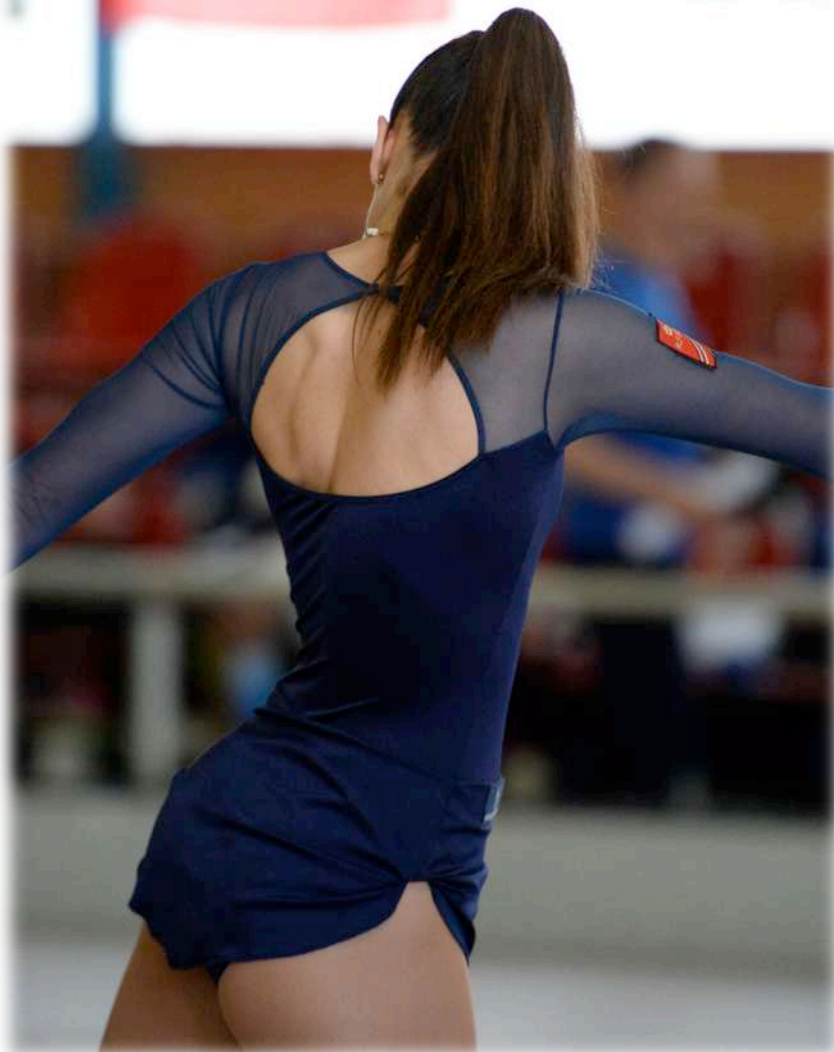


TREBALL DE RECERCA

---

# El patinatge.

## *Patinar en 3D*



Alumne: Paula Martí Fructuoso

Tutor: Rafel Juanola

Curs: 2n batx. A

## AGRAÏMENTS:

Vull agrair la col·laboració a totes aquelles persones que m'han ajudat i han fet possible aquest treball de recerca. Principalment al meu tutor, en Rafel Juanola, per totes les idees i solucions tant creatives i útils que m'ha donat.

També, agrair a la meva germana Carla i a la Sònia per l'ajuda en les gravacions dels elements artístics, per la paciència! A en Carlos per proporcionar-me una gran estructura, que m'ha estat de gran ajuda, i a la meva mare, per donar-me informació en la gran part tècnica del patinatge.

Finalment, acabo fent referència a aquelles persones que m'han estat recolzant en tot moment, des de família i amics, a professors.

**ÍNDEX:****PART TEÒRICA:**

|  |    |
|--|----|
| 1.- Introducció:.....                                      | 5  |
| 2.- El patinatge sobre rodes .....                         | 7  |
| 2.1.- Història .....                                       | 7  |
| 2.2.- El patinatge artístic.....                           | 8  |
| 2.2.2.- Modalitats del patinatge artístic sobre rodes..... | 26 |
| 2.3.- Relació antropomètrica dels patinadors/es.....       | 29 |
| 3.- Física:.....   | 30 |
| 3.1.- Lleis de conservació:.....                           | 30 |
| 3.2.- Moment angular.....                                  | 33 |
| 3.2.2.- Moment angular d'un punt material.....             | 33 |
| 3.2.3.- Moment angular d'un sòlid rígid.....               | 34 |
| 3.2.4.- Velocitat angular.....                             | 35 |
| 3.2.5.- Moment d'inèrcia .....                             | 35 |

**PART PRÀCTICA:**

|  |    |
|--|----|
| 4.- Demostració de la conservació del moment angular .....   | 40 |
| 4.1.- Procediment gravació 3D:.....  | 40 |
| 4.2.- Animació 3D .....  | 45 |
| 4.3. Resultats .....   | 47 |
| 5.- Aplicació pràctica de la física- aplicació de la conservació del moment angular en elements del patinatge..... | 50 |
| 5.1.- Aplicació en un doble flip.....  | 50 |
| 5.1.1.- Animació 3D.....   | 52 |
| 5.1.2.- Resultats - gràfiques.....   | 52 |
| 5.1.3.- Resultats – gràfiques demostració de la conservació de l'energia.....                                      | 55 |
| 5.2.- Aplicació en una pirueta complexa .....  | 57 |
| 5.2.1.- Animació 3D.....   | 58 |

|  |    |
|--|----|
| 5.2.2.- Resultats – gràfiques demostració de la conservació del moment angular ..... | 59 |
| 5.2.3.- Resultats – gràfiques de la conservació de l'energia.....                    | 60 |
| 6.- <i>Conclusions</i> .....   | 62 |
| 7.- <i>Bibliografia / Webgrafia</i> .....  | 65 |
| 8.- <i>Annexos</i> .....   | 70 |

## 1.- INTRODUCCIÓ:

És difícil triar un bon tema o el millor tema per a cada persona, per això, jo principalment em vaig centrar en pensar-ne un que m'agradi, ja que em portaria força temps, i en intentar realitzar una part pràctica diferent, amb un punt més de llibertat però a dins de les meves limitacions. Així va sorgir la idea de les gravacions en elements tècnics del patinatge. Volia fer alguna cosa que requerís la meva participació, un treball amb un toc personal. El nom del treball ha estat triat per la simple raó de que tot el treball està inspirat en l'esport del patinatge, encara que també ens endinsem en una part física, la qual es pot veure totalment allunyada però en realitat no ho està tant.

És difícil triar un bon tema o el millor tema per a cada persona, per això, jo principalment em vaig centrar en pensar-ne un que m'agradi, ja que em portaria força temps, i en intentar realitzar una part pràctica diferent, amb un punt més de llibertat però a dins de les meves limitacions. Així va sorgir la idea de les gravacions en elements tècnics del patinatge. Volia fer alguna cosa que requerís la meva participació, un treball amb un toc personal. El nom del treball ha estat triat per la simple raó de que tot el treball està inspirat en l'esport del patinatge, encara que també ens endinsem en una part física, la qual es pot veure totalment allunyada però en realitat no ho està tant.

Els motius els quals m'han portat a decidir-me a fer el treball relacionat amb el patinatge, primerament, és que el patinatge artístic és un esport que m'encanta, el qual practico habitualment, i m'agradaria fer un gran treball sobre ell. El segon motiu, és que tothom sap que la física té una aplicació pràctica en la vida quotidiana, però, "té aquesta una aplicació en la part més artística? En l'esport?"

Per això, em pregunto i aquest són els meus objectius:

1.- Quina és la física que hi ha dins el patinatge i analitzar les lleis físiques que estan presents en la pràctica d'aquest esport. Tot això centrant-me en el patinatge artístic sobre rodes, molt més desconegut que el patinatge artístic sobre gel, bàsicament això era l'hipòtesis de fa uns anys, i m'he preguntat si encara ho és.

2.- Analitzar si tots els patinadors tenen una antropometria similar, ja que segons l'estudi antropomètric, hi ha hàbits quotidians (esport, salut, alimentació...) que fan desenvolupar unes característiques comunes, i aquest seria un cas.

3.- Aconseguir gravar elements artístics del patinatge en 3D, per així, tenir una millor visió per entendre'ls.

La meva part teòrica es basa en explicar el patinatge, des de en què consisteix a els propis elements d'aquest i les seves modalitats, i incloc una petita part sobre l'antropometria, sobre els diversos elements els quals es diferencia cada persona i les similituds que obtenen els que practiquen aquest esport. També, menciono les lleis i teories que tenen referència en l'esport. Posteriorment, segueix de la part pràctica, en la qual es basa en fer anàlisis d'alguns salts i piruetes, en primer lloc demostro que una llei es compleix, i llavors, l'aplico en diversos elements del patinatge, en els quals averiguo que s'hi troben moltes més lleis.

Amb tot això, aconsegueixo respondre les meves preguntes i dubtes, i finalitzo el treball amb una conclusió on s'explica el que extret de tota la petita investigació.

# PART TEÒRICA:

## 2.- EL PATINATGE SOBRE RODES

El patinatge sobre rodes consisteix en desplaçar-se sobre qualsevol superfície, excepte del gel, mitjançant l'ús d'uns patins amb rodes, els quals n'hi ha de dos tipus: els tradicionals, anomenats quads, i els de línia. Pot ser, tant una forma d'entreteniment, com un esport, on hi ha diverses modalitats, o com una forma de transport.

### 2.1.- HISTÒRIA

L'holandès Hoans Brinker, al 1733, va intentar construir uns patins formats per unes rodes metàl·liques amb una llanda metàl·lica amb l'ajuda d'un sabater, però a causa de masses imperfeccions ho van deixar córrer. Després, es van dissenyar uns patins de línia, també amb rodes de metall a l'any 1760 per John-Joseph Merlin, però eren uns patins molt rudimentaris sense mobilitat, amb els quals només podies anar en línia recta.

Més tard, Jean Garcin va construir unes rodes de fusta i va crear una Escola de Patinatge, que es va tancar ràpidament per nombrosos accidents. Per això va motivar als britànics a que els patins s'afegís un mecanisme de frenat a la part davantera.

Al 1863, Jones Leonard Plimpton va construir uns patins de quatre rodes amb disposició de dos en dos a Nova York i tres anys més tard es va obrir la primera pista a Newport.

A partir d'aquí, s'expandeix per tot Europa. Davant d'aquest creixement, van començar a néixer clubs i competicions, i es van anar formant modalitats.

Al principi només hi havia tres esports de patinatge: velocitat, artístic i hoquei. Al llarg del temps van anar sorgint nous esports com el hoquei sobre patins en línia que va néixer de la idea de seguir practicant l'hoquei sobre gel a l'estiu (a falta de gel en aquesta època de l'any),...

Per una bona organització del patinatge es va fundar al 1924 la Federation International du Patinage a Roulotte (FIPR), amb el que es va fer una difusió per tot el món. L'any 1946, neix la Federació Espanyola d'Hoquei i Patinatge, on van debutar a competicions internacionals. Més tard, al 2003, obté el títol de Real i passa a denominar-se la Real Federació Espanyola de Patinatge (RFIP).



*Imatge 1- primers patins*

Fins aleshores, s'ha anat millorant i evolucionant; els patins i les tècniques de cada modalitat.

## 2.2.- EL PATINATGE ARTÍSTIC

El patinatge sobre rodes en referència a l'esport, hi ha varies modalitats, en les que cadascuna té les seves pròpies característiques, que són el hoquei patins, el hoquei línia, el patinatge velocitat, el freestyle, el roller derby, l'eslàlom en línia, el descens en línia i l'últim, el qual és amb el que em centraré, el patinatge artístic.

És l'únic de tots aquests on es combina la tècnica, és a dir, la força, l'elasticitat, el control del cos, la precisió, la velocitat, la seguretat, la qualitat i la varietat de les dificultats, o també, anomenat el mèrit tècnic amb la part més artística, que comprèn l'art, la bellesa de la música, el vestuari, la dansa o ball, i la originalitat del programa o coreografia.

El patinatge artístic és un esport reconegut a nivell mundial, però no olímpicament.

Es practica en pistes de diferents materials, sigui parquet, asfalt, ciment, etc.

L'equipament per realitzar aquest esport es basa en malla, mitges, fundes, el cabell recollit i els patins. Aquest últim, el més rellevant, n'existeixen dos variants. Hi ha els patins de línia i els patins tradicionals, anomenats squads. Són molts semblants en general, a part d'alguna excepció. Els dos estan formats per una bota, normalment de cuir o algun material similar i una plantilla de ferro o alumini, formada per dos carros en els quals s'hi adjunta el fre i les rodes, aquestes estan formades pels coixinets, separadors, volanderes, cargols i la pròpia roda de plàstic. A més, estan especificades amb la duresa, el diàmetre i la secció. Les diferències dels dos tipus de patins es regeixen en que els patins de línia consten de tres a quatre rodes, situades en línia recta al llarg de la plantilla, i els squads tenen quatre rodes col·locades per parelles en els eixos.

