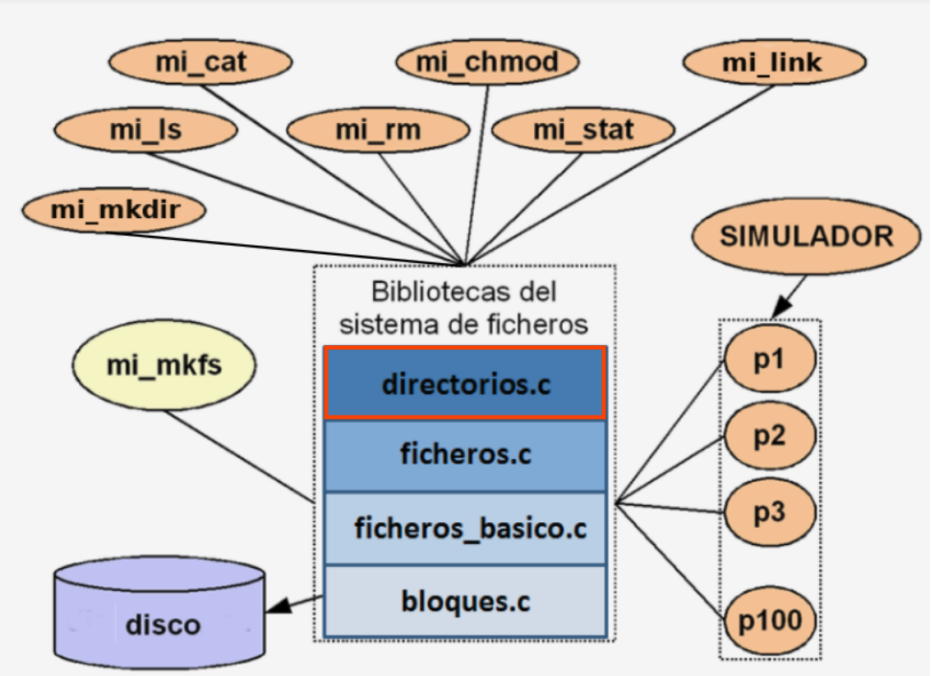
Nivel 7: directorios.c {extraer_camino(), buscar_entrada()}

Ahora que ya tenemos las funciones de las 3 capas inferiores de nuestro sistema de ficheros, comenzaremos con el desarrollo de la última capa, **directorios.c**, y los programas externos (comandos) que permitirán operar de manera natural con nuestro sistema.



Un **directorio** no es más que un fichero especial (inodo.tipo='d') en el que se van almacenando **entradas**: cada entrada hace referencia a un directorio o fichero contenido dentro de él.
La estructura que se usará para cada entrada (definida en **directorios.h**)[1] estará formada por los siguientes campos:

Nombre de fichero/directorio	ninodo

```
#define TAMNOMBRE 60 //tamaño del nombre de directorio o fichero, en Ext2 = 256
struct entrada {
 char nombre[TAMNOMBRE];
 unsigned int ninodo;
};
```

[1] Hay que incluir **directorios.h** en todos los programas.c que hagamos a partir de ahora y, también en mi_mkfs.c y leer_sf.c, en vez de **ficheros.h**.

Este campo *nombre* **no incluye la ruta** (ni el carácter de separación '/'). Con esta estructura, en un bloque de 1024 bytes cabrían 16 entradas de directorio.

A partir de este momento, los directorios y los ficheros serán conocidos por su ruta+ nombre (en vez de por el número de su inodo).
La **ruta** es el camino de directorios seguido para llegar al fichero o directorio indicado. Para facilitar el trabajo, haremos que el nombre de los directorios termine con el carácter de separación '/' (el de de los ficheros no terminará con ningún carácter en particular).

- Ejemplo de ruta+nombre de directorio: "/dir1/dir2/dir3/"
- Ejemplo de ruta+nombre de fichero: "/dir1/dir2/fich"

Cuando se crea un fichero, no sólo se le tiene que asignar un **inodo** sino que también hay que crear una **entrada de directorio**. Un **fichero huérfano** es aquél que no tiene entrada de directorio.
Puede haber varios nombres de archivos, distribuídos por la jerarquía de directorios, que estén ligados a un mismo inodo (**enlaces**), en tal caso se requerirá hacer uso de un contador de enlaces (inodo.nlinks). Cuando se elimine una entrada de directorio, se decrementará la cantidad de enlaces pero no se podrá eliminar el inodo correspondiente si todavía quedan enlaces.

La localización de una entrada de directorio se realiza con una **búsqueda lineal** entre todas las entradas de ese directorio (es muy costoso).
Añadir una entrada supondrá buscarla y si no existe, la añadiremos siempre **por el final**.

Una primera función que podemos definir es la siguiente:

1) int **extraer_camino**(const char **camino*, char **inicial*, char **final, char *tipo*);

Dada una cadena de caracteres camino (que comience por '/'), separa su contenido en dos:

- Guarda en *inicial la porción de *camino comprendida entre los dos primeros '/' (en tal caso *inicial contendrá el nombre de un **directorio**).
- Cuando no hay segundo '/', copia *camino en *inicial sin el primer '/' (en tal caso *inicial contendrá el nombre de un **fichero**).

