesado TCP/IP, y luego envían los paquetes IP a través de una red IP. La implementación de estas funciones permite a los usuarios crear una IP basada en SAN sin reducir el rendimiento del servidor. Algunos fabricantes han presentado versiones software de estos adaptadores. Los adaptadores basados en software aceptan datos de las aplicaciones a nivel de bloque, pero requieren ciclos de la CPU para el procesado TCP/IP. Las ventajas de este tipo de adaptadores son que pueden trabajar sobre las NIC Ethernet existentes. El principal inconveniente es que exigen un uso intensivo de la CPU para el procesado TCP/IP.

## 5. Ventajas de una red iSCSI

Algunas de las ventajas de disponer de una red de almacenamiento iSCSI nativa, son las siguientes:

- a) **Consolidación del servidor y el almacenamiento:** Con una infraestructura de almacenamiento en red, los clientes pueden vincular múltiples dispositivos de almacenamiento a múltiples servidores, permitiendo una mejor utilización de los recursos, facilidad del manejo del almacenamiento y una expansión más simple de la estructura de almacenamiento. Con esta característica obtenemos el cambio que se representa en la figura 3.5.

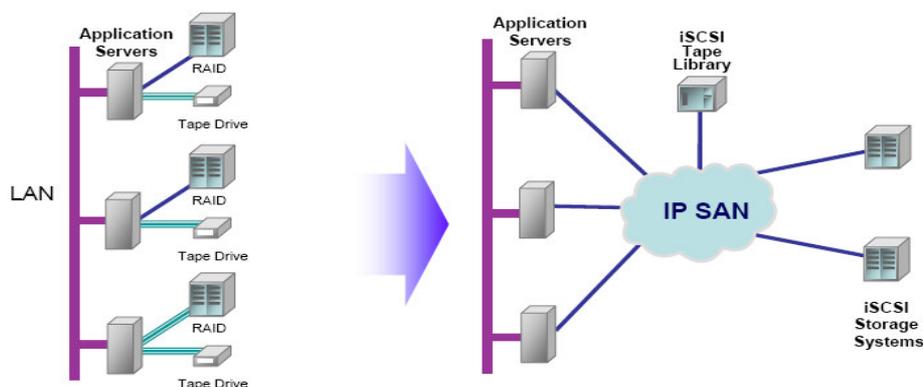


Figura 3.5. La consolidación del almacenamiento, tal como lo realiza iSCSI

- b) Operaciones aceleradas de copia de seguridad:** Las operaciones de copia de seguridad que antes se limitaban a redes IP LAN tradicionales, a **nivel de archivos**, se pueden realizar en la actualidad a través de redes de almacenamiento IP a **nivel de bloques**. Este cambio permite tiempos más rápidos de copia de seguridad y ofrece a los clientes la flexibilidad de usar redes IP compartidas o dedicadas en operaciones de almacenamiento.
- c) Acceso integrado a sitios remotos y externalización del almacenamiento:** Con una red de almacenamiento basada en IP, los clientes pueden habilitar fácilmente el acceso remoto a ubicaciones secundarias. Las ubicaciones remotas se pueden usar para hacer copias de seguridad fuera del enclave central, *mirroring*/replicación, o *clustering*. Además, los clientes pueden escoger conectarse a proveedores de servicios para las aplicaciones de externalización del almacenamiento como el “almacenamiento según demanda”.

## 6. El protocolo *Fibre Channel over IP* (FCIP)

FCIP son las siglas de *Fibre Channel over IP*; también a este protocolo se le conoce como *Fibre Channel tunneling* o *storage tunneling* expresiones que se pueden traducir como “tunelaje *Fibre Channel*” o “tunelaje de almacenamiento”. Efectivamente -como se puede ver en la figura 3.6- FC/IP utiliza una especie de técnica de “**tunelado**” (o “*tunelaje*”) para transportar tramas *Fibre Channel* en el interior de paquetes IP, realizando también una correspondencia entre los dominios del entramado *Fibre Channel* y direcciones IP. Este protocolo de transporte supone la introducción de un nuevo dispositivo de red entre la SAN y la red IP (que desde el lado de la SAN se conoce como **edge device**, puesto que se sitúan en la periferia de la red).

FCIP soporta todo el hardware y el software existente en las SAN corporativas, permitiendo que todos los datos de las SAN sean accesibles desde las troncales IP sin cambiar nada en aquellas. Es la forma más directa de integrar las redes IP con la infraestructura ya existente de *Fibre Channel*; pero deja la duda razonable de si los niveles de disponibilidad, servicio e integridad de la red IP van a estar a la altura de las exigencias que ya se habían comprometido para la red de almacenamiento.

