



Università  
di Catania

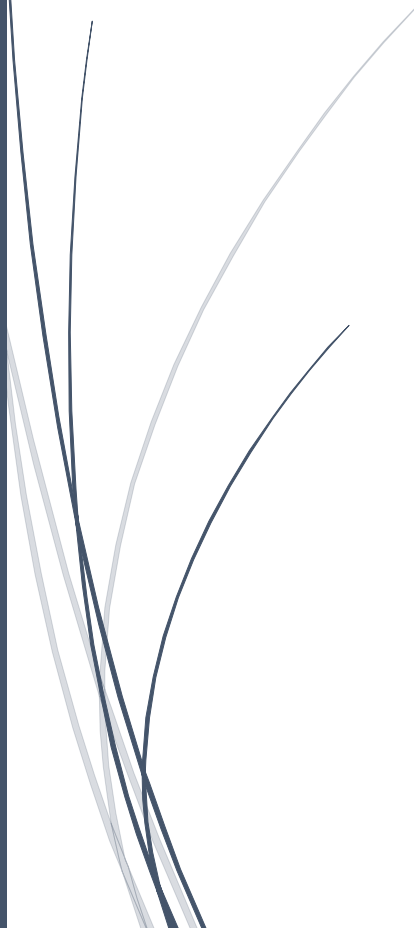
# Balistica Forense

Progetto Digital Forensics 2022/2023

Marco Lo Bello

Matricola: 1000016159

Email: [marcolobello.sir@gmail.com](mailto:marcolobello.sir@gmail.com)



## Indice

<b>Introduzione</b>	<b>2</b>
<b>La balistica forense</b>	<b>2</b>
<b>Le armi da fuoco</b>	<b>2</b>
Rivoltella	3
Pistola semiautomatica	5
Munizioni	6
<b>Comparazione balistica</b>	<b>7</b>
Esami comparativi	8
Metodologia balistica comparativa	9
Microscopio comparatore	10
IBIS	11
IBIS TRAX 3D-HD	12
VR immersiva	13
Ambiente di lavoro	14
<b>Conclusioni</b>	<b>15</b>
<b>Riferimenti</b>	<b>16</b>

## Introduzione

In questo documento verranno spiegate le tecniche d'indagine relative alla balistica forense, soffermandosi soprattutto sulla comparazione balistica.

Nella prima parte del documento saranno spiegati i concetti basilari delle armi da fuoco e delle munizioni.

Nella seconda parte verrà spiegata la tecnica della comparazione balistica, per comprendere le analisi che le forze dell'ordine effettuano e gli strumenti che utilizzano.

## La balistica forense

La balistica forense è una branca delle scienze forensi che comprende le indagini rivolte alla ricostruzione degli accadimenti relativi ad un crimine in cui sia stato fatto uso di un'arma da fuoco.

## Le armi da fuoco

Per armi si intendono quelle da sparo e tutte le altre la cui destinazione naturale è l'offesa alla persona, nonché tutti gli strumenti atti a offendere, dei quali dalla legge è vietato il porto in modo assoluto, ovvero senza giustificato motivo (art. 585 c.p.).

Esistono diversi tipi di armi da fuoco:

- Rivoltella (revolver);
- Pistola semiautomatica;
- Pistola automatica (pistola mitragliatrice);
- Fucile e carabina a ripetizione ordinaria ;
- Fucile semiautomatico;
- Fucile mitragliatore.

Le prime due tipologie saranno quelle prese in esame per spiegarne il funzionamento essendo i tipi di arma più comuni.

## Rivoltella

È un tipo di arma corta, è caratterizzata da un serbatoio a tamburo dove vengono contenute le cartucce.



Figura 1: revolver

La rivoltella ha due modalità di utilizzo:

- Singola azione;
- Doppia azione.

**Singola azione:** in questo caso la rotazione del tamburo e il relativo caricamento sono attivati dall'inarcamento (arretramento) manuale del cane. Tale azione meccanica, consente il perfetto allineamento di ciascuna camera di cartuccia del tamburo con la canna. Nel momento in cui viene premuto il grilletto, il cane scatta in avanti, il percussore colpisce ed attiva l'innesco della cartuccia consentendo l'esplosione del colpo.



Figura 2: revolver da armare



Figura 3: revolver armata

**Doppia azione:** in questo caso, l'arretramento del cane viene comandata direttamente dalla pressione esercitata dal dito sul grilletto.