Els patins, segons cada modalitat, desenvolupen algunes característiques pròpies que faciliten la tècnica relativa de cada modalitat, així doncs, per exemple els patins de FFOO no tenen fre i porten els carros de la plantilla molt fluixos, aptes per marcar amb molta precisió els fils (exterior, interior).



L'habilitat de cada patinador es determina segons el seu nivell. El màxim és està en competició i per arribar-hi cal passar unes quantes proves que són: Preliminar, Promoció Iniciació C, prova B, prova A i Certificat d'Aptitud. En les proves s'ha de realitzar un ball on s'ha d'executar una sèrie d'elements que poden ser figures, salts o piruetes conjuntament amb una coreografia i una música. En canvi, en les competicions s'han de realitzar dos balls. Un és el programa curt, on s'han d'executar 6 elements obligatoris interpretats amb una coreografia i a un temps limitat. I l'altre és el programa llarg, on els elements són opcionals, també hi ha una coreografia i amb un temps específic segons la categoria. Els campionats es classifiquen en provincial, català, espanyol, europeu i mundial, i per classificar-te cal quedar entre les millors en cada competició. Els encarregats de puntuar els balls són els jutges, els quals donen dos puntuacions: puntuació A, que observen la dificultat, i la puntuació B, l'estil.

Les categories es separen segons el sexe (masculí, femení) i són les següents: (anys relatius en el 2016)

Benjamí (fins a 2005), Aleví (2005-2006), Infantil (2003-3004), Cadet (2001-2002), Juvenil (1999-2000), Júnior (1997-1998) i Sènior (a partir del 1996).

Fins a la categoria infantil només està permès participar fins al campionat estatal. Les categories cadet i juvenil només fins al campionat europeu o a campionats internacionals excepte el del món, i les categories júnior i sènior poden participar a tots els campionats establerts..

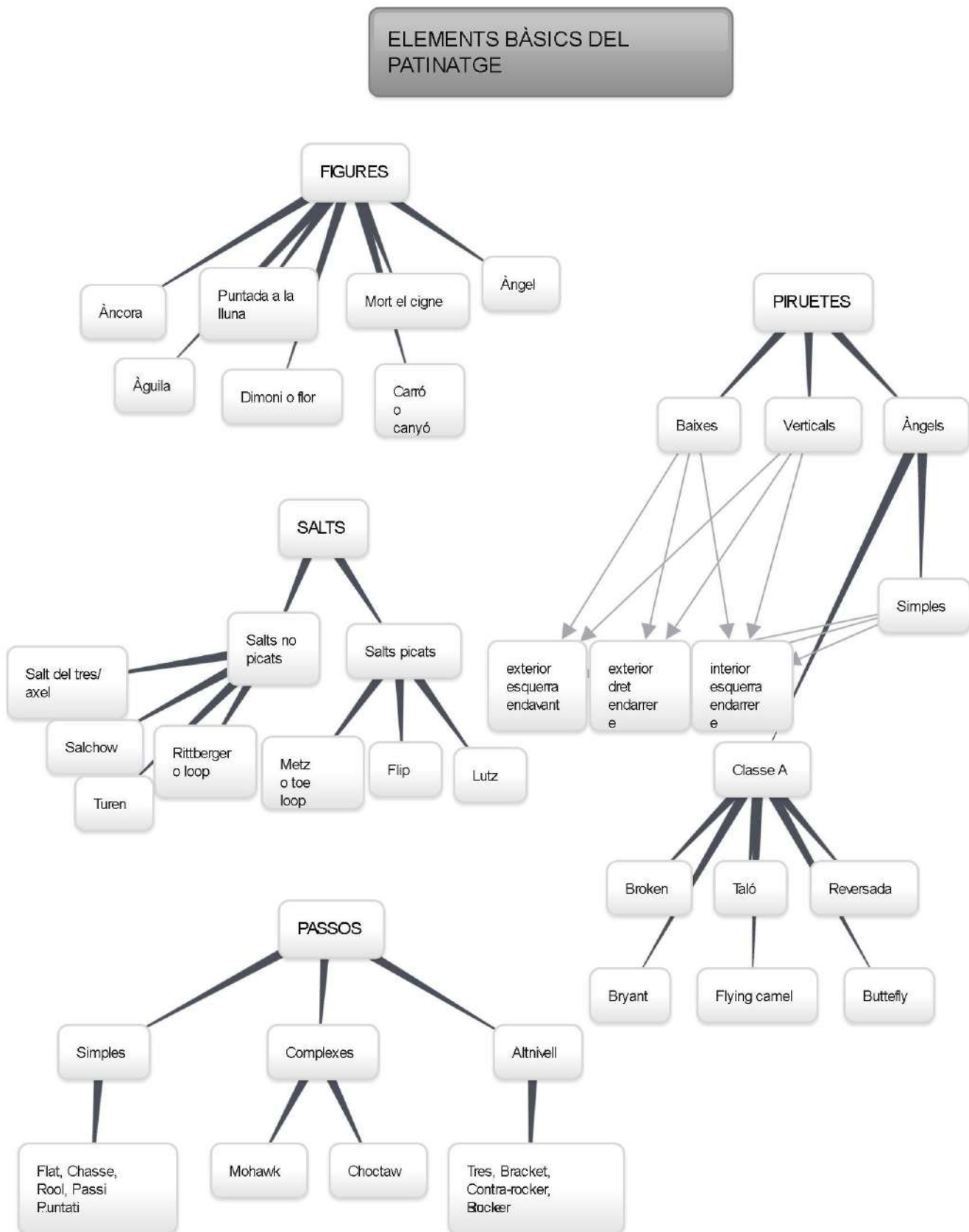


*Imatge 2- patí de la modalitat de lliure*



*Imatge 3- patí de FFOO, apte tan per escola com bucles*

2.2.1.- ELEMENTS BÀSICS DEL PATINATGE:



Imatge 4- mapa conceptual dels elements artístics

2.2.1.1.- Figures:

- Dimoni o flor: consisteix en patinar endavant mentre s'aixeca un peu.
- Carro o canó: consisteix en ajupir-se mentre es patina amb els dos peus a terra. També, pot ser amb un peu, on una cama s'aixeca paral·lelament al terra.
- Àngel: consisteix en aixecar una cama, paral·lelament al terra, mentre es patina amb l'altra peu. Pot ser endavant o endarrere, interior o exterior.
- Àncora: consisteix en passar una mà per darrere el cos agafant-se el peu i estirant-lo el més amunt possible mentre es patina endavant o endarrere.
- Puntada a la lluna: consisteix en patinar endavant mentre s'estira el peu dret a davant i es colpeja amb el fre contra el terra fent un saltet sense gir i caient amb la cama dreta a terra, o a l'inrevés respectivament.
- Mort del cigne: consisteix en passar una cama per darrere l'altre i ajupir-se quasi fins a tocar a terra. El cos ha d'estar totalment recte i paral·lel a terra.
- Àguila: consisteix en posar els dos peus consecutivament en una línia recta de manera oposada.

2.2.1.2.- Salts:

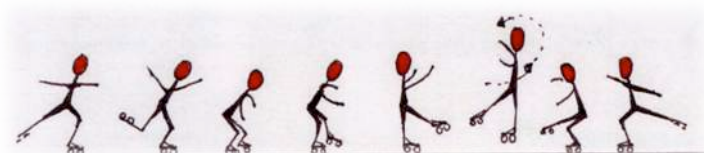
Un salt s'entén com el resultat del plegament (flexió) i l'estirament de les extremitats inferiors (força explosiva), seguit d'una fase de vol, amb l'arribada d'un o dos peus. Un salt pot ser sense rotació, amb mitja o total rotació. En el patinatge, es diferencien segons el peu, la direcció, el fil de l'inici i del final, el número de girs i el coeficient de dificultat.

Els salts es divideixen en dues categories: els salts picats i els salts no picats, és a dir, es defineixen com a "salts picats" quan l'enlairament es realitza directament des de la punta amb l'adició del fre, així que és decisiu per a l'execució del salt i es considera una de les característiques principals dels salts metz o toe loop, flip i lutz. I es defineixen com a "salts no picats" els que no utilitzen el fre per l'impuls, o l'utilització d'aquest no canvia les característiques específiques, i són el salchow i el rittberger o loop.

Tot salt passa per cinc fases. La primera és la preparació, on es fa un moviment juntament amb la trajectòria i el fil, abans de la càrrega del salt o de l'enlairament. La segona és la càrrega del salt, on hi ha el plegament o flexió de les extremitats inferiors, ha de ser ràpida i explosiva. La tercera fase és l'empenta i l'enlairament, que consisteix en que ràpidament s'estirin les extremitats que porten el pes i que anteriorment han fet la càrrega de la força, i

coordinant amb els braços i la cama lliure, s'impulsa cap amunt. La quarta fase és el vol, és la fase aèria, en la qual l'atleta assoleix progressivament una posició de tancament per ajudar a la rotació, que consisteix en els braços tancats a l'altura del tòrax, la cama esquerra creuada per davant de la dreta. Segons la dificultat que s'exigeixi, s'ha de realitzar aquest moviment més tancat o més obert, depenen de les voltes que es vulguin aconseguir. En tot salt, durant el vol, la corba descrita pel centre de gravetat del cos és una paràbola amb el cos vertical sempre perpendicular al terra. En els dretans, la rotació és antihorària, és a dir, va en direcció contrària de les agulles del rellotge, en els esquerrans és invers. I finalment hi ha l'última i quinta fase, l'arribada, és l'impacte de la cama dreta, excepte un salt anomenat turen que s'acaba amb l'esquerra, amb la pista (terra). I llavors es fa l'anomenada "sortida", dividida en dos moviments que són l'allargament horitzontal a davant de la cama lliura alhora amb els braços i seguidament s'obren els braços a l'altura de l'espatlla, separant-los per 180°, i la cama lliura s'allarga en direcció diagonal cap a darrera.

**-Salt del tres:** Es comença amb la cama esquerra, on es fa fil extern endavant, i la cama dreta lliura cap a darrera i una mica doblegada, quan arriba el moment del carregament, es flexiona la cama esquerra mentre la cama lliura passa cap a davant alhora que els braços baixen ajuntant-se i llavors s'estira i fa l'impuls la cama esquerra amb l'ajut dels braços i el genoll de la cama dreta que s'impulsen cap amunt. Es fa mitja volta de rotació, acabant amb la cama dreta. Normalment, es sol començar amb la cama dreta al terra, anant endarrere amb fil exterior, seguit d'un mohawk que s'intercanvia de cama, així quedant amb la posició inicial descrita.



*Imatge 5- realització tècnica del salt del tres*

**-Salchow:** Normalment es prepara amb la cama esquerra a terra, fent un fil pla i anant endarrere amb la cama lliure (dreta) tensada i baixa cap a darrera, els malucs mirant cap a davant, el braç esquerra a davant i el braç dret al cantó, en una posició semblant a la lletra

“L”. Encara que a vegades es pot començar anant endavant i realitzant un tres exterior per ajudar amb el ritme del salt.

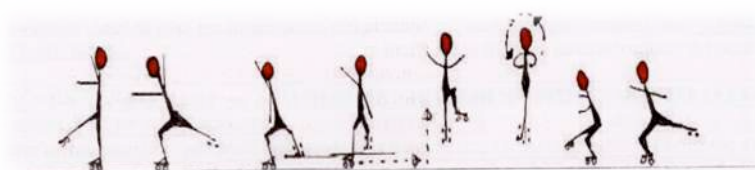
Llavors es porta a terme un allargament de la cama lliura cap a darrera elevant-la lleugerament i portant-la allargada cap al cantó, així simbolitzant una rodona, i mantenint el cos ben recta. Després, es fa la càrrega de la cama portant, és a dir, l'esquerra, amb una pressió/rotació d'un quart de volta, alhora que es plega la cama lliura i s'acosta cap a l'altra. I simultàniament, es flexiona la cama portadora mentre la cama lliura i els braços baixen per agafar impuls, es posa el fre i es duu a terme l'enlairament amb l'ajuda de les quatre extremitats. A continuació, hi ha el tancament dels braços i la rotació a l'aire, acabant amb la cama dreta al terra.



*Imatge 6- realització tècnica del salt del salchow*

**-Toe loop /metz:**Es prepara anant endarrere amb una trajectòria rectilínia sense cap pressió de fil, amb la cama dreta al terra estirada, la cama lliura esquerra a davant estirada i no creudada i els braços en posició de la lletra “L”, encara que també es pot començar a partir d'una puntada de fre seguit d'un bracket exterior endavant.