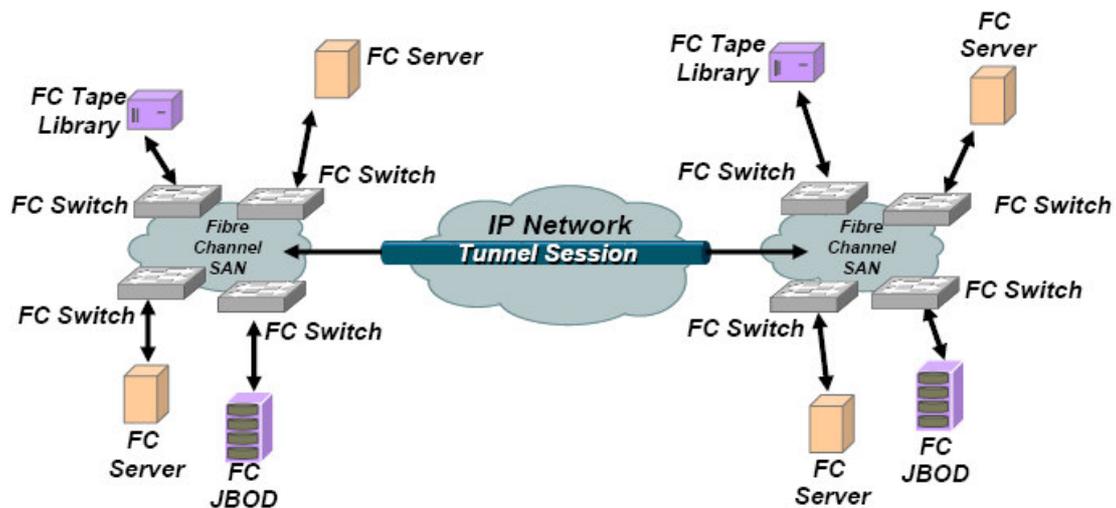


Figura 3.6. Diagrama que representa un túnel FCIP que conecta dos FC-SANs

Observamos en la figura 3.6 que FCIP permite la interconexión de dos redes SAN sobre *Fibre Channel*. Esto posibilita que se puedan ejecutar aplicaciones a distancia como la replicación desde un almacenamiento primario a un almacenamiento de recuperación ante desastres. Para esto, FCIP crea un túnel de punto a punto que va a través de una red IP. El tráfico de *Fibre Channel* se encapsula y desencapsula de forma transparente en los extremos del túnel.

Si hay muchas redes SAN implicadas, se debe crear un túnel por cada par de FC-SANs. Por esta razón, cada entidad de FCIP está arquitectónicamente capacitada para soportar múltiples túneles de forma simultánea. También se pueden establecer múltiples túneles FCIP entre un mismo par de FC-SANs, incrementando así la tolerancia a fallos y el rendimiento. Cuando un túnel se establece, entonces las dos FC-SAN se fusionan para formar una única FC-SAN lógica. El túnel FCIP es completamente transparente a todos los dispositivos FC, por tanto las redes FC operan como si el túnel no estuviera presente. La transparencia de FCIP permite que todos los protocolos FC-4 puedan ser transportados entre las FC-SANs conectadas. Cada extremo del túnel de FCIP está conectado a un *switch* de *Fibre Channel* y dicho túnel aparece ante esos *switches* como si fuera un simple cable.

En la figura 3.7 podemos ver que el formato de trama FCIP consiste en encapsular dentro de un datagrama IP una trama *Fibre Channel*. En la figura 3.8, que nos muestra la pila del protocolo FCIP, observamos cómo en la conexión o túnel FCIP se utilizan servicios TCP/IP para establecer la conexión entre las dos FC-SANs remotas. En el túnel, cualquier control de la congestión, errores de datos o recuperación de datos, se lleva a cabo mediante servicios TCP/IP, sin afectar en nada a las redes *Fibre Channel*.