Nel momento in cui viene premuto il grilletto, il sistema meccanico provvede in contemporanea a tre distinte fasi:

- Inarcamento del cane;
- Contemporanea semi rotazione del tamburo e allineamento camera tamburo-canna;
- Scatto con esplosione del colpo.

Successive pressioni sul grilletto consentono le successive prosecuzioni del ciclo di sparo fino ad esaurimento delle cariche contenute nel tamburo.

Per caricare le munizioni nell'arma bisogna aprire il tamburo e inserire i proiettili all'interno, successivamente chiudere il tamburo. Bisogna evidenziare che i bossoli dei proiettili rimangono all'interno del tamburo, vanno quindi rimossi manualmente aprendo il tamburo e facendoli cadere.



Figura 4: ricarica revolver

## Pistola semiautomatica

La pistola semiautomatica è un'arma scarrellante ed utilizza l'energia erogata dai gas della cartuccia esplosa per il ciclo di caricamento e di espulsione dei bossoli spenti. Essa è predisposta ad esplodere un colpo alla volta fino ad esaurimento di quelli contenuti nel caricatore.



Figura 5: pistola semiautomatica

La prima cartuccia contenuta nel caricatore è incamerata manualmente, tirando indietro e rilasciando il carrello. Dopo lo sparo, il bossolo esplosa viene automaticamente estratto ed espulso e l'arma viene ricaricata, pronta a fare nuovamente fuoco solo a condizione di premere nuovamente il grilletto. Come per i revolver le pistole semiautomatiche possono essere usate ad azione singola o doppia azione.



Figura 6: pistola armata



Figura 7: espulsione bossolo



Figura 8: proiettile successivo in canna

## Munizioni

Esistono diversi tipi di munizioni, ma i componenti e il funzionamento sono gli stessi. In generale un proiettile è composto da:

- Proiettile;
- Bossolo;
- Polvere da sparo;
- Innesco.

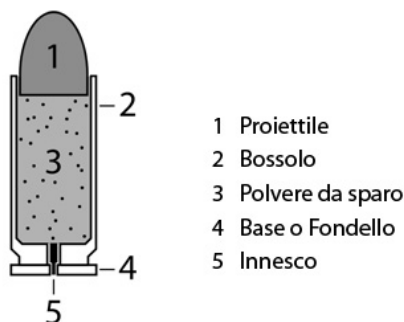


Figura 9: cartuccia generica

Il proiettile è l'oggetto che viene espulso dalla canna, viene spinto dalla combustione della polvere da sparo, che a sua volta viene fatta deflagrare dall'esplosione iniziale di una piccola quantità di esplosivo sensibile all'urto, contenuta nell'innesco.

Il bossolo ha la funzione di conservare uniti gli altri elementi, custodirli dagli agenti esterni e sigillare la camera di scoppio, in modo tale che i gas di sparo non sfuggano posteriormente, ma siano tutti sfruttati per spingere il proiettile.

L'innesco è la parte più importante per il funzionamento della cartuccia. Si tratta di un componente che trasforma un urto meccanico (la percussione) in una reazione chimica di combustione, che accende la carica di lancio vera e propria.

La sostanza innescante è collocata all'interno dell'orlo, a diretto contatto della polvere. Il percussore colpisce l'estremità del fondello, schiacciando la carica di fulminato tra le due pareti del fondello e provocandone, così, la detonazione.

## Comparazione balistica

Uno dei compiti più comuni che svolge il balistico forense è quello di identificare l'arma o le armi impiegate in un crimine. L'identificazione delle armi è un settore della **tool-mark analysis**, si effettua tramite l'analisi delle impronte lasciate dall'arma. Un'arma da fuoco è assimilabile a un insieme di utensili (tools) che residuano impronte (toolmarks) sulle varie parti di bossoli e proiettili.

Quando un'arma da fuoco esplode un colpo, effettua dei movimenti meccanici in conseguenza dei quali l'arma lascia delle "impronte" univoche sul bossolo, quali principalmente:

- Impronta dell'unghia estraettrice nel collarino del bossolo;
- Impronta dell'espulsore sul fondello del bossolo;
- Impronta del percussore sulla capsula di innesco.

A queste impronte se ne possono aggiungere altre che si formano prima dello sparo, quali le impronte lasciate dalle labbra del caricatore e dall'otturatore nella spinta di avanzamento della cartuccia ma anche susseguenti lo sparo, principalmente quelle lasciate dall'estratte e dall'espulsore.