- La función debe devolver un valor que indique si en *inicial hay un nombre de directorio o un nombre de fichero. [2]
- Guarda en *final el resto de *camino a partir del segundo '/' **inclusive** (en caso de directorio, porque en caso de fichero no guarda nada).

Para tratamientos con cadenas de caracteres, se pueden utilizar las funciones declaradas en **string.h**: strcpy() copia toda una cadena, strncpy() copia un determinado nº de caracteres de una cadena, strchr() localiza la 1ª aparición de un determinado carácter y strtok() que trocea una cadena en tokens utilizando uno o varios delimitadores.

- Ejemplos:
  - *camino: "/dir1/dir2/fichero"
    - *inicial: "dir1"
    - *tipo: 'd'
    - *final: "/dir2/fichero"
  - *camino: "/dir/"
    - *inicial: "dir"
    - *tipo: 'd'
    - *final: "/"
  - *camino: "/fichero"
    - *inicial: "fichero"
    - *tipo: 'f'
    - *final = "" //no puedo poner '\0'

2) int **buscar_entrada**(const char *camino_parcial, unsigned int *p_inodo_dir, unsigned int *p_inodo, unsigned int *p_entrada, char reservar, unsigned char permisos);

Esta función nos buscará una determinada entrada (la parte *inicial del *camino_parcial que nos devuelva extraer_camino()) entre las entradas del inodo correspondiente a su directorio padre (identificado con *p_inodo_dir).
Dada una cadena de caracteres (*camino_parcial) y el nº de inodo del directorio padre (*p_inodo_dir), donde buscar la entrada en cuestión, obtiene:

[2] Podemos utilizar una variable llamada tipo, pasada por referencia, para guardar el tipo y así la función retorna sólo el error (en caso de que el camino esté vacío **o no empiece por '/'**). Otras posibilidades, sin esa variable, son por ejemplo, devolver 0 (si es fichero) o 1 (si es directorio), o si declaráis la función de tipo unsigned char podéis devolver 'f' o 'd'.

- El número de inodo (*p_inodo) al que está asociado el nombre de la entrada buscada.
- El número de entrada (*p_entrada) dentro del inodo *p_inodo_dir que lo contiene (empezando por 0).

Lo más sencillo es implementar buscar_entrada() con **llamadas recursivas** a sí misma con la ayuda de la función extraer_camino().

- Ejemplo:

Veamos cómo funcionaría para obtener el nº de inodo del fichero indicado por **"/usuarios/publico/indice.txt"**.

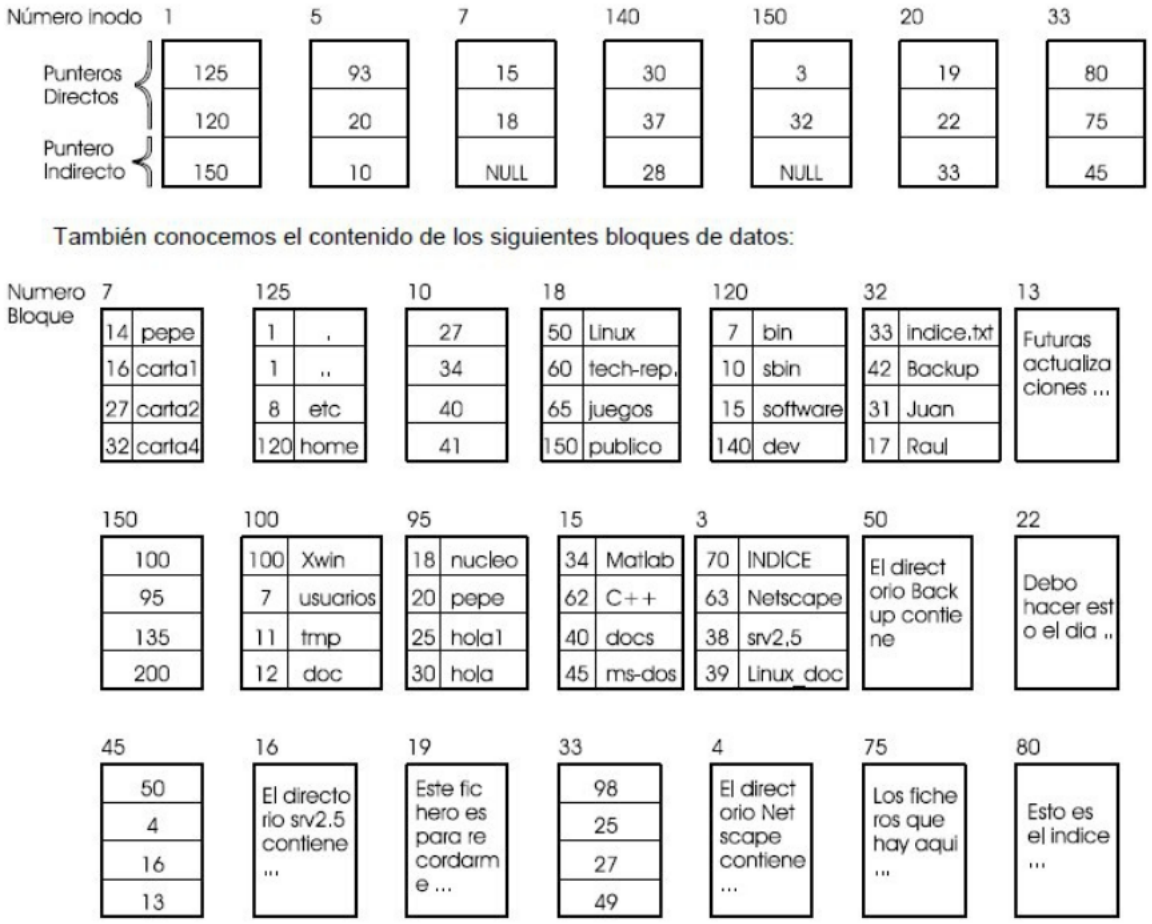
En la zona de datos tenemos bloques de 3 tipos de datos:

- Bloques de datos: unsigned char buffer [BLOCKSIZE]
- Bloques de punteros: unsigned int punteros[BLOCKSIZE/sizeof(unsigned int)]
- Bloques de entradas de directorio: struct entrada entradas[BLOCKSIZE/sizeof(struct entrada)]

En este ejemplo BLOCKSIZE=256, sizeof(struct entrada)= 64, así que tenemos 4 entradas de directorio por bloque.

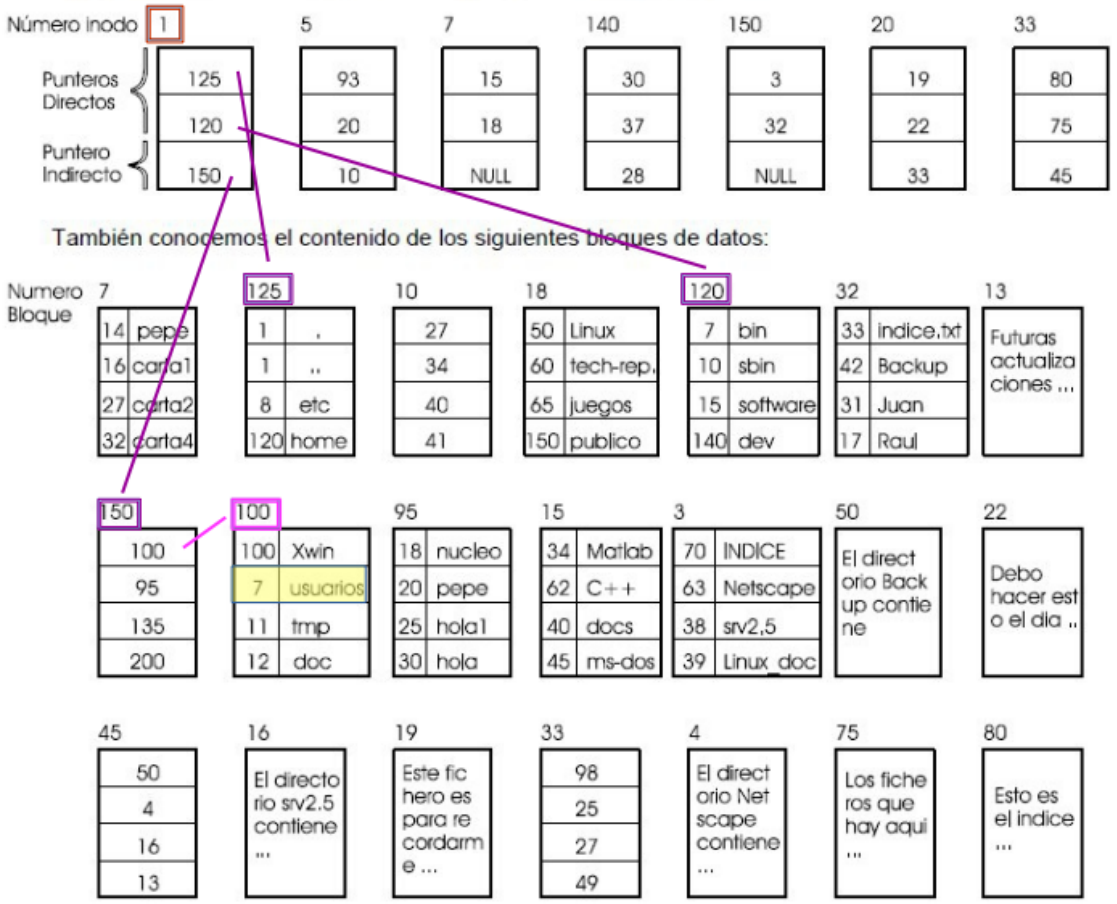
Teniendo en cuenta que todos los bloques han de tener el mismo tamaño, los bloques de punteros deberían contener 256/4 = 64 elementos, pero por simplicidad del ejemplo, para hacer el seguimiento gráfico de cómo se buscan las entradas, se han considerado bloques de 4 punteros.