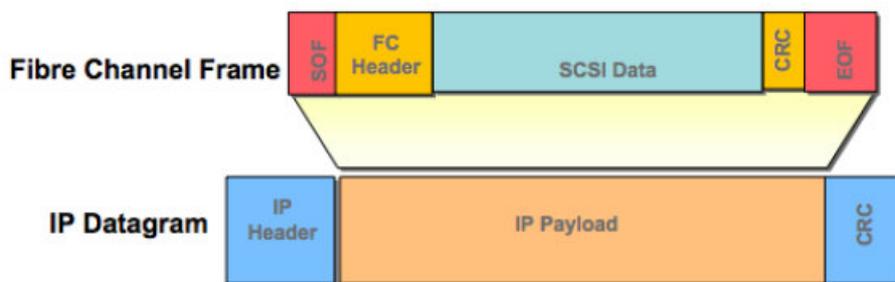


Figura 3.7. Formato de mensaje FCIP

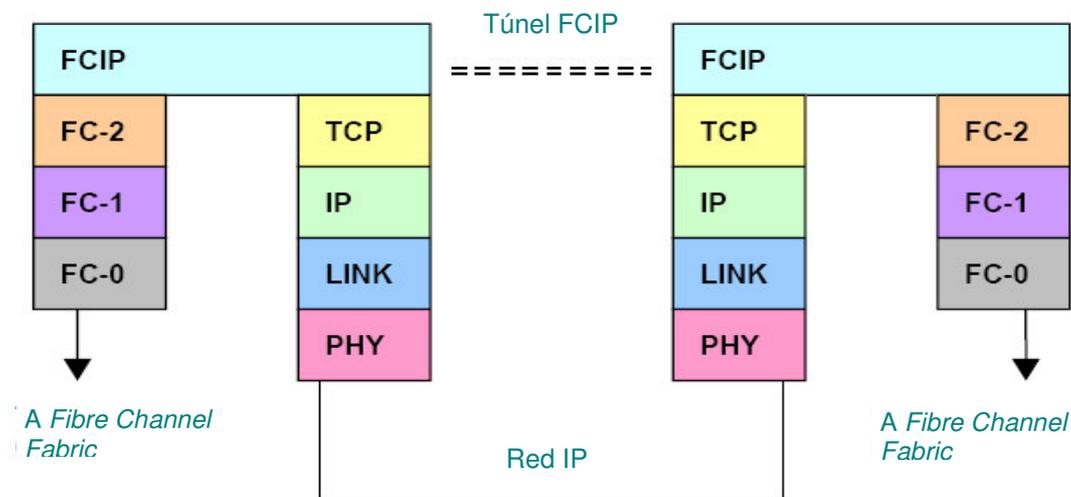


Figura 3.8. Pila del protocolo FCIP

## 7. El protocolo *Internet Fibre Chanell Protocol* (iFCP)

*Internet Fibre Chanell Protocol* (iFCP) es un protocolo a nivel de pasarela (*gateway*) que permite el despliegue de servicios *Fibre Channel* sobre una red TCP/IP para dispositivos basados en FCP. Utiliza sólo los servicios de control de congestión,

detección y corrección de errores que ofrece TCP. iFCP permite que las FC-SANs se puedan interconectar mediante redes TCP/IP, sin importar la distancia, usando conmutadores (*switches*) y encaminadores (*routers*).

Como se puede ver en la figura 3.9, los dispositivos *Fibre Channel*, por ejemplo, conmutadores (*switches*), *arrays* de discos y HBAs, se conectan a una pasarela iFCP (*iFCP gateway*), sin importar las distancias entre las dos redes FC. Cada sesión de *Fibre Channel* termina en la pasarela iFCP y se convierte en una sesión TCP/IP que va sobre iFCP. Una segunda pasarela iFCP recibe la sesión iFCP en el otro extremo y comienza una nueva sesión *Fibre Channel*.

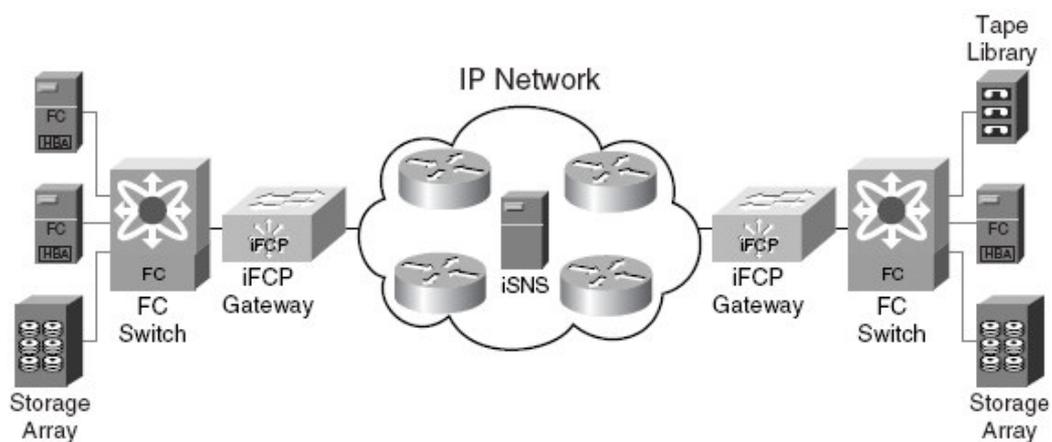


Figura 3.9. Diagrama de funcionamiento del protocolo iFCP

En la figura 3.9 observamos que en el centro de la red IP hay un elemento llamado iSNS. Se trata del *servicio de nombres de almacenamiento de Internet*. Los dispositivos y *hosts* de almacenamiento pueden registrarse en un servidor iSNS. Posteriormente, los *hosts* pueden realizar consultas al servidor iSNS o recibir actualizaciones asíncronas del servidor iSNS sobre el estado de los dispositivos de almacenamiento. Del mismo modo que iSCSI, FCIP e iFCP, iSNS es otro protocolo auspiciado por el IETF *IP Storage (IPS) Working Group*. El protocolo iSNS permite implementar las funciones del servidor iSNS en varios dispositivos como: conmutadores, encaminadores, controladores de almacenamiento y nodos de consola de gestión. El uso de iFCP requiere la utilización de un iSNS. La configuración de los parámetros del iFCP *fabric* es descubierta vía iSNS. También El protocolo iSNS es usado para gestionar dispositivos iSCSI, aunque su uso no es obligatorio en este protocolo de almacenamiento por red.