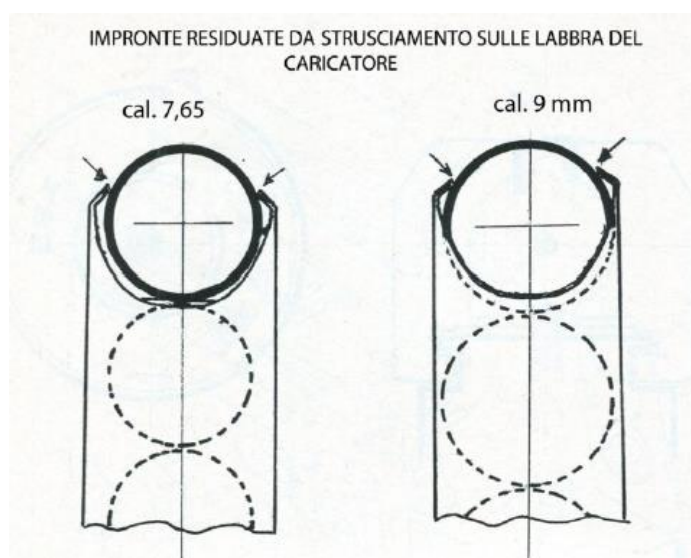


Figura 10: impronte labbra caricatore

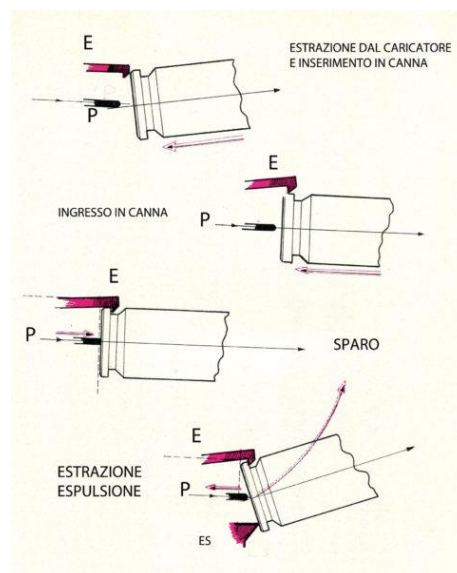


Figura 11: impronte estrattore



## Esami comparativi

Negli esami comparativi è necessario verificare che le impronte con le loro caratteristiche morfologiche tipiche di un'arma si riproducano sistematicamente per dimensioni e posizione sui bossoli stessi.

Quando si effettua un'analisi comparativa si ricava un'**identità di classe** per arrivare poi alla vera e propria **identità balistica**.

Per **identità di classe** si intendono delle impronte che vengono generate sempre da un particolare modello di pistola, questo vuol dire che, se per esempio prendiamo in esame un determinato modello di pistola, ci accorgeremo che tutti i bossoli che provengono da quel modello avranno delle impronte negli stessi punti. Le impronte generiche vanno analizzate nel dettaglio per risalire all'arma che ha sparato e fornire l'**identità balistica**.

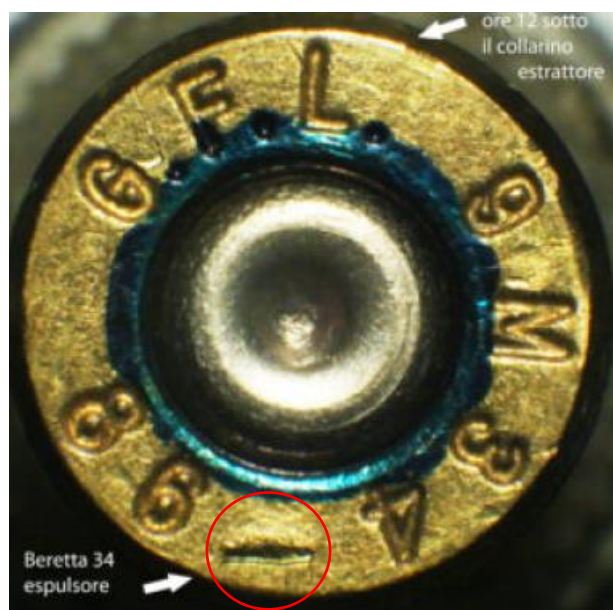


Figura 12: esempio impronta

Nell'immagine si vede un segno dovuto all'espulsore della **Beretta 34**, se noi prendessimo un altro bossolo dovuto allo sparo di un'altra Beretta 34, noteremo che molto probabilmente troveremo lo stesso segno. Questo è l'identità di classe, ovvero tutte le Beretta 34 lasciano quel segno, analizzandolo nel dettaglio però, potremmo risalire a quale Beretta 34 appartenga l'impronta, questo perché il segno non è uguale in tutte le pistole.