De la posició inicial, la cama lliure comença a passar de davant a darrera (ha de ser un moviment una mica semicircular) fins a allargar-se mentre comença el carregament de la cama portadora realitzant una flexió. Llavors, l'atleta lleugerament ha de girar el tronc/espatlla del costat dret una quarta part de volta, que posteriorment ajudarà a l'impuls, ja que successivament portarà el seu pes, inicialment situat a la cama dreta, en la cama esquerra a l'hora de posar el fre. Es duu a terme el carregament total i l'enlairament, es tanquen els braços i es fa la rotació del gir. L'arribada és amb la cama dreta al terra



*Imatge 7- realització tècnica del toe loop/metz*

**-Flip:** La preparació és la mateixa que el salchow: la posició de l'atleta és la cama esquerra al terra, la cama lliura dreta tensa i baixa cap a darrera, i els braços en forma de "L". Es procedeix a l'allargament de la cama dreta sense creuar-la (sempre en línia recta) i alçant-la fins a l'altura del genoll de la cama portant, llavors, es doblega lleugerament i es passa tot el pes, inicial a la cama esquerra, a la cama dreta a l'hora que es posa el fre. A continuació, el patí esquerra patina paral·lelament fins al patí dret mentre la cama portadora flexiona (carregament) i la cama lliura i els braços baixen per posteriorment agafar l'impuls necessari per fer l'enlairament. Es fa la rotació del salt i s'acaba amb la cama dreta al terra.



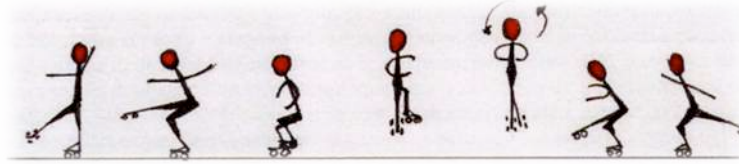
*Imatge 8- realització tècnica del flip*

**-Lutz:** Aquest salt és exactament el mateix que el flip excepte de la preparació inicial: l'atleta comença anant endarrere amb la cama esquerra al terra fent un fil exterior, la cama lliura i els braços iguals que el flip. Després, alhora de l'allargament de la cama lliura, s'ha de mantenir aquest fil exterior, així, marcant una semicircumferència, i continuant-lo fins al moment del canvi de pes posant el fre dret i l'acostament del patí esquerra paral·lelament fins a l'altre.

**-Rittberger:** La preparació consisteix amb la cama dreta al terra estirada, la cama lliura esquerra a davant tensa i baixa i els braços en forma de "L". Segueix el carregament, realitzant una flexió de la cama dreta mentre s'allarga lleugerament la cama esquerra i els braços ( moviment controlat). Després, es duu a terme l'acostament del patí esquerra al dret paral·lelament i l'enlairament posterior amb l'ajuda de totes les extremitats. Es fa la clausura dels braços i la rotació del gir, acabant amb la cama dreta al terra.

Quan es passa del salt simple, és a dir, per fer un doble o un triple, s'ajuda amb el ritme, que consisteix en fer un tres exterior enrere seguit d'un tres interior endavant a l'inici de la preparació.

I per fer el triple rittberger està permès l'utilització del fre dret a l'hora del carregament per donar l'impuls necessari per fer tres voltes a l'aire. Si s'utilitza en un doble rittberger, para de tenir el valor del doble més difícil i agafa el valor d'un doble flip.



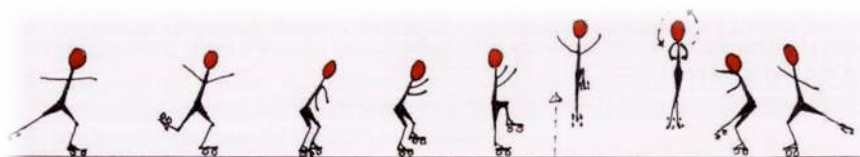
*Imatge 9- realització tècnica del loop/rittberger*

**-Turen:** És un salt pràcticament igual que el rittberger, amb l'única diferència que durant la fase del vol, l'atleta ha d'efectuar un canvi de peu, així després d'un gir de rotació, ha d'acabar amb la cama esquerra a terra, la cama dreta a darrera tensa i baixa i els braços en forma de "L".

Aquest salt només s'utilitza com a salt d'enllaç, per fer una combinació de salts.

No existeix cap doble ni triple en referència a aquest salt.

**-Axel:** Aquest salt és el mateix que el salt del tres, amb l'única diferència que durant la fase de vol s'ha de realitzar una rotació d'un gir i mig. Així doncs, quasi sempre en la preparació es comença anant enrere amb la cama dreta fent fil exterior i la cama esquerra a darrera tensa i baixa, s'acosta aquesta paral·lelament a la dreta i es fa un mohawk, realitzant un canvi de peu, quedant amb la posició inicial del salt del tres.



*Imatge 10- realització tècnica de l'axel*

En tots aquests salts la tècnica descrita és la mateixa ja sigui, per un salt simple, un doble, triple o quàdruple. Ja que la diferència es basa en l'altura i la velocitat de rotació a l'hora dels girs.

També existeix la combinació de salts, s'entén com a una successió de salts en cadena



els quals el peu i el fil de l'arribada d'un, coincideix amb el peu i el fil de la sortida del successiu. L'execució d'una bona combinació té com a fonament el ritme i la coordinació del moviment entre un salt i l'altre

### 2.2.1.3.- Piruetes:

Una pirueta s'entén com a la rotació del cos en un o en dos patins entorn a l'eix longitudinal.

Poden ser: Verticals o altes, quan l'eix longitudinal del cos correspon a l'eix de rotació, la cama portadora està estirada, el cos en una posició recta ( la nuca i la curvatura dorsal en línia) i els braços cap a fora.

També poden ser baixes, i es diuen així quan la cama portadora es doblega i la pelvis està a l'altura del genoll d'aquesta, el cos està lleugerament cap a davant amb la contracció de la musculatura dorsal i abdominal, i els braços generalment són cap a davant paral·lelament i a l'altura de l'espatlla.

I per acabar, poden ser àngel. S'anomena així quan el cos està lleugerament corbat cap a davant, amb la contracció de la musculatura dorsal, abdominal amb els glutis en tensió, la cama lliure està paral·lela al terra i formant una sola línia amb el cos, la cama portadora està estirada i la posició dels braços és lliura, sempre que estigui estèticament correcta.

La pirueta es forma a partir de quatre fases fonamentals: Primerament, hi ha la preparació, que és molt diferents segons el tipus de pirueta: en les altes només es tracta de patinar endavant o endarrere acabant amb un fil exterior o interior. En canvi, en les baixes i les àngel, s'ha de patinar i realitzar una successió de tresos que permetran transformar la velocitat horitzontal en velocitat angular. A continuació hi ha la segona fase, anomenada el punt de parada o el moment on es centra la pirueta, que consisteix en flexionar mentre s'augmenta la pressió del fil del peu portador, creant així un punt de parada que coincideixi amb l'anul·lament de la velocitat horitzontal i que es transformi en velocitat angular, després o s'inverteix la direcció de la marxa per fer una pirueta enrere interior o exterior o s'augmenta la pressió del fil per fer una pirueta endavant interior o exterior. Les piruetes precedents de la seqüència de tresos, han de centrar la pirueta sense recolzar el patí lliure a terra. En aquest punt de parada les piruetes verticals pot ser de  $\frac{3}{4}$  a un gir, mentre que a



les piruetes d'àngel pot ser d'un gir a un gir i mig. I aquesta fase només es permet la utilització del fre en piruetes excepcionals com la flying camel o la butterfly. Seguidament, hi ha la tercera fase, la rotació. En aquesta s'ha de mantenir una posició concreta segons cada tipus de pirueta, ja que és important aconseguir velocitat de rotació. Com a mínim, s'ha d'arribar a fer tres voltes de rotació. I finalment, l'última fase, la sortida. Aquesta, pot ser diversa segons la coreografia, però ha de ser fluida, per tant, abans que la quedi nul·la, s'ha de sortir amb el mateix peu o amb un canvi de peu, o excepcionalment amb el fre.

Una pirueta combinada, és l'execució d'una successió de dues o més piruetes, on es canvia el fil, el peu, es salta o es canvia de posició. Per a una bona execució s'ha de mostrar fluida i s'ha de mantenir la velocitat.

### PIRUETES VERTICALS o ALTES:

**-Piruetes esquerra interior enrere:** Inicialment ve preparada a partir de patinar endarrere i de cop fer un fil interior endarrera amb la cama dreta, amb els braços en contraposició, és a dir, el braç esquerra a davant ja que tenim la cama esquerra al darrera també. Posterior, es realitza un choctaw amb flexió de la cama esquerra i una pressió de la roda externa del patí esquerra en el terra. El patí esquerra fent pressió externa realitza una corba fins a trobar el punt de parada (aquí apareix el punt de parada on es centra la pirueta). Durant aquesta fase els braços fan una rotació d'un quart de volta, amb el cos ben recta. L'atleta al arribar aquest punt, comença a estirar la cama portadora, l'esquerra, els braços es mantenen sense moviment i s'alça la cama lliura i es fa un tres. La cama dreta s'allarga i es passa cap a davant en forma de rodona, i s'inicia la rotació, on el patinador ha de pressionar la roda davant interior. Durant la rotació, s'ha de mantenir el genoll de la cama dreta enlaire i els braços a davant una mica tancats. Per acabar la pirueta, es canvia de peu i es fa la sortida.



*Imatge 11- realització tècnica de la pirueta vertical interior (esq.endarrere.)*

**-Pirueteta drete exterior enrere:**Té una preparació que consisteix en fer un fil interior amb el peu esquerra i els braços en posició, seguit d'un canvi de peu, fent un fil interior amb el peu dret amb els braços en contraposició. (Quan es començar, es pot fer tocar la roda interna del peu esquerra al terra). I apareix el moment de centrar la pirueta, on la cama esquerra es tensa, els braços en posició per afavorir el tres, que posteriorment s'executa, així es canvia de fil, ja que passa d'endavant interior a enrere exterior. Al fer el tres, la cama esquerra queda tensada a davant, i es passa a la rotació de la pirueta. En aquest cas la pressió és a l'inici del lloc on es centra, a la roda darrera interior i finalitzat el tres, a la roda davant exterior.

**-Pirueteta esquerra exterior endavant:**Col·loquialment s'anomena "bucle". Es prepara patinant enrere i es fa un fil endarrere interior amb la cama drete i els braços en posició. Després, hi ha un choctaw amb una flexió de la cama esquerra i una pressió a sobre la roda exterior del patí esquerra en el terra. El patí esquerra pressiona un fil exterior darrerament una corba fins a trobar el punt de parada, que és el centrament. Durant aquesta fase els braços fan una rotació d'un quart de volta i el cos es manté recta. I posteriorment, s'estira la cama portadora, i comença la rotació, amb la cama drete lliura estirada cap a darrera, (lateral dret). Durant la rotació, el patinador ha de pressionar la roda de darrera exterior. I es finalitza la pirueta canviant de peu.



*Imatge 12- realització tècnica de la pirueta vertical exterior (esq.endavant)*

Aquests són les piruetes altes més importants, ja que la primera (interior enrere esquerra) està present en les proves B, i les dues altres (exterior endavant esquerra, i exterior enrere dret) surten a les proves A. I també hi ha una combinada de piruetes altes, que es mostra a la prova de Certificat d'Aptitud, on has de realitzar una pirueta combinada de dos piruetes altes, les quals poden ser entre aquestes tres.

**PIRUETES BAIXES:**

**-Pirueteta esquerra interior endarrere:**La preparació és la mateixa que la pirueta vertical esquerra interior endarrere. Després, a l'hora de centrar la pirueta, la cama lliura de darrera, s'allarga mentre es flexiona la cama portadora, i es va passant fins a davant ben estirada, així, fent una forma de semicircumferència. Queda més o menys a l'altura del genoll de la cama esquerra, i els braços a davant a l'altura de l'espatlla. En aquest moment, s'ha de començar a pressionar la roda interior del patí esquerra alhora que es comença a flexionar la cama, baixant tot el cos: la cama lliura estirada a davant a l'altura del maluc, el cos lleugerament posicionat cap a davant. Es produeix la rotació de la pirueta, i per finalitzar-la l'atleta ha de tornar a estirar la cama portadora (sense que la cama lliura toqui el terra per ajudar-la), i es canvia de peu per a la sortida.



*Imatge 13- realització tècnica de la pirueta baixa interior (esq.endarrere)*

**-Pirueteta dreta exterior endarrere:**La preparació és la mateixa que la pirueta vertical exterior enrere. Després, al moment de centrar la pirueta, es deixa la cama esquerra lliura quieta i tensada, i els braços quiets. A posterior, es flexiona la cama portadora fins a quedar la cama esquerra a l'altura del maluc, i es dona la rotació. Per fer centrar la priueta es comença a pressionar la roda darrera interior del patí dret, fent el tres i acabant la pressió amb la roda exterior davant. Per finalitzar, la cama dreta s'ha de tornar a estirar i es produeix la sortida, sense canvi de peu.