El struct inodo se compone, también por simplicidad, de 2 punteros directos y 1 indirecto. En este ejemplo, el inodo raíz está ubicado en la posición 1 del array de inodos (SB.posInodoRaiz = 1).



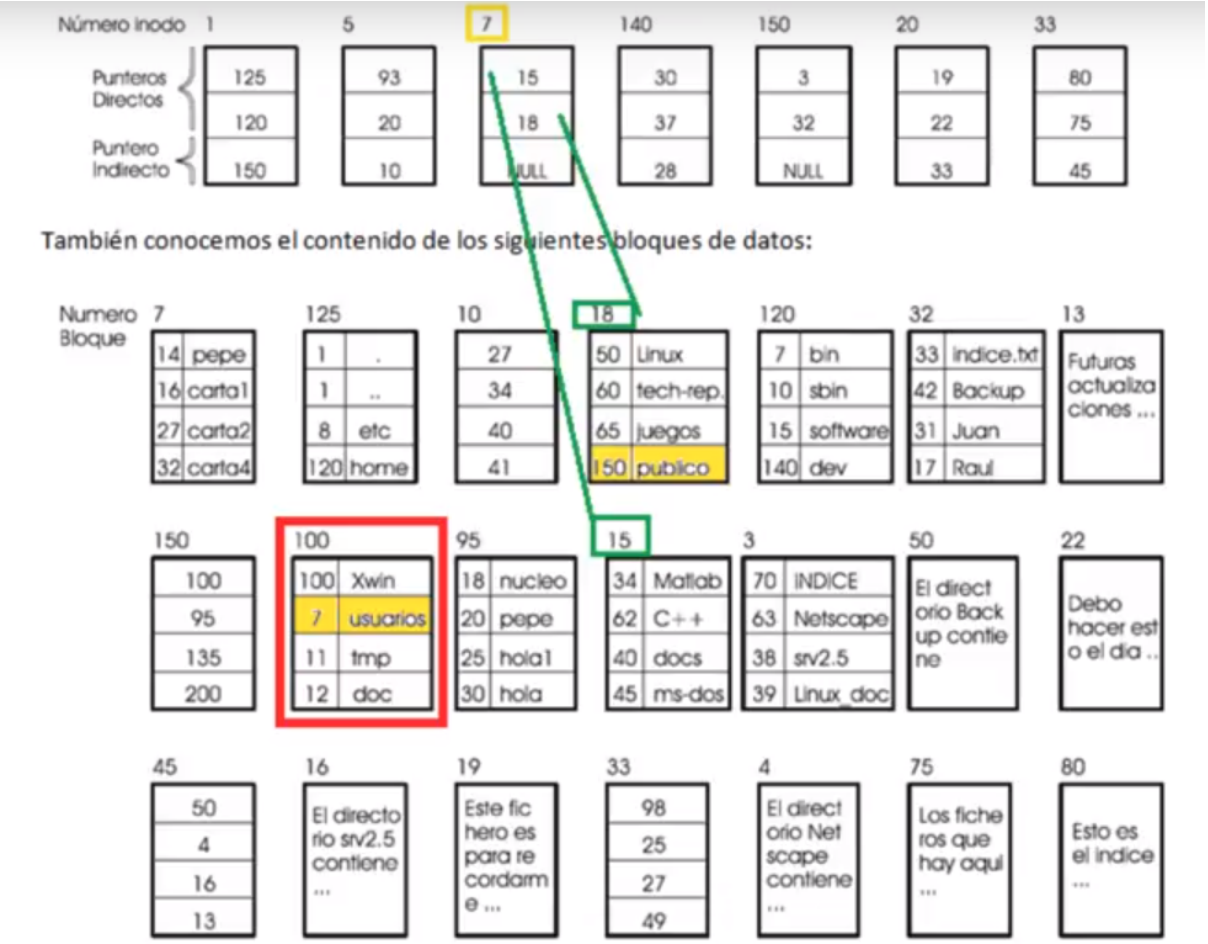
- 1ra llamada recursiva a buscar_entrada():
  - Valores de entrada:
    - *camino_parcial = "/usuarios/publico/indice.txt"
    - *p_inodo_dir = 1 (nº de inodo del directorio raíz "/" en este ejemplo)
  - Tras llamar a extraer_camino():
    - *inicial = ”usuarios”
    - *final = “/publico/indice.txt”
  - Objetivo:
    - obtener el nº de inodo (*p_inodo) asociado al nombre "usuarios" dentro del directorio "/": 7
    - y el nº de entrada correspondiente (*p_entrada)[3]: 9