## Metodologia balistica comparativa

Gli esperti balistici forensi per determinare se il proiettile/bossolo appartiene alla pistola in esame, devono prima cosa procurarsi dei campioni da confrontare con il campione sospetto.

Il balistico forense quindi, porta l'arma sospetta in un laboratorio balistico dove vengono sparati dei colpi in un serbatoio d'acqua. Successivamente vengono recuperati i bossoli che verranno confrontati con ritrovato sulla scena del crimine.



Figura 13: serbatoio d'acqua

I campioni in esame vengono confrontati tramite l'utilizzo di un microscopio comparatore.

## Microscopio comparatore

È lo strumento che permette di comparare le impronte sui reperti balistici. Consiste essenzialmente di due microscopi con identici obiettivi collegati da un ponte ottico contenente una combinazione di prismi che convogliano le immagini ad un unico oculare. È così possibile osservare due oggetti separati nel medesimo campo e compararli visivamente. Gli oggetti appaiono in campo visivo circolare diviso al centro da una linea sottile verticale. È spesso possibile far coincidere, le due immagini in modo da renderla un'immagine unica.



Figura 14: microscopio moderno



Figura 15: comparazione unificata

L'esperto balistico durante la fase di comparazione deve prestare attenzione a due aspetti in particolare, la taratura e l'illuminazione.

### **Taratura**

Tutti i microscopi-comparatore beneficiano della regolazione e compensazione della lunghezza focale su ciascun lato ove sono montati gli obbiettivi di percezione anche se questi ultimi sono già tarati ed allineati dalla casa costruttrice.

È da tener presente che due macro-obbiettivi, difficilmente presentano una identica millesimale lunghezza focale.

Ad esempio, un obbiettivo macro da 50 mm montato su uno dei lati dello strumento, potrebbe in realtà avere una lunghezza focale di 49,99. Se a tale obbiettivo abbiniamo sul lato opposto un'altra macro 50 mm che, a esempio ha una focale di 50,01 avremo due immagini non tarate.

La comparazione balistica forense si basa sul cercare macro segni nei bossoli/proiettili è ovvio quindi che una errata taratura potrebbe portare ad una conclusione errata. Inoltre, tale procedura potrebbe anche essere richiesta da parte di eventuali Consulenti di parte, in via preliminare, all'inizio delle operazioni peritali che riguardino comparazioni balistiche, proprio a tutela delle operazioni da svolgersi.

## **Illuminazione**

Di grandissima importanza nel campo delle comparazioni in generale ma soprattutto in quelle balistiche è l'illuminazione necessariamente equivalente e bilanciata sui due oggetti da esaminare.

Riferendoci soprattutto alla luce diretta utilizzata fino a poco tempo fa è d'obbligo la medesima incidenza e la medesima intensità dei fasci di luce, i quali attraversano un diaframma e una lente condensatrice.

Differenze nell'intensità luminosa tra un illuminatore posto a destra e l'altro posto a sinistra o viceversa possono esaltare in modo differente e, addirittura cancellare e/o attutire microstorie e impronte presenti sui reperti balistici.

## **IBIS**

Negli ultimi anni il settore della comparazione balistica ha effettuato numerosi passi avanti anche dal punto di vista della banca dati di settore denominata IBIS - Integrated Ballistics Identification System e in uso alla Polizia di Stato e all'Arma dei Carabinieri dall'anno 2001.

La funzionalità base di questo strumento informatico è quella di automatizzare la comparazione balistica, confrontando in modo sistematico e oggettivo le immagini dei reperti di interesse con quelle memorizzate nel sistema, attività impossibile da realizzare manualmente.

Il sistema si compone di una unità ottica che acquisisce le immagini digitali dei segni microscopici che si trovano su proiettili e bossoli sparati, per poi compararle con quelle presenti nel data base. In risposta vengono evidenziati i potenziali match che possono collegare due o più casi tra loro. Una eventuale correlazione positiva fornita dalla banca dati IBIS deve essere sempre confermata da un successivo confronto diretto al microscopio comparatore del reperto originale.