*Imatge 14- realització tècnica de la piaueta exterior (dret.endarrere)*

**-Pirueteta esquerra exterior endavant:**La preparació és la mateixa que la pirueta vertical exterior endavant. En el moment del punt de parada, s'ha de produir una flexió de la cama

portadora mentre es pressiona a la roda exterior de darrera del patí esquerra, la cama lliure dreta ha d'estar ben estirada i tensada en el lateral dret cap a darrera, i els braços en posició. Llavors, es flexiona totalment la cama esquerra i comença la rotació, on el cos es posiciona lleugerament cap a davant. Durant la rotació la posició de la cama lliure és amb la cama ben estirada. I es finalitza amb amb un canvi de peu.



*Imatge 15- realització tècnica de la pirueta baixa exterior (esq.endavant)*

## PIRUETES ÀNGEL:

**-Pirueta dreta exterior endarrere:** La preparació ve donada a partir de creuar enrere patinant i amb una seqüència de tresos per aconseguir amb més facilitat el canvi de velocitat horitzontal a angular. Aquesta successió ha d'anar creixent en la rapidesa i ha de mantenir una trajectòria rectilínia, i la posició és: la cama dreta portadora semi-flexionada amb els braços en posició o en contraposició, i la cama lliura esquerra oberta lateralment cap a darrera, ben tensada, i el cos en posició frontal lleugerament cap a davant. L'atleta abans d'afrontar l'últim tres, posiciona el cos paral·lel al terra alhora que els braços roten si prèviament estaven en contraposició i s'allarga la cama lliura cap a darrera. I s'arriba el centrament, on el cos ja està en línia amb la cama lliura, i la cama portadora es flexiona lleugerament mentre es pressiona la roda interior de darrera efectuant una circumferència completa o tres quarts parts d'ella. Successivament, s'estira la cama portadora i es realitza un tres de fil interior a davant a exterior enrere, on es pressiona la roda exterior de davant del patí dret i s'inicia la rotació. Per finalitzar la pirueta, l'atleta ha d'aixecar el cos recta mentre acaba fent poques voltes d'exterior enrere en posició vertical.



*Imatge 16- realització tècnica de la pirueta àngel exterior (dret.endarrere)*

**-Pirueteta esquerra exterior endavant:** La preparació és la mateixa en totes les piruetes àngel, és a dir, amb una seqüència de tresos in crescendo amb el peu esquerra, aquesta vegada amb el cos ja posicionat per la pirueta, paral·lel al terra, amb la cama dreta lliura allargada completament a darrera, i els braços poden tenir diverses posicions que varien entre contra-posició, posició, a davant en forma de "V"... I s'arriba en el punt on s'ha de centrar la pirueta, que allargant la cama lliura i amb una pressió major de la roda exterior endarrere, es semi-flexiona la cama portadora i realitza una circumferència d'una volta a tres quarts parts, i així, s'elimina la velocitat horitzontal i es passa a l'angular, i comença la rotació. La pressió és sempre a la roda darrera exterior (encara que per fer centrar la pirueta es pot pressionar temporalment a la roda del davant exterior per passar ràpidament a la roda del darrera exterior). Durant aquesta fase, les dues cames, tant la portadora com la lliura, han d'estar ben estirades, i els braços poden variar. Es finalitza aixecant el cos fent unes quantes voltes en posició vertical.



*Imatge 17- realització tècnica de la pirueta àngel exterior (esq.endavant)*

**-Pirueteta esquerra interior enrere:** Després de realitzar la mateixa preparació i el mateix punt de parada que la pirueta àngel exterior endavant amb el peu esquerra, en lloc de continuar amb el mateix fil exterior, es canvia de fil mitjançant un tres, així, pressionant la roda interior a davant del patí esquerra. Mentre es fa aquest canvi, la cama lliura ha d'estar estirant en tot moment, i els braços prèviament han de quedar en contra-posició si no ho estaven. Es finalitza de la mateixa forma que totes, aixecant el cos i aquesta amb un canvi de peu.

Aquesta pirueta no sol anar mai sola, és a dir, sol ser una pirueta de canvi. Casi sempre només apareix en una pirueta combinada entremig de la pirueta àngel esquerra exterior (simple o taló), i després o hi pot haver-hi qualsevol tipus de pirueta baixa, o pirueta àngel amb el peu dret enrere exterior ( simple, taló, reversada, Bryant o butterfly o flying camel).

Fins ara, aquestes piruetes eren simples, ara passem a les més complicades, anomenades com a classe A.

**-Broken:** Aquesta pirueta es realitza quan prèviament s'està fent la pirueta esquerra interior enrere, que en un moment, s'ha de doblegar el genoll cap a la part interna i es pressiona a la meitat del patí per poder fer la inclinació sobtada de passar de 3 rodes a només 2 rodes; quedant així el patí sobre dues rodes (roda interior endavant i roda interior endarrere). Mentre es fa aquest moviment tant els braços com la cama lliura han d'estar immòbils i allargant cap a fora. Després, hi ha la rotació i es finalitza tornant a posar el patí amb quatre rodes.



*Imatge 18- realització tècnica de la pirueta broken*

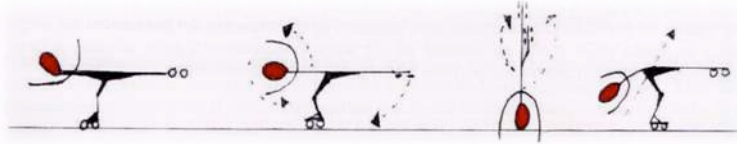
**-Taló:** Aquest tipus de classe A pot ser o àngel endavant exterior amb el peu esquerra, o àngel endarrere exterior amb el peu dret. Es produeix quan després de la preparació i el punt de parada (iguals que a les piruetes simples respectivament), s'ha d'aconseguir aixecar les dues rodes de davant i fer tota la rotació sobre les dos rodes del darrera. Per fer això hem d'augmentar la pressió, tant la cama lliura com els braços han d'estirar cap a fora en tot moment, i el cos paral·lel al terra ha d'obrir les espatlles tirant-les cap a darrera. Es finalitza baixant el taló, i fent la sortida respectiva de les piruetes simples.



*Imatge 19- realització tècnica de la pirueta taló*

Per la bona execució de les talons, es té en compte la velocitat horitzontal, la trajectòria rectilínia, la posició del cos durant la seqüència de tresos i la rotació de la pirueta, el creixement del ritme i velocitat abans de l'entrada (el moment de centrar la pirueta), que aquest punt sigui ràpid i la immediata rotació a sobre de les dues rodes.

**-Reversada:** Aquesta pirueta es realitza a partir de la pirueta àngel simple exterior enrere amb el peu dret. L'atleta ha de mantenir una posició perfecta en aquesta pirueta: el cos paral·lel al terra, i durant la rotació de la pirueta simple, s'ha d'efectuar un gir de 180° del cos, quedant en una posició simètrica però invertida. Per fer aquesta inversió, s'ha de semi-flexionar la cama portadora mentre es manté l'alineament i la tensió a davant de l'espatlla/braç dret i el cap. Posteriorment, es rota el cos amb la cama lliura ben estirada, mitjançant la pressió de la roda exterior endavant.



*Imatge 20- realització tècnica de la pirueta reversada*

**-Bryant:** S'anomena així, ja que Bryant és una atleta australiana que va fer per primera vegada aquesta variant de la reversada. Consisteix en agafar amb la mà dreta la roda externa o interna de darrera el patí esquerra mentre es fa la reversada tradicional. La fase de rotació de la pirueta és amb la cama lliura doblegada i el patí de la cama lliura paral·lel/veí del genoll de la cama portadora.



*Imatge 21- realització tècnica de la pirueta bryant*

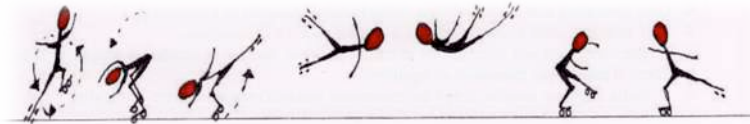
**-Flying camel:** És la mateixa preparació i centrament que la pirueta àngel exterior endavant, fins al punt de parada, on es transforma la velocitat horitzontal en velocitat angular, i aquí es produeix una flexió seguida d'una estiració de manera ràpida de la cama portadora amb l'utilització del fre. Així es realitza un salt de mitja rotació o menys, on es fa un canvi de cama i un canvi de mans, així, quedant amb la cama dreta com a portadora. L'arribada d'aquesta cama és mitjançant una petita flexió per l'impacte, i seguidament durant la rotació s'ha d'estirar les dues cames, i marcant una pressió exterior del patí dret.



*Imatge 22- realització tècnica de la pirueta flying camel*

**-Butterfly:** Es produeix a partir d'una posició amb el peu esquerra fent un fil interior endavant, l'atleta canvia el peu i efectua un fil dret endavant interior, successivament segueix d'un mohawk passant a interior enrere amb el peu esquerra. Llavors, ràpidament es recolza el fre del patí dret al terra creuant-lo en l'esquerra. Creat aquest punt de parada, es flexiona, preparant el carregament i mentre la cama dreta passa estirada per fora fins a recolzar el fre en el terra i es salta. Durant la fase de vol, el cos està en línia amb la cama i

paral·lel al terra mentre els braços estan estirats i oberts. En l'aterratge immediatament s'ha de pressionar el fil extern de la cama dreta i pot ser en posició vertical, baixa o en àngel.



Imatge 23- realització tècnica de la pirueta butterfly

Totes aquestes piruetes tenen una gran dificultat, i fer una pirueta combinada de diverses classes A, és el màxim.

#### 2.2.1.4.- Passos:

Els passos són un element molt important dins d'aquest esport, ja que mostra el nivell de cada patinador, i són bàsicament la tècnica del patinar. Aquests apareixen com a enllaç entre una preparació d'un salt, o d'una pirueta... però principalment es troben en la coreografia dels discs, és a dir, amagats entre el patinar en un ball per fer-lo de més nivell i de més qualitat.

Es poden separar segons les categories, de menys qualitat i menys nivell a més.

Els passos simples, són els més senzills, els quals s'executen sense cap rotació. El més bàsic és el *Flat*, el pas simple sense fil (pla) sobre les vuit rodes dels patins. També hi ha el *Chasse*, que consisteix en avançar a partir de realitzar un *Flat* amb la cama lliure, prèviament col·locada paral·lela a la portadora. Un altre pas i molt important és el *Cross* o *Incrociato*, que pot ser endavant o endarrere i es patina mitjançant el creuament de la cama lliura per davant o darrera de la portadora. Aquest és el que s'utilitza per enllaçar els elements en un disc, i per tant, és el més bàsic i general de tots. El *Rool* és un altre pas que es basa en fer un fil exterior seguit, ja sigui endavant o endarrere, en forma de lòbul, amb una corba oposada al filo o lòbul anterior. I l'últim és el *Passi Puntati*, que es realitza fent passos seguits a sobre el fre. A més, també hi ha altres passos que uneixen les característiques de dos, com per exemple, el *Cross Chasse*, o el *Cross Rool*.

Els passos complexes són aquells que s'utilitzen en enllaçar. Els més importants són dos: el **Mohawk** i el **Choctaw**. El primer, és una inversió del sentit de desplaçament amb un canvi de peu, encara que no de fil. Es diu "obert" quan el patí de la cama lliure té el pes al



taló i a l'interior ja abans de recolzar-se al terra, després del recolzament, la cama lliura es posiciona a davant la cama portadora amb el maluc obert, i es diu "tancat" quan el peu lliure és posat a l'exterior del peu portant a l'altura del taló, després del recolzament, la cama lliura es troba a davant de la portant amb el maluc tancat. I el segon, el *Choctaw* és una inversió del sentit de desplaçament amb un canvi de peu i també de fil. Es diu "obert" quan durant l'inversió, el peu lliure és recolzat a l'interior del peu portant i la cama lliura es situa a darrera, i es diu "tancat" quan durant l'inversió, el peu lliure és recolzat a l'exterior del peu portant a l'altura del taló i la cama lliura es troba a davant.

I també hi ha els passos d'alt nivell, els quals s'utilitzen per enllaçar elements i realitzar les tirades de passos durant els discs, és a dir, la coreografia, ja que això fa que un disc aconsegueixi qualitat, anomenats "*passes d'enllaç*". En aquests passes tenim els més característics de la modalitat de FIGURES OBLIGATÒRIES.

Dintre de les Figures Obligatòries existeixen cinc elements :

El primer és el **Tres**. Els *Tressos* són rotacions completes de gir seguint la mateixa direcció del fil inicial, la punta del tres és cap a l'interior del cercle i la profunditat del gir serà el d'un patí (correspon a la seva longitud). El segon és el **Bracket**, és una inversió de la marxa seguida sobre un peu amb canvi de fil, la rotació del qual és efectuada contrària al fil inicial. Seguint la mateixa direcció del fil inicial, la punta del bracket és cap a l'exterior del cercle i la profunditat del gir és de mitja punta, o sigui mig patí o mig carro. El següent és el **Contra-rocker**, que és una inversió de la marxa seguida sobre un peu amb canvi de fil. S'inicia igual que el Bracket només que la sortida canvia a un altre cercle i per això la pressió és diferent. La profunditat és de mig carro. El quart és el **Rocker**, una inversió de la marxa seguida sobre un peu sense canvi de fil. S'inicia igual que el Tres només que la sortida canvia a un altre cercle i per això la pressió és diferent. La profunditat del gir és de mig carro o mig patí. I l'últim és el **Bucle** (*loop*) que consisteix en efectuar una rotació completa al terra sobre un sol peu, dibuixant com un tirabuixó amb el peu portador. S'executa seguint un dibuix format per quatre arcs dels quals tres tenen un radi diferent però units entre sí obtenint una sola línia. Cada un dels arcs al ser diferents requereixen un augment de pressió e inclinació per la seva correcta execució, encara que no requereixen en cap cas un canvi de fil.