El motivo de la creación del protocolo iFCP fue para reducir el coste total de las soluciones de almacenamiento, haciendo uso de la tecnología IP, más barata que la *Fibre Channel*. Sin embargo, paralelamente se desarrolló el protocolo iSCSI diseñado también para suministrar una alternativa IP/Ethernet a las FC-SANs, aunque iSCSI es una solución más elegante y eficiente en coste que iFCP.

Otro inconveniente que tiene el protocolo iFCP es que un único fabricante produce en la actualidad pasarelas iFCP y estos productos iFCP actualmente no suministran una densidad de puertos FC suficiente como para satisfacer los requisitos de conectividad que requieren las más modernas FC-SANs. Por ello, las pasarelas iFCP se sitúan frecuentemente al lado de un conmutador de *Fibre Channel* (ver figura 3.9).

A diferencia del protocolo FCIP, iFCP no crea un túnel independiente para transportar el tráfico FC, sino que cada pasarela iFCP crea una sesión iFCP única para cada pareja de iniciador-destino que necesitan comunicarse. Este enfoque tiene un coste en rendimiento, pues limita el tamaño de la ventana TCP disponible para cada sesión iFCP. Puede haber múltiples pasarelas iFCP para cada FC-SAN con el propósito de aumentar la tolerancia a fallos y el rendimiento.

En la actualidad iFCP se implementa únicamente en entornos con FCP, aunque teóricamente iFCP soporta todos los protocolos FC-4 cuando trabaja en modo transparente.

Como en el caso de FCIP, el soporte de IPsec es obligatorio para cada producto iFCP, además de que el estándar iFCP estipula que se deben soportar características concretas de IPsec. De todas formas, el uso de IPsec es opcional y la mayoría de los entornos iFCP actualmente no usan este protocolo de seguridad para la red TCP/IP.

## 8. iSCSI, FCIP e iFCP: Todos los caminos conducen a IP

En este apartado realizamos una recapitulación y comparación de los tres conceptos que hemos visto en todo el artículo. Los tres protocolos que hemos estudiado presentan las siguientes características:

### 1) iSCSI:

- 1.a) Sitúa al protocolo SCSI justo encima del TCP/IP.
- 2.b) De las tres soluciones que hemos estudiado en este capítulo, es la que presenta menor sobrecarga (*overhead*) en el sistema.
- 3.c) Puede haber pasarelas (*gateways*) iSCSI-iSCSI e iSCSI-FC, pero su uso no es obligatorio.

### 2) FCIP:

- 2.a) Conecta FC aisladas mediante túneles TCP/IP. De esta forma, se superan las limitaciones de distancia de las SANs y permite que SANs distribuidas se puedan interconectar.
- 2.b) Necesita pasarelas (*gateways*) para su funcionamiento.
- 2.c) Presenta problemas de escalabilidad y de fiabilidad.

### 3) iFCP:

- 3.a) Suministra a los dispositivos FC visibilidad sobre una red TCP/IP.
- 3.b) Cada dispositivo es direccionable individualmente.
- 3.c) Requiere el uso de pasarelas (*gateways*) para su funcionamiento.
- 3.d) Respaldo de fabricantes reducido en la actualidad a McData (anteriormente Nishan).

En la tabla 3.2 aparece una comparativa de los tres protocolos en cuestión, que iremos comentando seguidamente.

Atributos del Protocolo	iSCSI	FCP	iFCP
Implementación	Transporte IP nativo	Encapsulación, Tunelado	Transporte IP nativo
Encapsulación SCSI	Capa iSCSI	FCP	FCP
Integración de dispositivo con iSNS	Sí	No	Sí
Interfaz con dispositivo final	IP/iSCSI	FC/FCP	FC/FCP
Encaminamiento para dispositivo final	RIP, OSPF, BGP, otros	FSPF	RIP, OSPF, BGP, otros
Soporte de dispositivos FC	No	Sí	Sí
Coste relativo	€	€€€	€€

Tabla 3.2. Comparativa de los protocolos iSCSI, FCIP, iFCP

La primera diferencia que se observa es que aunque los tres protocolos son dependientes del protocolo de almacenamiento SCSI y del protocolo de red TCP/IP, sin embargo, en la pila del protocolo iSCSI no hay ninguna referencia a *Fibre Channel*, por lo cual iSCSI es totalmente independiente de FC y no da soporte a este tipo de redes de fibra. iSCSI permite la creación de soluciones SAN basadas en Gigabit Ethernet en vez de *Fibre Channel*. No se puede decir lo mismo de los protocolos FCIP e iFCP, que requieren el protocolo FCP para el encapsulamiento SCSI. Esto lo podemos ver en la figura 3.10 que recoge las pilas de los tres protocolos en cuestión.