[3] Empezamos a contar por la 0



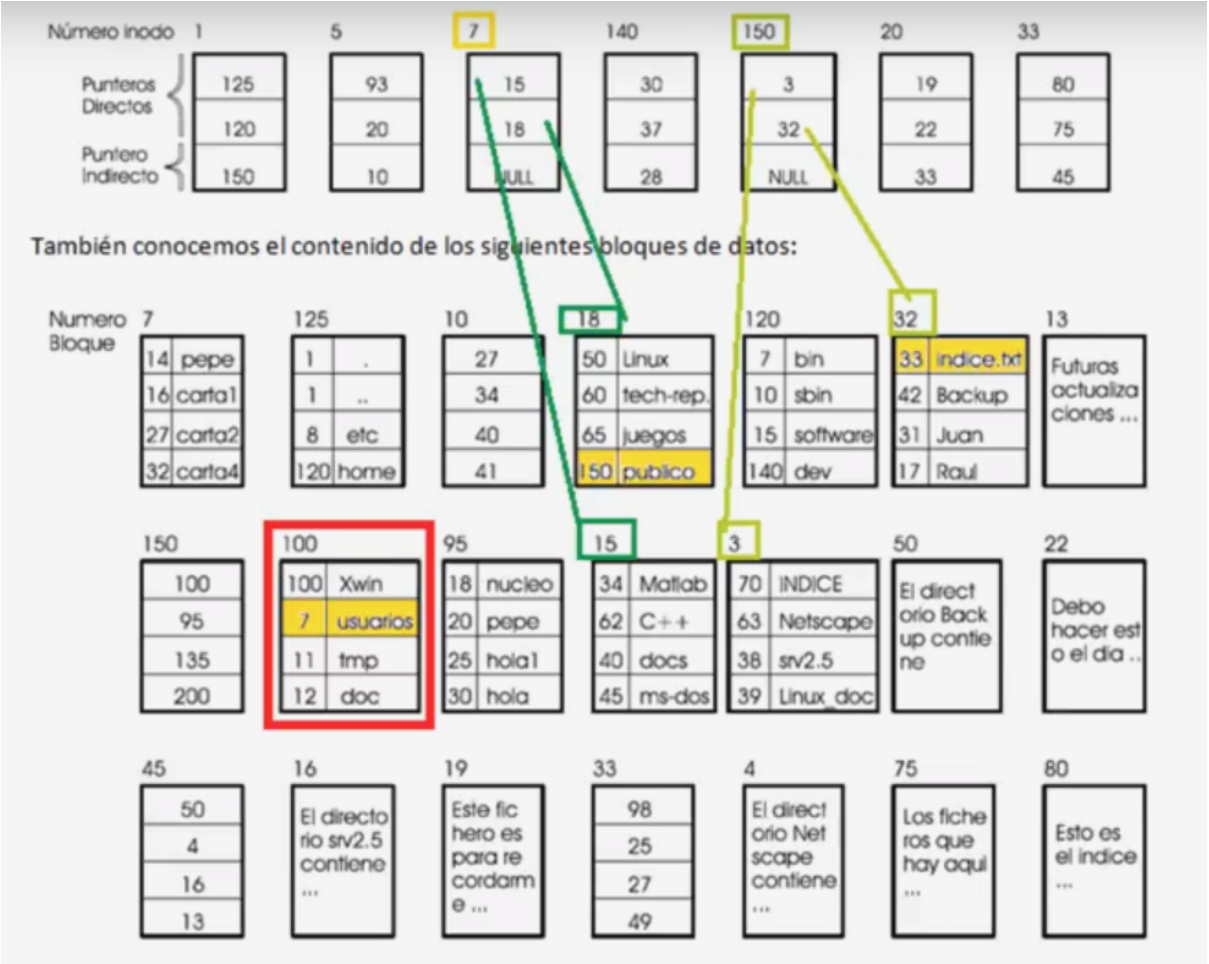
- 2ª llamada recursiva a buscar_entrada():
  - Valores de entrada:
    - *camino_parcial = "/publico/indice.txt" (lo que era el valor de *final en la anterior llamada)
    - *p_inodo_dir = 7 (número de inodo de "/usuarios/", lo que era el valor de *p_inodo en la anterior llamada)
  - Tras llamar a extraer_camino():
    - *inicial = ”publico”
    - *final = “/indice.txt”
  - Objetivo:
    - obtener el nº de inodo (*p_inodo) asociado al nombre "publico" dentro del directorio "usuarios": 150
    - y el nº de entrada correspondiente (*p_entrada)[4]: 7

[4] Empezamos a contar por la 0



- 3ª llamada recursiva a buscar_entrada():
  - Valores de entrada::
    - *camino_parcial = "/indice.txt" (lo que era el valor de *final en la anterior llamada)
    - *p_inodo_dir = 150 (número de inodo de "publico" dentro del directorio "usuarios", lo que era el valor de *p_inodo en la anterior llamada)
  - Tras llamar a extraer_camino():
    - *inicial = "indice.txt"
    - *final = ""
  - Objetivo:
    - obtener el nº de inodo (*p_inodo) asociado al nombre "indice.txt" dentro del directorio "publico": 33
    - y el nº de entrada correspondiente (*p_entrada)[5]: 4

[5] Empezamos a contar por la 0



La misma función nos puede servir tanto para sólo **consultar** si reservar=0 (llamadas desde de mi_unlink(), mi_dir(), mi_chmod(), mi_stat(), mi_read() y mi_write() de la capa de directorios) como para consultar y **crear una entrada de directorio** si reservar=1, cuando ésta no exista (llamadas desde mi_creat() y mi_link() de la capa de directorios).