## 2.2.2.- MODALITATS DEL PATINATGE ARTÍSTIC SOBRE RODES:

En el patinatge hi ha cinc modalitats: lliure, figures obligatòries, dansa, xou i grups de precisió o sincronitzat.

### 2.2.2.1.- Lliure:

Consisteix en realitzar una sèrie de salts i piruetes enllaçats amb una coreografia i una música durant un temps, que va determinat per la dificultat i la categoria de competició. Es pot realitzar individual o per parelles.

Aquesta modalitat és la que es coneix més i la primera que s'interpreta quan una persona pensa en el patinatge. A més, és a la que hi ha més patinadors i patinadores.

Individual:

Es basa en superar les proves fins a arribar a la competició. En les proves s'ha de realitzar un disc o un ball amb una sèrie d'elements obligats en els quals s'ha d'executar perfectes per poder aprovar i passar a la següent prova.

A competició, s'ha de realitzar dos balls: el programa curt que dura 2:15 minuts i el programa llarg que dura de 3 minuts fins a 4 minuts. En el programa curt s'han d'executar una sèrie d'elements de tipus obligat però de lliure elecció, és a dir, s'ha de fer un axel (simple, doble o triple), un salt picat (metz, flip o lutz, simple, doble o triple), un combinat de 3 a 5 salts, una pirueta sola (base, taló, reversada...), una pirueta combinada fins a 3 canvis i uns passos (diagonal, rodona o en serpentina (forma S)). En el programa llarg la realització dels elements és opcional, amb l'excepció de que no es pot repetir tres vegades el mateix salt, i realitzant com a mínim un combinat, passos i piruetes.

Parelles:

Les parelles d'artístic són molt semblants a l'individual amb la diferència de que estan formades per dues persones de sexe diferent, que també, fan dos discos, incloent-hi elements i coreografia.

Hi ha diferents integratius:

- Salts simètrics: els dos patinadors han de saltar el mateix salt o combinat al més a prop possible i al mateix temps.

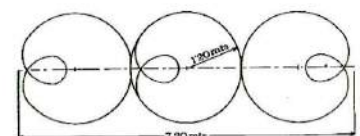
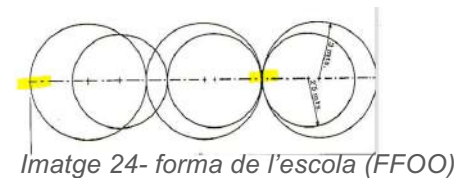
- Salts llançats: la noia fa el salt amb l'ajuda del noi. Pot ser caiguda lliure, on la noia cau sola després de que el noi l'ajudi a saltar, o caiguda sostinguda, on el noi agafa la noia quan cau del salt.
- Piruetes simètriques: els dos patinadors fan la mateixa pirueta sola o combinada al mateix temps i al més a prop possible.
- Piruetes de contacte: fan una pirueta combinada mentre estan en contacte en tot moment, es van ajudant mútuament, i en el mateix eix de rotació. Els tipus de piruetes són: altes, baixes, anglesa, "kilina", pirueta impossible...
- Elevacions: la noia es sostinguda pel noi sobre el seu cap mentre ell fa voltes. N'hi ha de diferents tipus: vèrtic, vèrtic d'esquenes, vertical, doble llaç, doble llaç en planxa, vèrtic de costat, "american silla" i "american estrella".
- Espiral de la mort: consisteix en fer tres rotacions on el noi fa el canadenc i la noia es posa en posició "layover" o d'esquenes.
- Passos: és el treball de peus. Poden ser simètrics, asimètrics, en mirall...

#### 2.2.2.2.- Figures obligatòries:

Són la base de l'equilibri, domini del patí i control del cos, és la tècnica pura del patinatge. Tracta bàsicament a seguir una línia dibuixada al terra mentre s'executa una sèrie de girs o bucles. Per executar aquest girs és necessari portar el pes, la posició de cames, malucs, braços i cos correctament, ja que si no es fa el fil o fils perfectes, el dibuix de terra no és bo i es penalitza.

Hi ha 42 figures. Segons el dibuix que es segueix del terra, es poden distingir dos grups:

- Escola: són els cercles més grans. Hi ha les circumferències més petites, que és per debutar encara que no es poden utilitzar mai en execució. Hi ha 34 figures amb diferents nivells, i aquestes poden utilitzar dos o tres cercles.
- Bucles: són els cercles més petits que tenen un tirabuixó al mig. Hi ha 8 figures. Només es realitza l'element anomenat bucle, on es mostra un augment



de pressió al anar-se acostant al tirabuixó, on hi ha la major i després disminueix, però aquest fil sempre ha de ser seguit i fluid.

Els elements que es fan, aquests girs i bucles són els passos d'alt nivell, és a dir, el tres, bracket, contra-rocker, rocker i els bucles. La dificultat d'aquestes figures va augmentant en relació amb la categoria : es comença fent figures bàsiques de dues rodones amb canvi de peu en cada circumferència, després, s'augmenta a tres rodones, on es fa un canvi de fil, i llavors es retorna a dues rodones però fent pàrraf, que tracta de dominar a la perfecció el determinat element perquè amb cada peu has de fer les dues circumferències seguides, i per aconseguir això has de mantenir la velocitat adequada alhora que fas els girs sense cap irregularitat.

En les figures obligatòries hi ha proves i competició. En les proves: B, A i Certificat es fan tres figures obligades a cada, augmentant la dificultat respectivament, així acabant en l'última amb l'execució dels bucles endavant. I en competició, hi ha quatre grups amb quatre figures cadascun ( on n'hi ha que tenen dos peus, l'A i el B, ja que la figura es pot començar amb el peu dret o amb l'esquerra), amb més dificultat a major categoria. I aquests grups es trien aleatòriament una setmana abans del campionat. Els campionats estan regularitzats pels jutges, on aquests donen una puntuació creant una classificació per així, determinar els patinadors/es que participaran a un campionat de major nivell.

#### 2.2.2.3.- Dansa:

La dansa es pot fer de manera individual, anomenada Solo Dance, o per parelles de dansa, o sigui, dues persones de diferent sexe que patinen simultàniament.

La dansa es basa en el treball de peus, amb una música on han de seguir el ritme amb sèrie d'elements variats. Utilitzen tot tipus de passos; des de els d'alt nivell als bàsics : tres, bracket, contra-rocker, rocker, mohawk, choctaw, chassé, cross-chassé, roll, cross-roll, swing,...

Fan dos balls: un obligat, on tenen una determinada música i uns determinats passos i elements. Aquest en cada categoria van canviant, augmentant la dificultat de la tècnica del patinar. I un disc d'elecció lliure, on la música, els elements i el treball de peus és diferent i personal per cada persona o parella.

#### 2.2.2.4.- Xou:

És la modalitat del patinatge on hi ha espectacle. És un grup de patinadors que realitzen una coreografia (disc), anomenada amb un títol, que giren al voltant d'una idea o d'una història, on el vestuari, maquillatge i música van relacionats amb el tema. Es dona gran importància a l'originalitat i a la coordinació entre els patinadors. Aquests fan diversos elements amb treball de peus, acrobàcies, juguen amb l'il·lusió òptica, etc.

Hi ha el grup grans de xou, on són entre setze a trenta-dos patinadors, el grup juvenil de xou, on hi ha de sis a dotze patinadors, i el quartet, que són quatre patinadors.

#### 2.2.2.5.-Grups de precisió o sincronitzat:

Està format per 12 a 24 patinadors, els quals patinen en formació, és a dir, tots han d'anar iguals. És similar al xou amb l'excepció que en aquesta modalitat està totalment prohibit realitzar salts ni girs de més d'una volta de rotació, i tampoc res de elevacions, per tant, es valora molt més els fils i la tècnica base del patinatge.

En cada disc s'han de fer unes cinc maniobres/tècniques que són obligatòries: en cercle, en aspa, en línia, en bloc (format per 4 patinadors) i interseccions.

### 2.3.- RELACIÓ ANTROPOMÈTRICA DELS PATINADORS/ES:

L'antropometria consisteix en una sèrie de mesures tècniques sistematitzades que expressen, quantitativament, les dimensions del cos humà. Des de fa anys, l'antropometria s'ha vist com una eina tradicional per l'Educació Física, les Ciències Esportives i en les Ciències Biomèdiques. La mida del cos i de les seves proporcions, el físic i la composició són factors importants en la *performance* física i l'apitudo física. La mida corporal, particularment el pes, és el marc estàndard per expressar els paràmetres fisiològics, mentre que el grossor dels plecs cutanis és útil per estimar la composició corporal.

Així doncs, si utilitzem l'antropometria i la relacionem amb els/les patinadors/es, hauríem d'observar unes característiques similars respectivament, les quals fessin en aquest esport un avantatge.

### 3.- FÍSICA:

#### 3.1.- LLEIS DE CONSERVACIÓ:

Quan un sistema no interacciona amb el seu entorn, determinades propietats mecàniques d'aquest sistema no poden canviar. Usualment ens referim a elles com a constants del moviment. Aquestes quantitats es diu que són "conservades", i les principals lleis de conservació es consideren com als principis més fonamentals de la mecànica. En mecànica, algunes quantitats "conservades" són el moment, l'energia i el moment angular. Així doncs, les principals lleis de conservació són la conservació del moment, la conservació de l'energia i la conservació del moment angular.

##### 3.1.1.- Llei de conservació del moment:

Com hem dit, la conservació del moment és un principi fonamental. És una eina per analitzar col·lisions, les quals poden ser elàstiques o inelàstiques i poden anar en una sola dimensió (unidimensionals) o en varies dimensions (multidimensionals). A més, aquesta conservació s'aplica al moment d'un sistema aïllat que pot ser relativista i permet canvis del moment en els sistemes amb les forces externes, que són iguals a l'impuls de força.

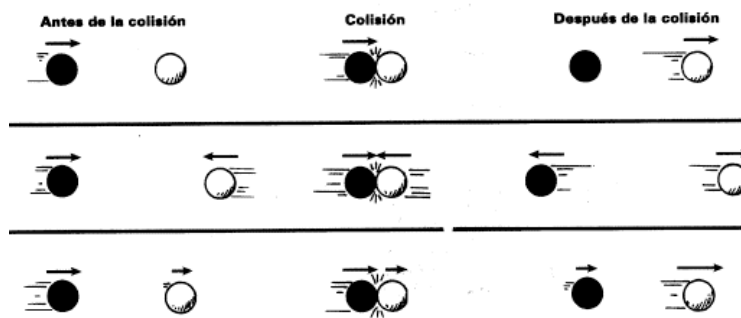
Anomenem quantitat de moviment o moment lineal a la magnitud física que usem per descriure el moviment d'un objecte. Es calcula realitzant el producte de la massa de l'objecte per la seva velocitat en un instant determinat.

Així doncs, la seva fórmula és:

$$p=m \cdot v$$

La quantitat de moviment a dins d'un sistema ha de romandre constant degut a aquest principi, és a dir, la suma dels vectors de tot el cos d'un sistema ha de romandre constant, així, no hi pot haver-hi cap interacció, ja que no es pot canviar. Això suposa una forta restricció als tipus de moviment que poden ocórrer en un sistema aïllat.

Si a una part del sistema se li dóna un determinat moment en una direcció determinada, llavors, alguna altra part del sistema obtindrà simultàniament el mateix moment en la direcció oposada.



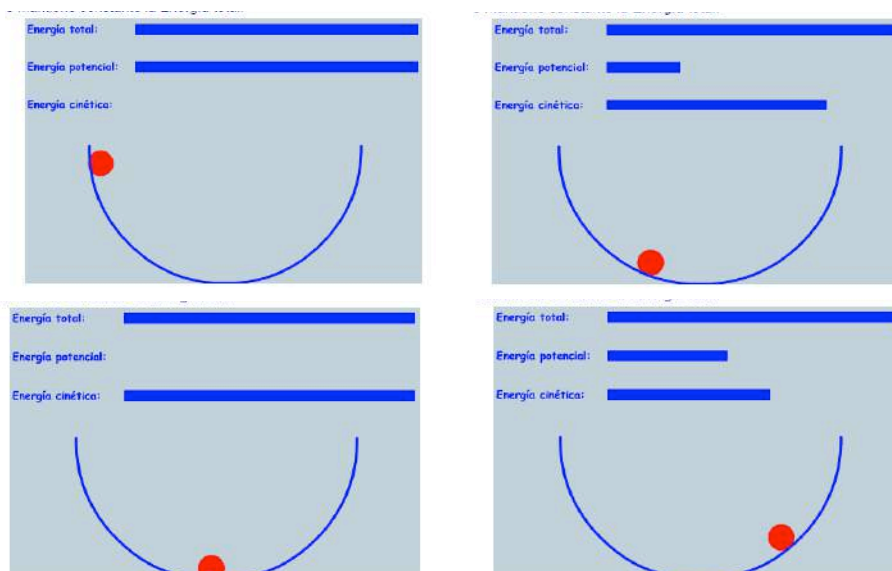
Imatge 26- Conservació del moment

### 3.1.2.- Llei de conservació de l'energia:

Aquest principi es una eina usada per resoldre problemes mecànics amb forces externes (el Principi de treball-energia) i es mostra de moltes formes.