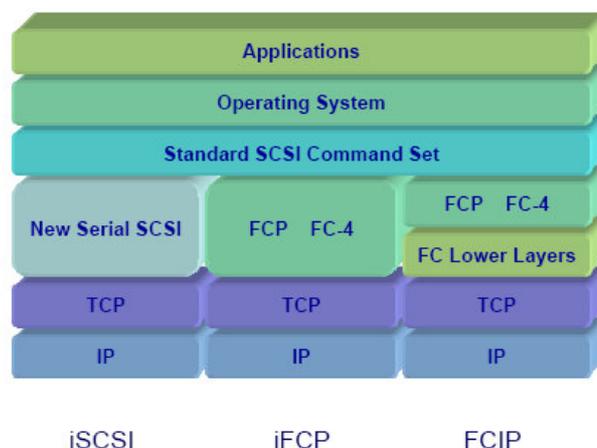


Figura 3.10. Protocolos iSCSI, iFCP y FCIP

Comparando la figura 3.10 con la 3.11, podemos ver que si el protocolo iSCSI es totalmente independiente del FC, el protocolo FCIP es el que más dependencia presenta respecto al protocolo *Fibre Channel*.

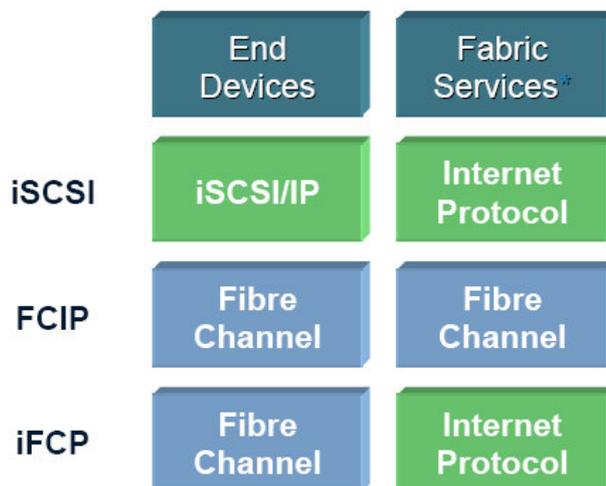


Figura 3.11. *Protocolos sobre los que están basados iSCSI, FCIP e iFCP. Los "end devices" pueden ser hosts o dispositivos de almacenamiento.*

La dependencia de los protocolos FCIP e iFCP respecto al FCP se puede ver también en las figuras 3.12 y 3.13, donde se muestran los formatos de las tramas iSCSI, FCIP e iFCP:

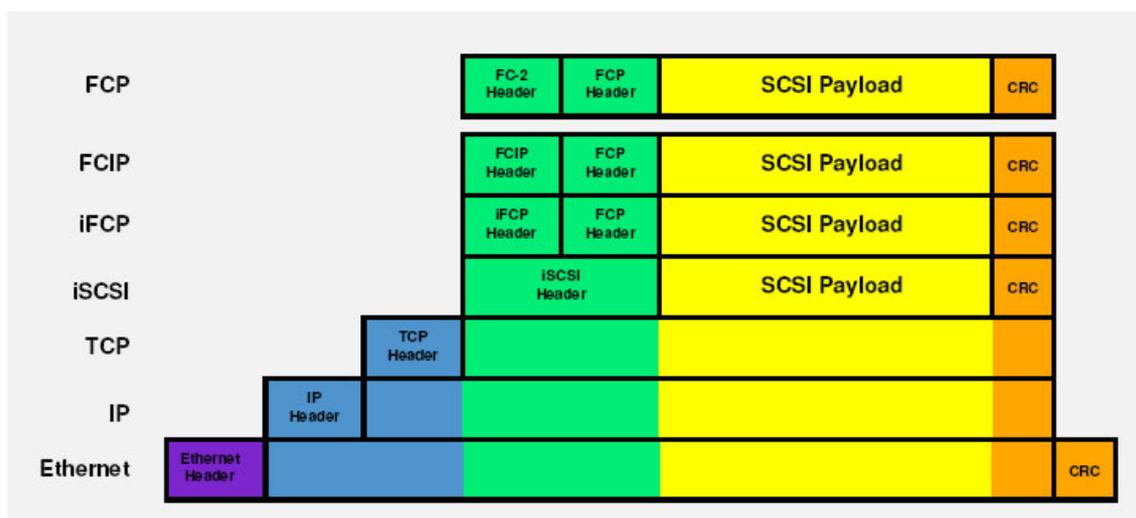


Figura 3.12. *Comparación entre una trama FCP y las tramas FCIP, iFCP e iSCSI. La trama iSCSI no contiene cabecera FCP, pero comparte con las tramas FCIP e iFCP las cabeceras Ethernet, IP y TCP.*