El modo sólo es relevante en caso de crear (es ignorado en caso contrario).
Se puede acceder a las entradas de directorio con llamadas a mi_read_f()[6]; la función strcmp() nos puede ser útil para saber si hemos dado con la que buscamos.
En caso de crear, hay que basarse, principalmente, en las funciones reservar_inodo() y mi_write_f().
En caso de que *camino_parcial = "/" (directorio raíz) la función devolverá: *p_inodo= SB.posInodoRaiz; *p_entrada=0.

Hay que controlar, como mínimo, los siguientes **errores (codificados diferenciadamente)**:

[6] Lo adecuado sería acceder al dispositivo para cargar un bloque de entradas en un buffer **sólo cuando sea necesario**, es decir no volver a leer del dispositivo si aún tenemos entradas por explorar en un buffer

- que la llamada a extraer_camino() dé error.
- que el directorio al que apunta p_inodo_dir no tenga **permisos de lectura** cuando hacemos la llamada en **modo lectura.**
- que el directorio al que apunta p_inodo_dir no tenga **permisos de escritura** cuando hacemos la llamada en **modo escritura.**
- que el directorio o fichero **no exista** cuando hacemos la llamada en **modo lectura.**
- que el directorio o fichero **ya exista** cuando hacemos la llamada en **modo escritura (nosotros consideraremos que los directorios intermedios han de existir!!!).** [7]
- que se permita crear ficheros/directorios dentro de un fichero.

Ejemplo de algoritmo **recursivo**:

```
funcion buscar_entrada (camino_parcial: ^cadena, p_inodo_dir: ^ent,  p_inodo: ^ent,  p_entrada:
^ent, reservar: bool, permisos: car) devolver ent
  var
     entrada: estructura entrada
     inodo_dir: estructura inodo
     inicial[sizeof(entrada.nombre)]: car
     final[strlen(camino_parcial)]: car
     tipo: car
     cant_entradas_inodo, num_entrada_inodo: int
  fvar

  si (es el directorio raíz) entonces  //camino_parcial es "/"
      *p_inodo:=SB.posInodoRaiz  //nuestra raiz siempre estará asociada al inodo 0
      *p_entrada:=0
      devolver 0
  fsi

  extraer_camino (camino_parcial, inicial, final, &tipo)
  si (error al extraer camino) entonces devolver ERROR_CAMINO_INCORRECTO  fsi

  //buscamos la entrada cuyo nombre se encuentra en inicial
  leer_inodo( *p_inodo_dir, &inodo_dir)
  si (inodo_dir no tiene permisos de lectura) entonces
      devolver ERROR_PERMISO_LECTURA
  fsi

  inicializar el buffer de lectura con 0s
 //el buffer de lectura puede ser un struct tipo entrada
 //o mejor un array de las entradas que caben en un bloque, para optimizar la lectura en RAM
```

[7] El comando de Linux **mkdir** tiene una opción bastante útil que permite crear un árbol de directorios completo que no existe, mediante la opción *-p*:
$ mkdir -p /home/ejercicios/prueba/uno/dos/tres

```
calcular cant_entradas_inodo  //cantidad de entradas que contiene el inodo
 num_entrada_inodo := 0  //nº de entrada inicial
 si (cant_entradas_inodo > 0) entonces
    leer entrada[8]
    mientras ((num_entrada_inodo < cant_entradas_inodo) y (inicial ≠ entrada.nombre)) hacer
       num_entrada_inodo++
       leer siguiente entrada   //previamente volver a inicializar el buffer de lectura con 0s
    fmientras
 fsi

 si ((inicial ≠ entrada.nombre) y (num_entrada_inodo = cant_entradas_inodo)) entonces
//la entrada no existe
    seleccionar(reservar)
       caso 0:  //modo consulta. Como no existe retornamos error
          devolver ERROR_NO_EXISTE_ENTRADA_CONSULTA
       caso 1:  //modo escritura
           //Creamos la entrada en el directorio referenciado por *p_inodo_dir
          //si es fichero no permitir escritura
          si (inodo_dir.tipo = 'f') entonces
             devolver ERROR_NO_SE_PUEDE_CREAR_ENTRADA_EN_UN_FICHERO
          fsi
         //si es directorio comprobar que tiene permiso de escritura
          si (inodo_dir no tiene permisos de escritura) entonces
             devolver ERROR_PERMISO_ESCRITURA
          si_no
             copiar *inicial en el nombre de la entrada
             si (tipo = 'd') entonces
                si (final es igual a "/") entonces
                   reservar un inodo como directorio y asignarlo a la entrada
                si_no //cuelgan más diretorios o ficheros
                   devolver ERROR_NO_EXISTE_DIRECTORIO_INTERMEDIO
             fsi
             si_no //es un fichero
                reservar un inodo como fichero y asignarlo a la entrada
             fsi
             escribir la entrada en el directorio padre
             si (error de escritura) entonces
                si (se había reservado un inodo para la entrada) entonces  //entrada.inodo != -1
                   liberar el inodo
                fsi
                devolver FALLO //-1
             fsi
          fsi
    fseleccionar
 fsi
```