Anomenem energia a la capacitat de produir treball. Existeix una gran varietat de formes (potencial, cinètica, etc.) i es poden transformar d'un tipus d'energia a altres. No obstant, aquestes transformacions estan restringides pel principi de conservació d'energia.

La quantitat total d'energia d'un sistema físic es manté invariable amb el temps, però, sí que es pot transformar en una altra energia, per tant, és constant. Fa referència a una expressió comuna: "l'energia no es crea ni es destrueix, simplement es transforma".



Imatge 27- Conservació de l'energia

L'energia cinètica ( $E_c$ ) és l'energia del moviment, és a dir, l'energia cinètica d'un objecte és la que posseeix com a conseqüència del seu propi moviment. La seva fórmula és:

$$E_c = \frac{1}{2} mV^2$$

I com que sabem que l'energia mecànica total d'un objecte és la suma de la seva energia cinètica i de la seva energia potencial, llavors veiem que a vegades també pot aparèixer l'energia cinètica rotacional, i per tant, l'energia total de la massa s'expressa com a la suma de l'energia cinètica de translació del seu centre de masses més l'energia cinètica de rotació del voltant del seu centre de massa.

L'energia potencial ( $E_p$ ) és l'energia que s'obté quan un objecte està a una certa altura, és a dir, és l'energia capaç de generar un treball com a conseqüència de la posició del cos. La seva fórmula és:

$$E_p = mgh$$

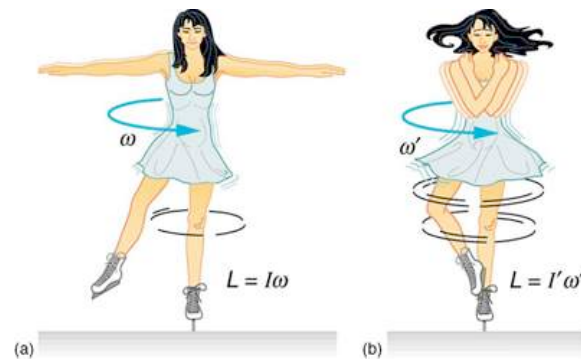
D'energies potencials n'hi ha d'altres, ja que hi pot haver-hi diverses situacions on l'energia depèn de la posició de l'objecte: Una és l'energia potencial elàstica ( $E_e$ ), és aquella que adquireixen els cossos sotmesos a l'acció de forces elàstiques o recuperadores, i la seva

fórmula és:  $E_e = \frac{1}{2} kx^2$ , on la k és la constant de la molla.

### 3.1.3.- Llei de conservació de moment angular:

Si el moment de les forces externes sobre un cos rígid és zero, és a dir, que és un sistema aïllat, llavors el moment angular sempre serà constant en magnitud i direcció. Aquest fa referència a l'anàlisi de rotació d'objectes, giroscopis i òrbites. El moment angular és una quantitat vectorial i "conservada", és a dir, la suma de vectors de tots els moments angulars de les parts d'un sistema és constant. Això suposa una forta restricció sobre els tipus de moviments rotacionals que poden ocórrer en el sistema, ja que si una part d'aquest se li dona un moment angular en una direcció determinada, simultàniament, una altra part del sistema obtindrà exactament el mateix moment angular en la direcció oposada.





Imatge 28- Conservació del moment angular

### 3.2.- MOMENT ANGULAR

El moment angular és una magnitud vectorial que serveix per caracteritzar l'estat de rotació de cossos. La seva unitat de mesura en el Sistema Internacional és el  $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ . Es defineix com al producte entre el moment d'inèrcia i la velocitat angular, així, la fórmula és la següent:

$$L = I\omega$$

Aquesta fórmula és deguda a que si es relaciona el moment d'inèrcia d'una partícula puntual en moviment circular amb el seu moment angular, com que el vector posició del cos, que gira en un moviment circular respecte al centre de gir d'aquest moviment, i el vector velocitat forma un angle de  $90^\circ$ , així a partir de l'expressió del moment angular podem trobar-la:

$$L = rpsin(90^\circ) = rp = rmv = rm(\omega r) = mr^2\omega$$

$$l = mr^2 \rightarrow L = I\omega$$

Així doncs, quan més gran sigui el moment d'inèrcia, més resistència hi ha a modificar l'estat de rotació, és a dir, el moment angular.

#### 3.2.2.- MOMENT ANGULAR D'UN PUNT MATERIAL:

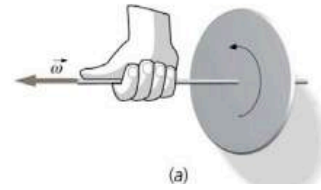
Es defineix com el moment angular o cinètic d'una partícula respecte a un punt O com el moment de la seva quantitat en moviment, és a dir, el producte vectorial del seu vector de posició pel seu moment lineal:

$$L = rp = rmv$$

on,  $r$  és el vector posició respecte al punt O i  $p$  és la quantitat de moviment del cos

la direcció és perpendicular al pla format per  $r$  i  $v$

el sentit es basa en la regla de la mà dreta



Imatge 29- regla de la mà dreta

### 3.2.3.- MOMENT ANGULAR D'UN SÒLID RÍGID:

Un sòlid rígid es pot considerar com un sistema de partícules, així doncs, el moment angular d'un sòlid rígid es fa a partir de la suma de tots els moments angulars de cada partícula, aquests respecte a un eix de rotació determinat.

El mòdul del vector moment angular és:

$$L = r m v$$

I la seva projecció sobre l'eix de rotació, que anomenarem Z, és:

$$L = m v r \cos(90^\circ - \theta) = m(r \sin \theta)(\omega R)$$

és a dir,

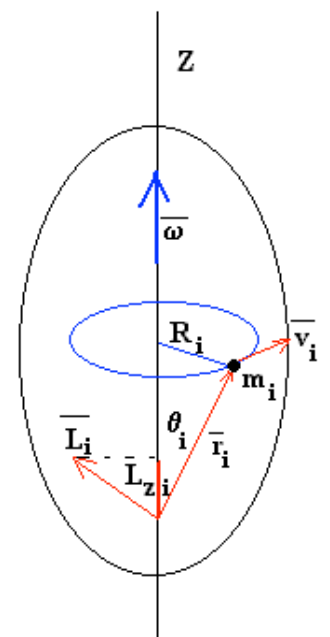
$$L = m R^2 \omega$$

La projecció L del vector moment angular al llarg de l'eix de rotació és :

$$L = \sum_{i=1}^n L_i = \left( \sum_{i=1}^n m r_i^2 \right) \omega$$

Així doncs, el moment angular d'un sòlid rígid queda:

$$L = \sum L_i$$



Imatge 30- moment angular d'un sòlid rígid

El moment angular L varia quan a sobre d'ell hi actua un moment de força M.

Si el moment de forces externes pot produir al propi sistema canvis en el moment angular del sistema, llavors aquesta fórmula anterior també és vàlida per un sistema de partícules, igual que per una sola partícula.

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{r} \times \vec{F} = \vec{M}$$

## COMPOSICIÓ DEL MOMENT ANGULAR:

### 3.2.4.- VELOCITAT ANGULAR:

La velocitat angular ( $\omega$ ) o, també anomenada, velocitat de rotació és una magnitud vectorial, on la seva mesura en el Sistema Internacional és rad/s. Quan un objecte es desplaça al llarg d'una trajectòria circular, l'angle central corresponent a la posició de l'objecte en el cercle està canviant, així es defineix com la taxa de canvi de desplaçament angular, és a dir, la variació de l'angle respecte al temps, i es pot descriure per la relació:

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

Aquesta caracteritza al moviment de rotació del sòlid rígid entorn d'un eix fix.

### 3.2.5.- MOMENT D'INÈRCIA

El moment d'inèrcia ( $I$ ) és el nom que fa referència a la inèrcia de rotació. Aquesta mesura la resistència produïda quan un cos gira entorn a un eix principal, és a dir, fa referència a l'oposició d'un objecte a girar. Aquest reflecteix la distribució de massa d'un cos o d'un sistema de partícules en rotació, respecte a un eix de gir. El moment d'inèrcia només depèn de la geometria del cos i de la posició de l'eix de gir, per tant, no depèn de les forces que intervenen en el moviment.

## CÀLCUL DEL MOMENT D'INÈRCIA:

### 3.2.5.1.- Moment d'inèrcia d'una distribució de masses puntuals:

#### 3.2.5.1.1.- Teorema de Steiner:

El teorema de Steiner és una fórmula que ens permet calcular el moment d'inèrcia d'un sòlid rígid respecte a qualsevol eix paral·lel a l'eix que passa pel centre de masses. El resultat és que el moment d'inèrcia de un eix és igual al moment d'inèrcia amb respecte a l'eix que passa pel centre de masses més el producte de la massa per el quadrat de la distància entre els dos eixos.

$$I_{\text{eix}} = I_{\text{eix}}^{(CM)} + Mh^2$$

Demostració:

Veiem que el càlcul del moment d'inèrcia d'una distribució de masses puntuals:

$$I = \sum_i^2 x_i^2 m_i$$

on  $X_i$  és la distància de la partícula  $m$  a l'eix de rotació.

Si en una vareta d'un metre es col·loquen cinc masses d'un kilogram situades als punts: 0.0, 0.25, 0.5, 0.75 i 1.0m respecte a un dels extrems, i calculem el moment d'inèrcia quan l'eix principal és al 0.0, al 0.25 i quan passa pel centre de massa, és a dir, al 0,5m.

En el primer cas, al calcular el moment d'inèrcia respecte a un eix perpendicular a la vareta i que passa per la primera massa ens dona:

$$I^{(A)} = 1 \cdot 0^2 + 1 \cdot 0.25^2 + 1 \cdot 0.5^2 + 1 \cdot 0.75^2 + 1 \cdot 1 = 1.875 \text{kgm}^2$$

En el segon cas, on passa per la massa que està a 0.25m de l'extrem, ens dona:

$$I^{(B)} = 1 \cdot 0.25^2 + 1 \cdot 0^2 + 1 \cdot 0.25^2 + 1 \cdot 0.5^2 + 1 \cdot 0.75^2 = 0.9375 \text{kgm}^2$$

I en l'últim, on l'eix passa pel centre de massa, que respecte a les masses és la tercera partícula, dona:

$$I^{(CM)} = 1 \cdot 0.5^2 + 1 \cdot 0.25^2 + 1 \cdot 0^2 + 1 \cdot 0.25^2 + 1 \cdot 0.5^2 = 0.625 \text{kgm}^2$$

Així doncs, si calculem els mateixos moments d'inèrcia amb la fórmula de Steiner, a partir de l'eix que passa pel centre de massa, obtindrem els mateixos resultats.

$$I^{(A)} = I^{(CM)} + Mh^2 = 0.625 + 1 \cdot 0.5^2 = 0.625 + 1.25 = 1.875 \text{kgm}^2$$

$$I^{(B)} = I^{(CM)} + Mh^2 = 0.625 + 1 \cdot 0.25^2 = 0.625 + 0.3125 = 0.9375 \text{kgm}^2$$

3.2.5.2.- Moment d'inèrcia d'una distribució continua de massa:

La fórmula de càlcul pel moment d'inèrcia d'una distribució continua de massa és:

$$I = \int x^2 dm$$

on,  $dm$  és un element de massa situat a una distància  $x$  de l'eix de rotació.

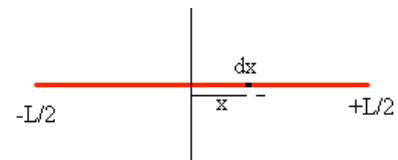
Aquest cas, es representa que té un infinit número de masses puntuals i cada un d'aquests ha de ser multiplicat per pel quadrat de la seva distància a l'eix. Per tant, aquesta suma infinita s'anomena integral.