## IBIS TRAX 3D-HD

Recentemente, la Polizia Scientifica ha acquisito il nuovo sistema IBIS TRAX 3D-HD in grado di archiviare ed elaborare immagini tridimensionali di bossoli e proiettili, un'innovazione tecnologica che ha consentito, da un canto, di ridurre notevolmente la percentuale di falsi negativi, dall'altro, di "separare" il posizionamento, l'illuminazione e la messa a fuoco del bossolo o del proiettile da quelle che sono le modalità di inserimento dei dati da parte dell'operatore.

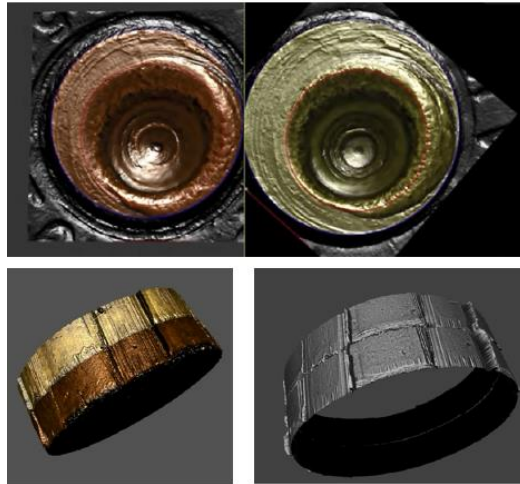


Figura 16: immagine di un reperto dell'IBIS

## VR immersiva

Una tecnica ancora più recente ed evoluta per effettuare la comparazione balistica è quella dell'utilizzo di sistemi basati sulla realtà virtuale.

Il NIST Ballistics Toolmark Research Database (NBTRD) è uno dei set di dati più utilizzati nel confronto balistico forense. Il set di dati contiene due diversi tipi di dati:

- Dati bidimensionali costituiti da immagini 2D in formato PNG;
- Dati tridimensionali salvati in cloud in formato .X3P.

I dati sono stati acquisiti tramite il laser scanner BalScan, che ne consente l'acquisizione in alta risoluzione. Lo scanner in questione presenta le seguenti caratteristiche:

- fotocamera digitale monocromatica di fascia alta;
- Obiettivo telecentrico di fascia alta sviluppato appositamente per i dispositivi BalScan;
- Una precisa messa a fuoco laser;
- Illuminatore a LED circolare segmentato;
- Risoluzione di 3 $\mu$ m/px.

Lavorare con i reperti scannerizzati offre diversi vantaggi, come:

- Evitare di rovinare il reperto originale dato che lavoriamo in una sua copia fedele;
- Eliminare problemi che potrebbero presentarsi come quello visto prima riguardo l'illuminazione, perché i dati 3D non sono sensibili alla luce.
- Confrontare più reperti contemporaneamente, utilizzando il microscopio si possono confrontare solo due bossoli alla volta;
- Dare la possibilità di avere più persone che lavorano sullo stesso reperto contemporaneamente.

## Ambiente di lavoro

L'obiettivo è quello di simulare al meglio un vero laboratorio di balistica forense. Di fatto all'interno dell'ambiente di lavoro vi sono strumenti come:

- Tavolo da lavoro: è una superficie che simula la reale scrivania, serve dunque come area d'appoggio per i vari oggetti, tra cui la rappresentazione 3D del bossolo;
- Un pannello di controllo contenente un set configurabile di pulsanti, manopole e icone;
- Display visivi. Un pannello contenente una serie di schermate, che possono trovarsi ovunque nello spazio virtuale.



Figura 17: ambiente di lavoro virtuale

All'interno dell'ambiente si possono effettuare diverse operazioni al fine di semplificare il lavoro ma soprattutto fare in modo di essere veramente all'interno del laboratorio. Alcune azioni possibili sono:

- Fissare l'oggetto: per consentire agli utenti di camminare intorno al bossolo e ottenere una panoramica più chiara, cioè proprio come si farebbe nel mondo reale.
- Visualizzazione ingrandita: gli oggetti osservati possono essere ingranditi e quindi osservati in maggiore dettaglio.
- Visione 3D migliorata: la visualizzazione 3D stereoscopica artificiale può essere specificatamente impostata per aumentare la comprensione della profondità e la consapevolezza spaziale;
- Visione interna: Gli utenti possono vedere il bossolo dall'interno;
- Esame simultaneo. L'esplorazione e il confronto possono includere anche più oggetti visti allo stesso tempo.