[8] Una mejora es utilizar mi_read_f() para leer un buffer de entradas (de tamaño BLOCKSIZE) y explorar éstas en memoria (en vez de leer 1 sola entrada cada vez), y así no tener que acceder al dispositivo para cada una de ellas.

```
  si (hemos llegado al final del camino) entonces
     si ((num_entrada_inodo < cant_entradas_inodo) && (reservar=1)) entonces
     //modo escritura y la entrada ya existe
        devolver ERROR_ENTRADA_YA_EXISTENTE
     fsi
     // cortamos la recursividad
     asignar a *p_inodo el numero de inodo del directorio o fichero creado o leido
     asignar a *p_entrada el número de su entrada dentro del último directorio que lo contiene
     devolver EXITO //0
  si_no
     asignamos a *p_inodo_dir el puntero al inodo que se indica en la entrada encontrada;
     devolver buscar_entrada (final, p_inodo_dir, p_inodo, p_entrada, reservar, permisos)
  fsi
  devolver EXITO //0
ffuncion
```

Se recomienda utilizar #define para asociar un número negativo a cada símbolo de error y realizar una función auxiliar para imprimir los mensajes de los diferentes errores, pasándole el número correspondiente:

```
void mostrar_error_buscar_entrada(int error);
```

Ejemplo de asociación de símbolos en **directorios.h**:

```
#define ERROR_CAMINO_INCORRECTO -2
#define ERROR_PERMISO_LECTURA -3
#define ERROR_NO_EXISTE_ENTRADA_CONSULTA -4
#define ERROR_NO_EXISTE_DIRECTORIO_INTERMEDIO -5
#define ERROR_PERMISO_ESCRITURA -6
#define ERROR_ENTRADA_YA_EXISTENTE -7
#define ERROR_NO_SE_PUEDE_CREAR_ENTRADA_EN_UN_FICHERO -8
```

Ejemplo de función para mostrar los errores de buscar_entrada(), en **directorios.c:**

```
void mostrar_error_buscar_entrada(int error) {
  // fprintf(stderr, "Error: %d\n", error);
  switch (error) {
  case -2: fprintf(stderr, "Error: Camino incorrecto.\n"); break;
  case -3: fprintf(stderr, "Error: Permiso denegado de lectura.\n"); break;
  case -4: fprintf(stderr, "Error: No existe el archivo o el directorio.\n"); break;
  case -5: fprintf(stderr, "Error: No existe algún directorio intermedio.\n"); break;
  case -6: fprintf(stderr, "Error: Permiso denegado de escritura.\n"); break;
  case -7: fprintf(stderr, "Error: El archivo ya existe.\n"); break;
  case -8: fprintf(stderr, "Error: No es un directorio.\n"); break;
  }
}
```

Tests de prueba

Podéis adaptar **leer_sf.c** añadiendo el código siguiente para hacer algunas pruebas de creación de ficheros y directorios con buscar_entrada() y detectar algunos errores[9]:

```
#include "directorios.h"

void mostrar_buscar_entrada(char *camino, char reservar){
  unsigned int p_inodo_dir = 0;
  unsigned int p_inodo = 0;
  unsigned int p_entrada = 0;
  int error;
  printf("\ncamino: %s, reservar: %d\n", camino, reservar);
  if ((error = buscar_entrada(camino, &p_inodo_dir, &p_inodo, &p_entrada, reservar, 6)) < 0) {
    mostrar_error_buscar_entrada(error);
  }
  printf("********************************************************************\n");
  return;
}

int main(int argc, char **argv){
...
  //Mostrar creación directorios y errores
  mostrar_buscar_entrada("pruebas/", 1); //ERROR_CAMINO_INCORRECTO
  mostrar_buscar_entrada("/pruebas/", 0); //ERROR_NO_EXISTE_ENTRADA_CONSULTA
  mostrar_buscar_entrada("/pruebas/docs/", 1); //ERROR_NO_EXISTE_DIRECTORIO_INTERMEDIO
  mostrar_buscar_entrada("/pruebas/", 1); // creamos /pruebas/
  mostrar_buscar_entrada("/pruebas/docs/", 1); //creamos /pruebas/docs/
  mostrar_buscar_entrada("/pruebas/docs/doc1", 1); //creamos /pruebas/docs/doc1
  mostrar_buscar_entrada("/pruebas/docs/doc1/doc11", 1);
  //ERROR_NO_SE_PUEDE_CREAR_ENTRADA_EN_UN_FICHERO
  mostrar_buscar_entrada("/pruebas/", 1); //ERROR_ENTRADA_YA_EXISTENTE
  mostrar_buscar_entrada("/pruebas/docs/doc1", 0); //consultamos /pruebas/docs/doc1
  mostrar_buscar_entrada("/pruebas/docs/doc1", 1); //creamos /pruebas/docs/doc1
  mostrar_buscar_entrada("/pruebas/casos/", 1); //creamos /pruebas/casos/
  mostrar_buscar_entrada("/pruebas/docs/doc2", 1); //creamos /pruebas/docs/doc2
...
}
```