Per calcular el moment d'inèrcia, en aquest cas, és particular segons el cos de l'element:

Càlcul del moment d'inèrcia d'una vareta:

El càlcul d'una vareta, de massa  $M$  i de longitud  $L$  i que té un eix que passa pel centre de massa, es fa a partir d'una integral. Per tant, hem d'expressar tot el que hi ha a l'integral en termes d'una variable, i en aquest cas la variable de longitud  $r$ , ja que  $M/L$  és la proporció de massa sobre longitud. Així, l'integral ens queda així:

$$I = \int_{-L/2}^{L/2} \frac{M}{L} x^2 dx = \frac{1}{12} ML^2$$



Imatge 31- càlcul del moment d'inèrcia d'una vareta

I si calculem el moment d'inèrcia d'una vareta quan l'eix perpendicular està a un dels extrems, a partir de la fórmula de Steiner, obtenim el resultat següent:

$$I = I^{(CM)} + M \left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{1}{3} ML^2$$

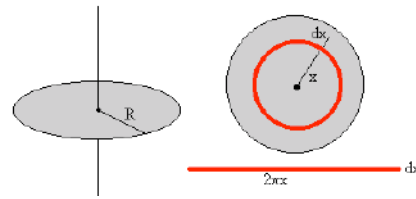
Càlcul del moment d'inèrcia d'un disc:

El càlcul d'un cilindre, de massa  $M$ , radi  $R$  i longitud  $L$ , que té un eix perpendicular que passa pel centre de masses. Agafem un element de massa que es separa  $x$  de l'eix, és un anell de radi  $x$  i ample  $dx$ , després es converteix en un rectangle, si el separem de la resta, amb una longitud  $2\pi x$  i una amplitud  $dx$ , així doncs, la seva massa és:

$$dm = \frac{M}{\pi R^2} 2\pi x dx = \frac{2M}{R^2} x dx$$

Per tant, el moment d'inèrcia d'un disc és:

$$I = \int_0^R \frac{2M}{R^2} x^2 dx = \frac{1}{2} MR^2$$

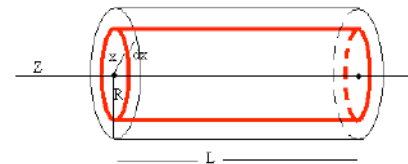


Imatge 32- càlcul del moment d'inèrcia d'un disc

Càlcul del moment d'inèrcia d'un cilindre:

Per calcular un cilindre de massa M, radi R i longitud L. Tornem a agafar un element que dista x de l'eix de rotació, en aquest cas és una capa cilíndrica que té un radi interior x, un radi exterior x+dx i una longitud L. Així, la massa d'aquest element és:

$$dm = \frac{M}{\pi R^2 L} 2\pi x dx L = \frac{2M}{R^2} x dx$$



Imatge 33- càlcul del moment d'inèrcia d'un cilindre

Per tant, el moment d'inèrcia d'un cilindre és:

$$I = \int x^2 dm = \int_0^R \frac{2M}{R^2} x^3 dx = \frac{1}{2} MR^2$$

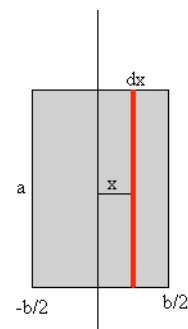
Càlcul del moment d'inèrcia d'una placa rectangular:

Agafem una placa rectangular de massa M, que té els costats a i b. Tornem a fer el mateix mètode, d'agafar un element que dista x de l'eix de rotació, aquest serà un rectangle de longitud a i d'amplitud dx, per tant, la massa d'aquest és:

$$dm = \frac{M}{ab} a dx = \frac{M}{b} dx$$

Així, el moment d'inèrcia d'una placa rectangular és:

$$I = \int_{-b/2}^{b/2} \frac{M}{b} x^2 dx = \frac{1}{12} Mb^2$$



Imatge 34- càlcul del moment d'inèrcia d'una placa rectangular

Càlcul del moment d'inèrcia d'una esfera:

Tenim una esfera de massa  $M$  i de radi  $R$ , i és respecte a un dels seus diàmetres. Així, dividim l'esfera en discs de radi  $x$  i de gruix  $dz$ , ja que tota l'esfera es forma de tots aquests discs units. Com que sabem que el moment d'inèrcia del disc és  $\frac{1}{2}x^2 dm$ . La seva massa ha de ser:

$$dm = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} \pi x^2 dz = \frac{3M}{4R^3} x^2 dz$$

El moment d'inèrcia de l'esfera és la suma de tots els moments d'inèrcia dels discs que la formen. I si després relacionem la variable  $x$  amb la  $z$ , i amb la  $x^2+z^2=R^2$ , trobem el resultat final que és:

$$I = \frac{2}{5} MR^2$$

Càlcul del moment d'inèrcia d'un paral·lelepípede:

Tenim un paral·lelepípede de massa  $M$ , amb els costats  $a$ ,  $b$  i  $c$ , i és respecte a un eix perpendicular a una de les seves cares. Així, dividim aquesta forma geomètrica en plaques rectangulars de costats  $a$  i  $b$ , i de gruix  $dx$ . Cada una d'aquestes plaques té el moment d'inèrcia següent:

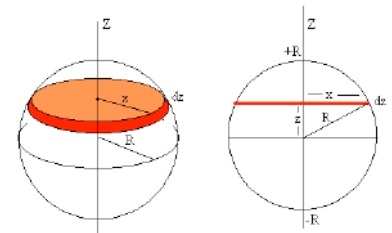
$\frac{1}{12} b^2 dm$ . Però aquest és respecte a l'eix de simetria, per

tant, després hem de fer servir el Teorema de Steiner per calcular el moment d'inèrcia d'aquestes plaques respecte a un eix paral·lel situat a una distància  $x$ , i ens queda:

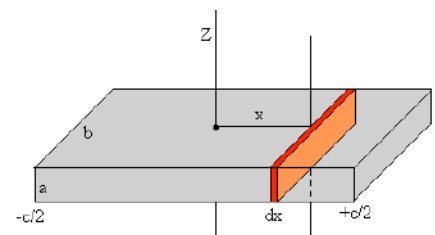
$$I = \frac{1}{12} b^2 + x^2 dm = \left( \frac{1}{12} b^2 + x^2 \right) \frac{M}{abc} ab dx = \left( \frac{1}{12} b^2 + x^2 \right) \frac{M}{c} dx$$

I finalment, el moment d'inèrcia d'un paral·lelepípede és:

$$I = \int_{-\frac{c}{2}}^{\frac{c}{2}} \left( \frac{1}{12} b^2 + x^2 \right) \frac{M}{c} dx = \frac{M}{12} (b^2 + c^2)$$



Imatge 35- càlcul del moment d'inèrcia d'una esfera



Imatge 36- càlcul del moment d'inèrcia d'un paral·lelepípede

## PART PRÀCTICA:

La part pràctica d'aquest treball està dividida en dos parts. Primerament, es basa en la demostració de la conservació del moment angular a partir d'una simple pirueta de patinatge. Seguidament, tracta de aplicar aquest principi físic en dos elements de patinatge: un salt i una pirueta.

### 4.- DEMOSTRACIÓ DE LA CONSERVACIÓ DEL MOMENT ANGULAR:

Per demostrar aquest principi fonamental de la física, ens basem en analitzar un vídeo on es realitza un element bàsic del patinatge, una pirueta alta. Es fa a partir del programa Skillspector, on he obtingut una gravació en 3D, per així, aconseguir la major precisió per observar-la, i veure realment si es compleix la conservació del moment angular.

Primerament, hem aconseguit convertir el vídeo en 3D amb l'ajut del programa seguint unes pautes.

#### 4.1.- PROCEDIMENT GRABACIÓ 3D:

Per el procediment de la creació dels vídeos en 3D, hem necessitat dues càmeres, una estructura geomètrica, el programa SkillSpector i una patinadora model.

*- En primer lloc, gravar l'estructura, prèviament construïda, durant tres segons alhora des de les dues càmeres. Cada càmera té un punt de vista diferent, separades aproximadament amb uns 30°.*

*- Gravar des dels mateixos llocs, sense moure cap posició (ni angle, ni altura) de les càmeres, l'element que la patinadora realitzi.*



Imatge 37- estructura per la calibració

*-Un cop passats els vídeos a l'ordinador, s'han d'entrar a dins el programa SkillSpector per començar a treballar, però sorgeix el primer problema: els vídeos no existeixen per el programa, així que els passo de .mp4 a .avi (perquè em deia que els volia amb aquest tipus), i llavors ho intento. El resultat és un fracàs, ja que no van els vídeos, tot i ser el tipus*



que em demana, em diu que no es pot completar l'acció per culpa del format dels vídeos. Torno a provar de canviar-ho a .avi però des d'un altre lloc, i altre vegada no es pot, amb l'excepció que ara em diu que hi ha un error en la lectura de l'arxiu avi, que no hi ha un descompressor adequat. Finalment, a partir del programa Avidemux resollem el problema: el programa volia els vídeos en .avi però amb un codec per comprimir determinat, anomenat DV, però que només funciona si les mides dels vídeos són 720x576 a 25fps. Per tant, en cada vídeo que tenim, hem de retallar, afegir bandes negres i canviar la velocitat dels fotogrames.

Per tant, obtenim per cada element quatre vídeos: dos els quals és al realització del salt, des de diferent angle i punt de vista, i dos més que són la gravació de l'estructura respectivament.

- Comencem a utilitzar el programa: Obrim el primer vídeo fent un element des d'un punt de vista i definim com serà la figura del patinador, on ens decantem per un model senzill del cos complet i una mesura ajustada amb el 3D (model unit 3D).

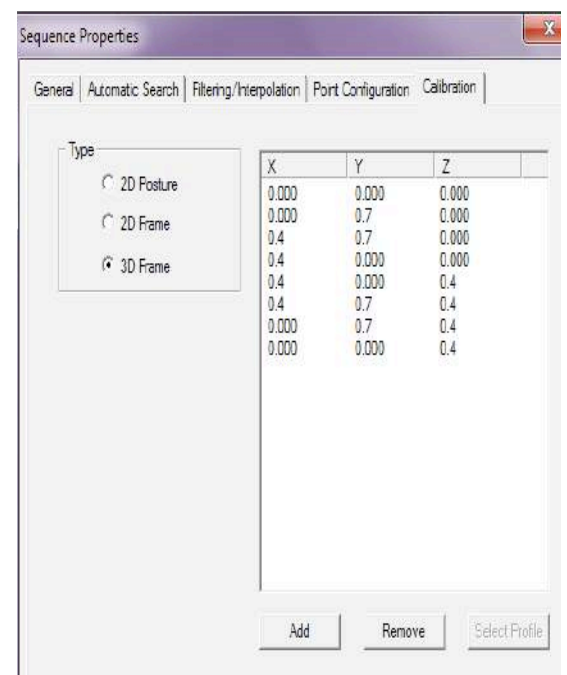
- Establim un marc de calibració amb les mides determinades de l'estructura (sequence calibrations).

- Marquem en cada fotograma la posició de la patinadora, començant per la part dreta: dits del peu, turmell, genoll, maluc, espatlla, colze, canell i dits de la mà, llavors la part esquerra, i finalment la barbata i el cap.

- Amb el Load Video, afegim el segon vídeo, que és el de la patinadora realitzan l'element des de l'altre angle, i fem el mateix procediment de marcar els fotogrames.

- Per cada vídeo (els dos que tenim oberts), anem a Digitize Calibration Mode, i utilitzem els vídeos de l'estructura respectivament, per la calibració i per tant, l'obtenció del 3D. Per calibrar els punts correctes hem de seguir els mateixos eixos x, y i z en els dos (encara que sigui diferent punt de vista).