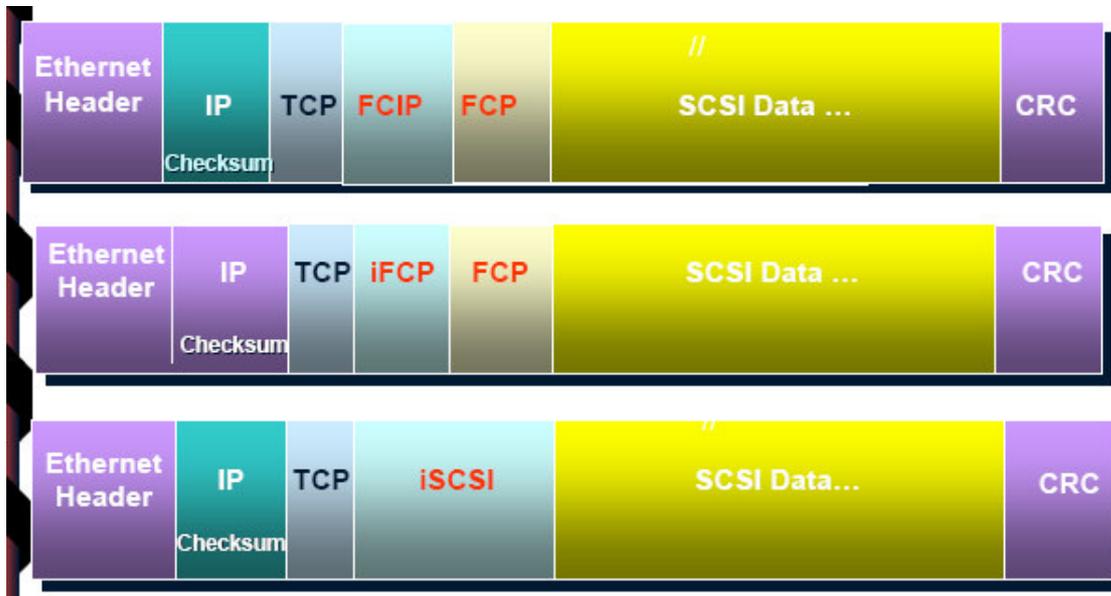


Figura 3.13. Formatos de trama de los protocolos FCIP, iFCP e iSCSI. Obsérvese como las tres tramas encapsulan datos SCSI.

Como podemos observar en las dos figuras anteriores, las tramas de iSCSI, FCIP, iFCP coinciden en que incluyen cabeceras de Ethernet, IP y TCP. Además, las tres tramas encapsulan datos SCSI.

La figura 3.14 nos muestra cómo los datos SCSI pueden propagarse de diferentes modos. El modo más usual era dentro de un cable SCSI, entendido únicamente como protocolo de almacenamiento. Cuando los comandos SCSI-3 se han usado también en conjunción con protocolos de red, podemos tener por un lado SCSI sobre iSCSI, TCP e IP, como es el caso del **protocolo iSCSI**. Por otro lado si SCSI va sobre *Fibre Channel* (específicamente sobre FCP) y además, sobre TCP e IP, entonces tenemos o el **protocolo FCIP** o el **protocolo iFCP**.

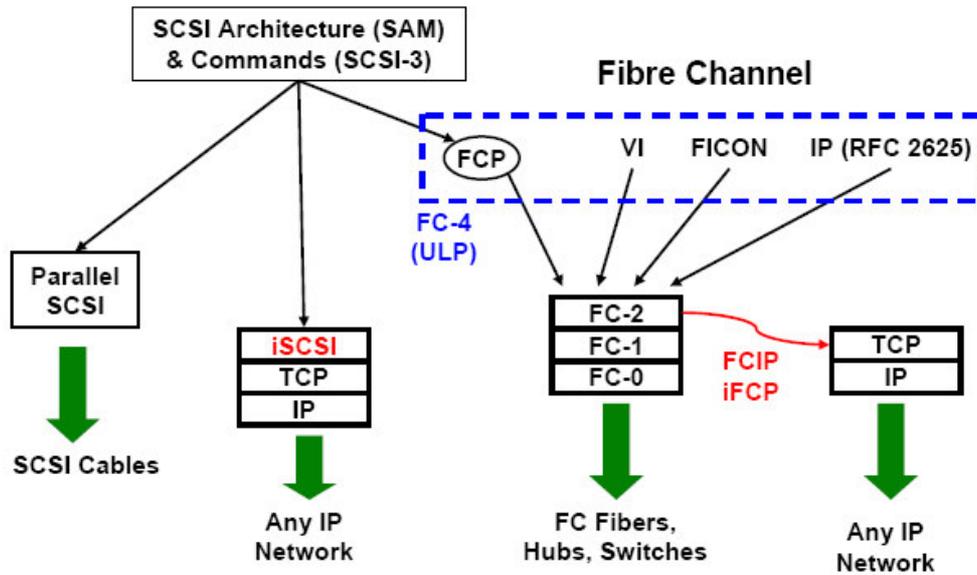


Figura 3.14. Diferentes implementaciones del protocolo de almacenamiento SCSI

Otra diferencia fundamental entre FCIP e iSCSI la podemos ver en la figura 3.15, donde se observa que mientras el protocolo FCIP suministra conectividad entre dos redes SAN sobre IP, el protocolo iSCSI suministra conectividad entre un *host* y un dispositivo de almacenamiento a través de la red IP. Es decir, FCIP es una solución "SAN-to-SAN over IP" e iSCSI es una solución "Host-to-Storage over IP".