Resultado de la ejecución[10]:

```
$ ./mi_mkfs disco 100000
$ ./leer_sf disco

DATOS DEL SUPERBLOQUE
```

[9] Los errores relacionados con permisos los testearemos en el siguiente nivel
[10] Aquí ya se pueden ocultar los fprintf() de traducir_bloque_inodo()

```
posPrimerBloqueMB = 1
posUltimoBloqueMB = 13
posPrimerBloqueAI = 14
posUltimoBloqueAI = 3138
posPrimerBloqueDatos = 3139
posUltimoBloqueDatos = 99999
posInodoRaiz = 0
posPrimerInodoLibre = 1
cantBloquesLibres = 96861
cantInodosLibres = 24999
totBloques = 100000
totInodos = 25000

camino: pruebas/, reservar: 1
Error: Camino incorrecto.
**********************************************************************
camino: /pruebas/, reservar: 0
[buscar_entrada()→ inicial: pruebas, final: /, reservar: 0]
Error: No existe el archivo o el directorio.
**********************************************************************
camino: /pruebas/docs/, reservar: 1
[buscar_entrada()→ inicial: pruebas, final: /docs/, reservar: 1]
Error: No existe algún directorio intermedio.
**********************************************************************
camino: /pruebas/, reservar: 1
[buscar_entrada()→ inicial: pruebas, final: /, reservar: 1]
[buscar_entrada()→ reservado inodo 1 tipo d con permisos 6 para pruebas]
[buscar_entrada()→ creada entrada: pruebas, 1]
**********************************************************************
camino: /pruebas/docs/, reservar: 1
[buscar_entrada()→ inicial: pruebas, final: /docs/, reservar: 1]
[buscar_entrada()→ inicial: docs, final: /, reservar: 1]
[buscar_entrada()→ reservado inodo 2 tipo d con permisos 6 para docs]
[buscar_entrada()→ creada entrada: docs, 2]
**********************************************************************
camino: /pruebas/docs/doc1, reservar: 1
[buscar_entrada()→ inicial: pruebas, final: /docs/doc1, reservar: 1]
[buscar_entrada()→ inicial: docs, final: /doc1, reservar: 1]
[buscar_entrada()→ inicial: doc1, final: , reservar: 1]
[buscar_entrada()→ reservado inodo 3 tipo f con permisos 6 para doc1]
[buscar_entrada()→ creada entrada: doc1, 3]
**********************************************************************
camino: /pruebas/docs/doc1/doc11, reservar: 1
[buscar_entrada()→ inicial: pruebas, final: /docs/doc1/doc11, reservar: 1]
[buscar_entrada()→ inicial: docs, final: /doc1/doc11, reservar: 1]
```

```
[buscar_entrada()→ inicial: doc1, final: /doc11, reservar: 1]
[buscar_entrada()→ inicial: doc11, final: , reservar: 1]
Error: No es un directorio.
********************************************************************
camino: /pruebas/, reservar: 1
[buscar_entrada()→ inicial: pruebas, final: /, reservar: 1]
Error: El archivo ya existe.
********************************************************************
camino: /pruebas/docs/doc1, reservar: 0
[buscar_entrada()→ inicial: pruebas, final: /docs/doc1, reservar: 0]
[buscar_entrada()→ inicial: docs, final: /doc1, reservar: 0]
[buscar_entrada()→ inicial: doc1, final: , reservar: 0]
********************************************************************
camino: /pruebas/docs/doc1, reservar: 1
[buscar_entrada()→ inicial: pruebas, final: /docs/doc1, reservar: 1]
[buscar_entrada()→ inicial: docs, final: /doc1, reservar: 1]
[buscar_entrada()→ inicial: doc1, final: , reservar: 1]
Error: El archivo ya existe.
********************************************************************
camino: /pruebas/casos/, reservar: 1
[buscar_entrada()→ inicial: pruebas, final: /casos/, reservar: 1]
[buscar_entrada()→ inicial: casos, final: /, reservar: 1]
[buscar_entrada()→ reservado inodo 4 tipo d con permisos 6 para casos]
[buscar_entrada()→ creada entrada: casos, 4]
********************************************************************
camino: /pruebas/docs/doc2, reservar: 1
[buscar_entrada()→ inicial: pruebas, final: /docs/doc2, reservar: 1]
[buscar_entrada()→ inicial: docs, final: /doc2, reservar: 1]
[buscar_entrada()→ inicial: doc2, final: , reservar: 1]
[buscar_entrada()→ reservado inodo 5 tipo f con permisos 6 para doc2]
[buscar_entrada()→ creada entrada: doc2, 5]
********************************************************************
```