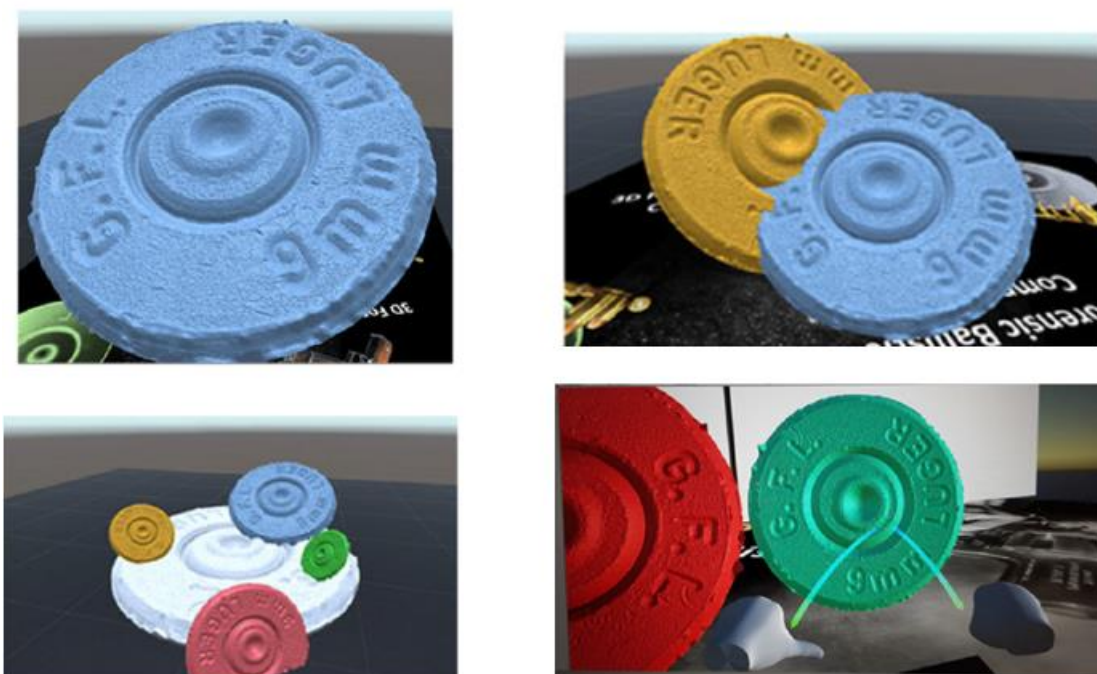


Figura 18: operazioni di lavoro

## Conclusioni

In questo documento si è trattato l'argomento della balistica forense, è stato spiegato il funzionamento delle armi da fuoco, in particolare dei revolver e delle pistole semi automatiche.

Inoltre, è stata spiegata una delle tecniche più comuni della balistica forense, ovvero, la tecnica della comparazione balistica, realizzabile per via delle impronte che la stessa arma da fuoco lascia sui reperti (proiettili/bossoli). Ci siamo soffermati anche sulle principali impronte che si formano come quella dell'espulsore o del percussore e abbiamo visto la differenza tra l'identità di classe e l'identità balistica.

In fine sono stati spiegati i vari strumenti che le forze dell'ordine utilizzano per effettuare tali comparazioni, dai più comuni come il microscopio comparatore, strumento principale che permette di confrontare i reperti, soffermandoci sull'attenzione che deve mettere l'esperto in fase di analisi per evitare errori sulla taratura o illuminazione, fino ai sistemi più moderni quali IBIS, banca dati che supporta le forze dell'ordine nell'effettuare dei match con reperti già analizzati in passato o strumenti più evoluti come la realtà virtuale che offrono innumerevoli vantaggi nel confrontare i reperti.



## Riferimenti

Balistica forense: <https://www.balisticaforense.it/>

Investigazione Scientifiche Forensi: <https://www.isf-italia.it/>

Istituto di Scienze Forensi: <https://youtu.be/IVGKPHfQoA4>

Università degli studi di lecce:

<https://www.scienzemedicolegali.it/documenti/corso/ricapito/balistica-forense.html>

Sicurezza e giustizia: <https://www.sicurezzaegiustizia.com/>

iCtLab: <https://iplab.dmi.unict.it/mfs/Forensic-Firearms-Ballistics-VR/>