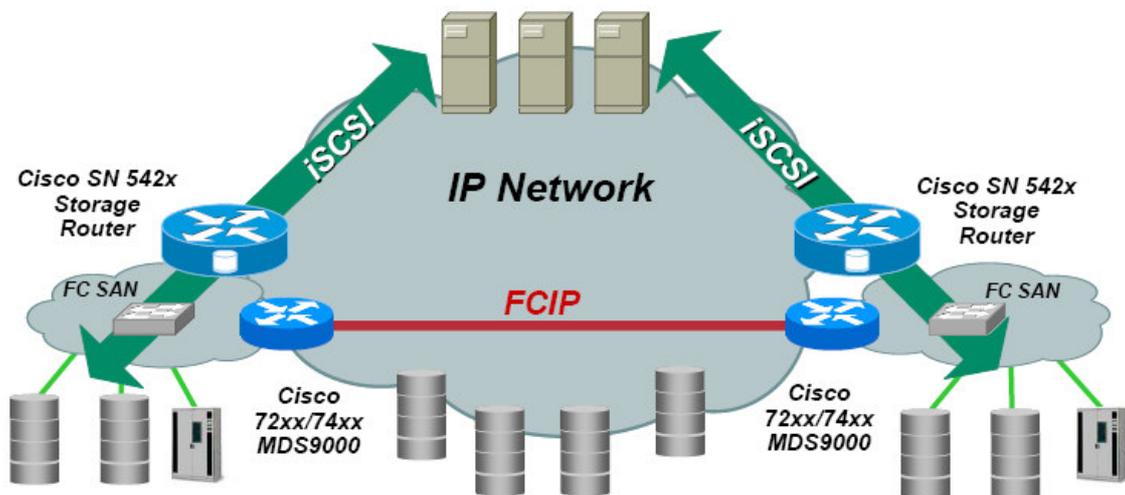


Figura 3.15. El protocolo iSCSI (SAN-to-SAN over IP) frente al protocolo FCIP (Host-to-Storage over IP).

Entre FCIP e iFCP podemos citar como diferencias, el que FCIP es una **solución “tunelada”** (*tunneled solution*) e iFCP es una **solución encaminada** (*routed solution*) -como podemos ver en la figura 3.16- y el hecho de que FCIP suministra conectividad entre puertos E\_port e iFCP, en cambio, suministra conectividad entre puertos F\_port. Además, otra diferencia significativa entre ambos protocolos es que iFCP sustituye el transporte por las capas inferiores de FC que presenta FCIP (ver figura 3.10), por TCP/IP y Gigabit Ethernet.

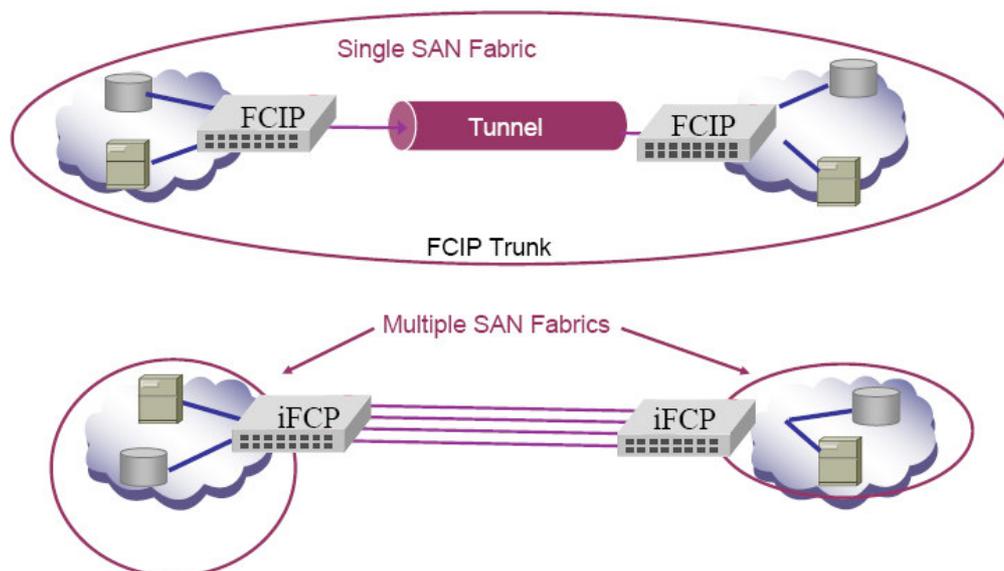


Figura 3.16. Comparación entre los funcionamientos de FCIP e iFCP.

FCIP no presenta integración con iSNS, mientras que iSCSI e iFCP sí, siendo obligatoria en este último caso.

Además, mientras que iSCSI e iFCP soportan protocolos de encaminamiento propios de las redes TCP/IP (RIP, OSPF, BGP, etc.), el protocolo de encaminamiento que soporta FCIP es propio de las redes *Fibre Channel*, el FSPF (*Fabric Shortest Path First*), que -como comentamos en el artículo anterior- es un protocolo de estado de conexión similar al protocolo de enrutamiento de TCP/IP conocido como OSPF (*Open Shortest Path First*).

Finalmente, comentaremos que de las tres soluciones, la más económica -y por ende la más extendida- es la iSCSI, mientras que la más costosa y menos extendida es la iFCP.

## 9. Bibliografía

- AA.VV, *Almacenamiento de la mano de IBM*, Suplemento especial "BYTE" 83, Abril 2002.
- AA.VV, *SAN sobre 10G ip*, documento disponible en: [http://www.simenon.com/la/white\\_papers/SD-03-05-SAN.asp](http://www.simenon.com/la/white_papers/SD-03-05-SAN.asp).
- BLACK, D. L., *IP Block Storage Protocols*, Abril 2001, documento disponible en: <http://storageconference.org/2001/Tutorials/IETF.pdf>.
- FERNÁNDEZ LANDA, J., *Integración de información corporativa. Redes de almacenamiento*, RedIris 2003, documento disponible en: <http://www.rediris.es/rediris/boletín/58-59/ponencia9.html>.
- *Fibre Channel Association*: <http://www.fibrechannel.com>.
- *IBM TotalStorage SAN - What, More Protocols*, IBM Redbooks technote, Mayo 2005, disponible en: <http://www.redbooks.ibm.com/abstracts/tips0560.html?Open>.
- *IP Storage Forum* de la *Storage Networking Industry Association (SNIA)*. <http://www.ipstorage.com>.
- KRAFT, C., *Design and implementation of iFCP*, tesis de licenciatura, Mayo 2004, disponible en: [http://www.iol.unh.edu/training/fc/theses/ckraft\\_thesis.pdf](http://www.iol.unh.edu/training/fc/theses/ckraft_thesis.pdf).
- LONG, J., *Storage Networking Protocol Fundamentals*, Cisco Press, Mayo 2006.
- MARINONE, F., *Introduzione alle Storage Area Network (SAN)*, documento disponible en: <http://netgroup.polito.it/Corsi/PRLC/SAN.pdf>.
- MURPHY, M. R., *iSCSI-based Storage Area Networks for Disaster Recovery Operations*, tesis de licenciatura, Mayo 2005, disponible en la dirección: [http://etd.lib.fsu.edu/theses/available/etd-04082005-134722/unrestricted/01\\_mrm\\_thesis.pdf](http://etd.lib.fsu.edu/theses/available/etd-04082005-134722/unrestricted/01_mrm_thesis.pdf).
- *Network Appliance, Cinco minutos con David Dale. Presente y futuro del almacenamiento IP*, entrevista realizada en Noviembre 2005, disponible en: <http://www-es.netapp.com/solutions/iscsi/perspectiva-dd.htm>.
- PHILIFE, P., *iSCSI para redes de almacenamiento*, documento disponible en: [http://www.ddmsa.com/proa/nota\\_iscsi.html](http://www.ddmsa.com/proa/nota_iscsi.html).
- SACKS, D., *Demystifying Storage Networking. DAS, SAN, NAS, NAS Gateways, Fibre Channel and iSCSI*, IBM Press, Junio 2001.
- SHURTLEFF, J., *iFCP, FCIP and iSCSI in IP Storage*, Mayo 2002, documento disponible en: <http://www.iscsistorage.com/ifcp.htm>.
- STAIMER, M., *IP Storage Tutorial*, Octubre 2001, presentación disponible en: [http://www.cs.uml.edu/~bill.cs560.iSCSI\\_Slides\\_Overview.pdf](http://www.cs.uml.edu/~bill.cs560.iSCSI_Slides_Overview.pdf).
- TATE, J., KANTH, R., TELLES, A., *Introduction to Storage Area Networks*, IBM Redbook, Abril 2005. Libro disponible en: <http://www.redbooks.ibm.com>.
- WIDI, V., *iSCSI/FC/SATA, Yet another introduction*, Universidad de Konstanz, Noviembre 2005, documento disponible en: [http://www.inf.unikonstanz.de/disk/teaching/ws0506/Filesystems/download/iSCSI\\_wildi.pdf](http://www.inf.unikonstanz.de/disk/teaching/ws0506/Filesystems/download/iSCSI_wildi.pdf)