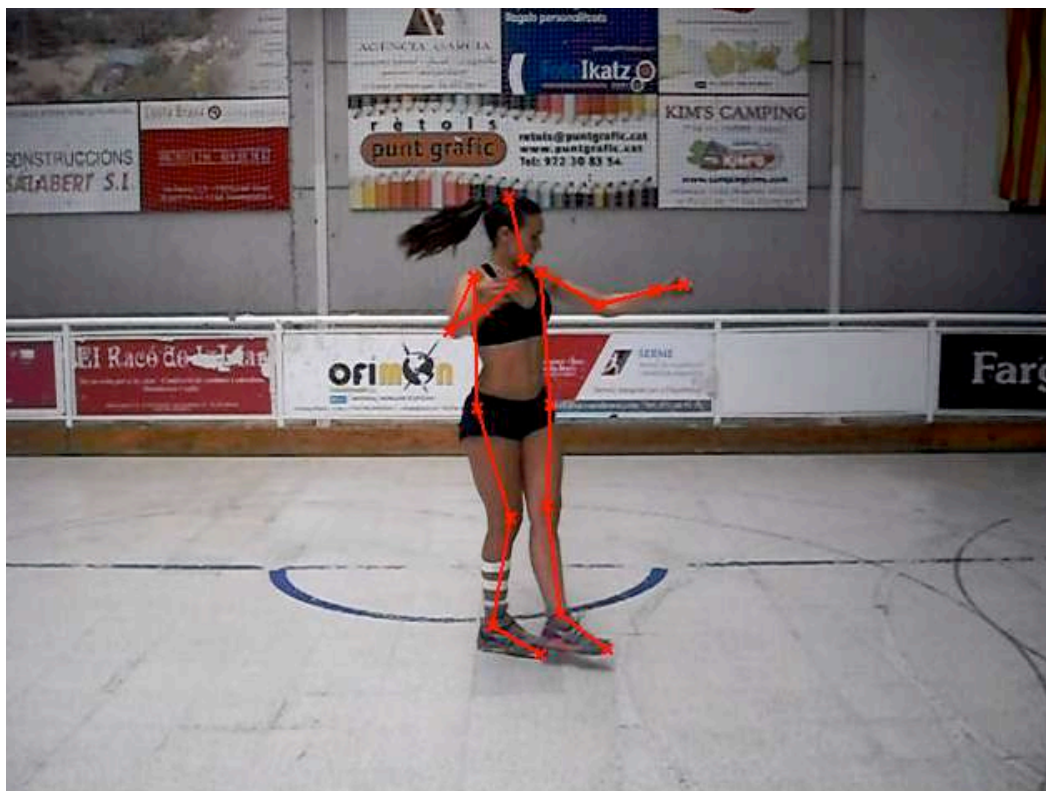
I quan es tenen els punts correctes, es finalitza i s'obté l'animació en 3D. Però, aquí ens sorgeix el segon



Imatge 38- calibració adequada per l'estructura

*problema: el 90% de les vegades realitzades, al clicar "enter" per finalitzar la calibració en el vídeo, el programa deixa de respondre i s'apaga inevitablement. D'aquesta forma, que s'ha de tornar a començar de nou, i per tant, endarrerir l'obtenció del resultat final i gastar moltes hores fent el mateix procediment anterior. Fins que un dia vaig aconseguir trobar un mètode que a vegades funciona millor, que es basa en utilitzar el programa amb un sol vídeo i la seva calibració en 2D, i llavors unir el següent vídeo amb la seva calibració a partir de 3D, així, el resultat final és en 3D.*

*- Quan el programa respon i es duu a terme la calibració dels dos vídeos, obtenim els resultats, en els quals s'hi troba l'animació en 3D, gràfiques tant lineals (posició, velocitat i acceleració, energia cinètica i potencial) com angulars (moment angular, moment d'inèrcia, velocitat angular, velocitat en un segment...).*



Imatge 39- Figura 1



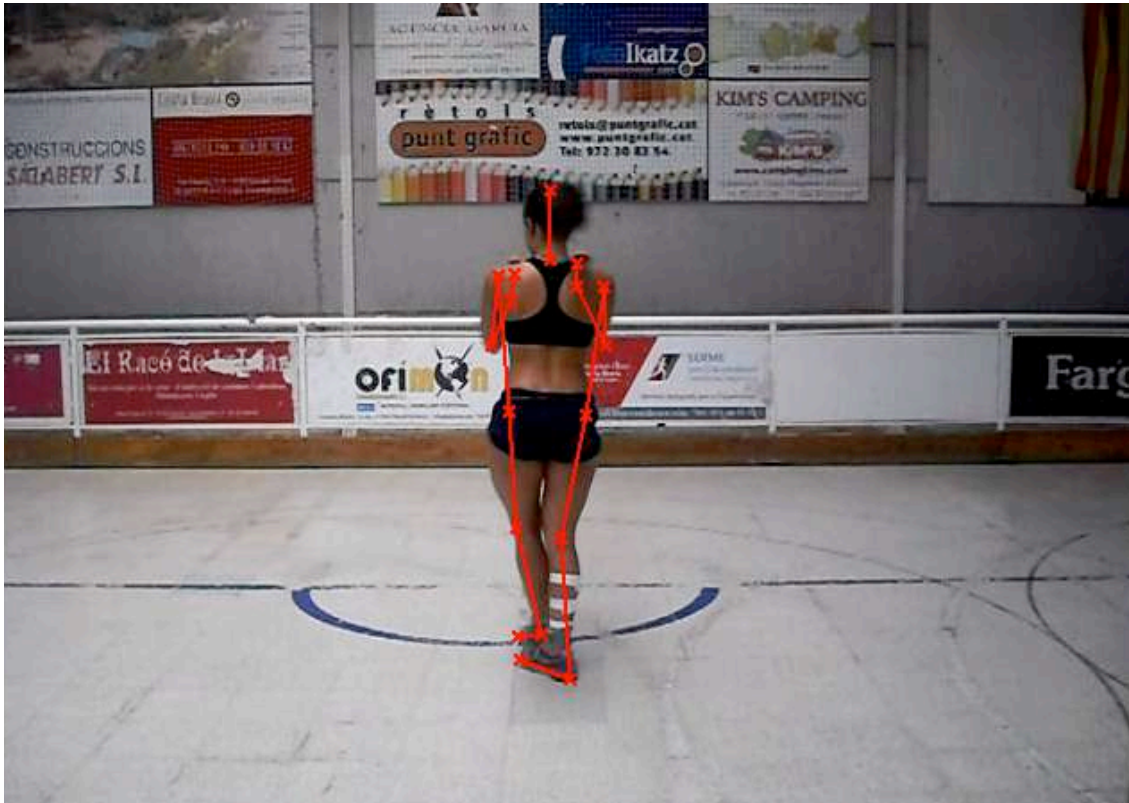
Imatge 40- Figura 2

En les fotos de la *Figura 1* i *Figura 2*, es pot observar l'element que es realitzarà des de les dues càmeres, és a dir, des de punts de vista diferents. Aquest exercici és una pirueta senzilla molt bàsica per la iniciació del patinatge, la qual es basa en tenir des del cap al peu dret ben recta i amb la cama esquerra força tancada, i així, que només hi intervinguin els braços en un sol moviment per augmentar la velocitat, els quals s'han de tancar cap al cos, sense perdre l'equilibri ni torçar el cos.

Les línies vermelles són els marcadors de la posició del cos de la patinadora, on estan en llocs determinats: dits del peu, turmell, genoll, maluc, espatlla, colze, canell, dits de la mà, barbata i cap. A partir d'aquest model simple es pot observar a la precisió els moviments realitzats.

En les fotos següents, *Figura 3* i *Figura 4*, es pot veure l'element apunt de finalitzar.





Imatge 41- Figura 3

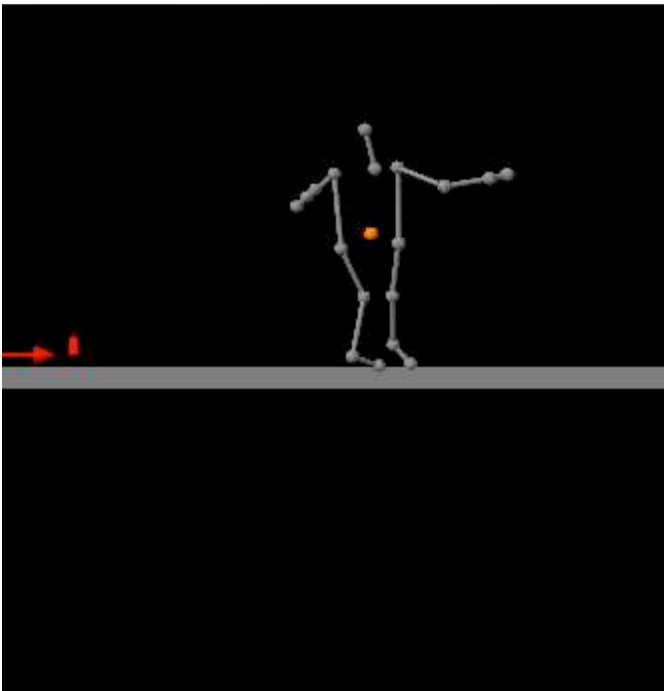


Imatge 42- Figura 4

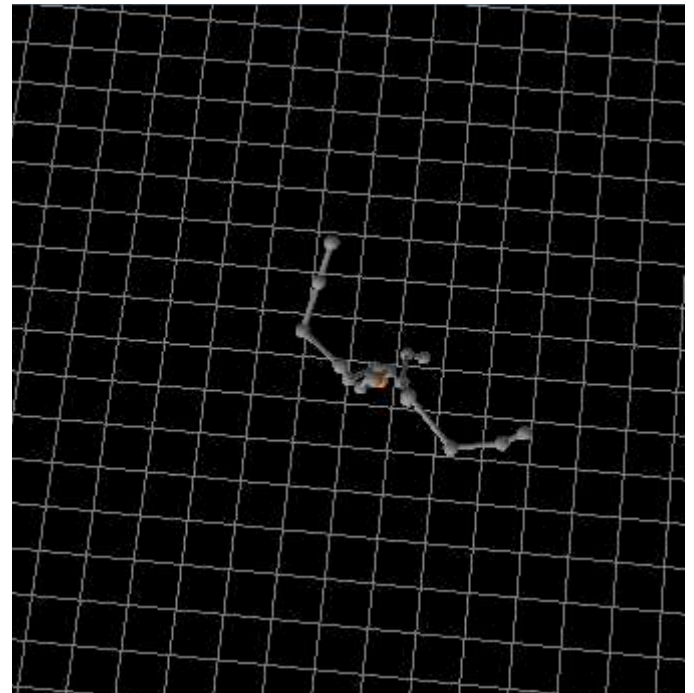
Així, amb aquest moviment de tancar els braços, si es compleix el principi de la conservació del moment angular, que diu que quan més distància hi hagi entre l'últim punt (fa referència a la mà) i l'eix (fa referència a la cama dreta recta fins al cap), és a dir, el moment d'inèrcia, menys velocitat angular hi haurà, i al revés relativament. Llavors, en la *Figura 3* i *Figura 4*, hi hauria d'haver més velocitat per complir la propietat.

Com he dit, convertim el vídeo en 3D i així es té una millor precisió per calcular les distàncies i entendre millor el moviment.

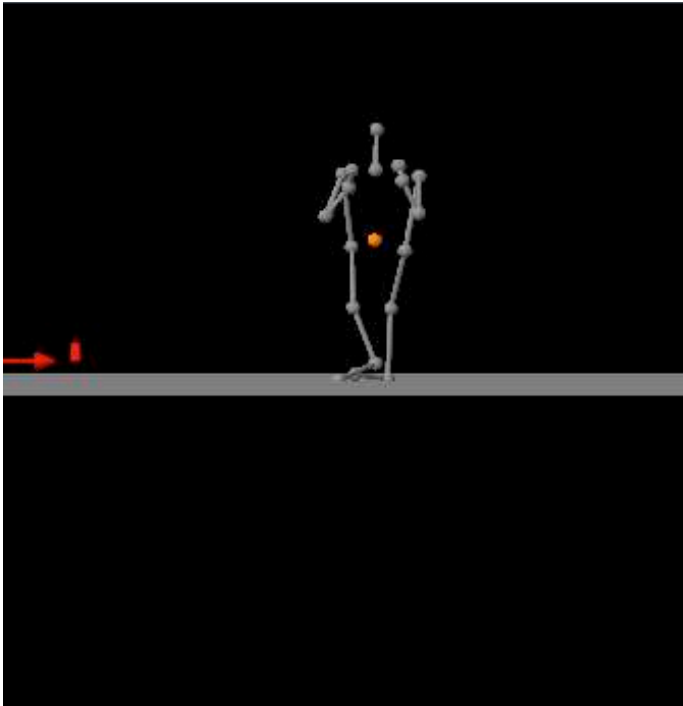
#### 4.2.- ANIMACIÓ 3D:



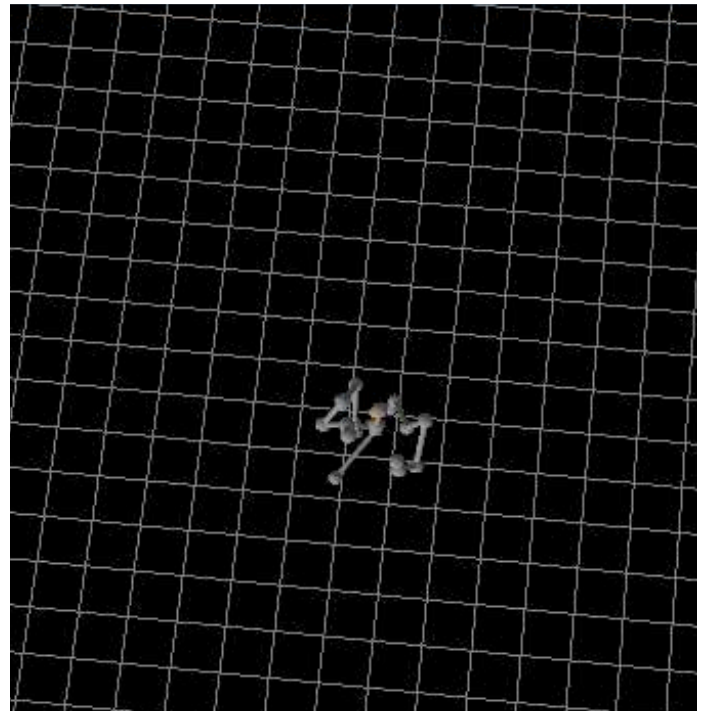
*Imatge 43- Figura 5*



*Imatge 44 Figura 6*



Imatge 45- Figura 7



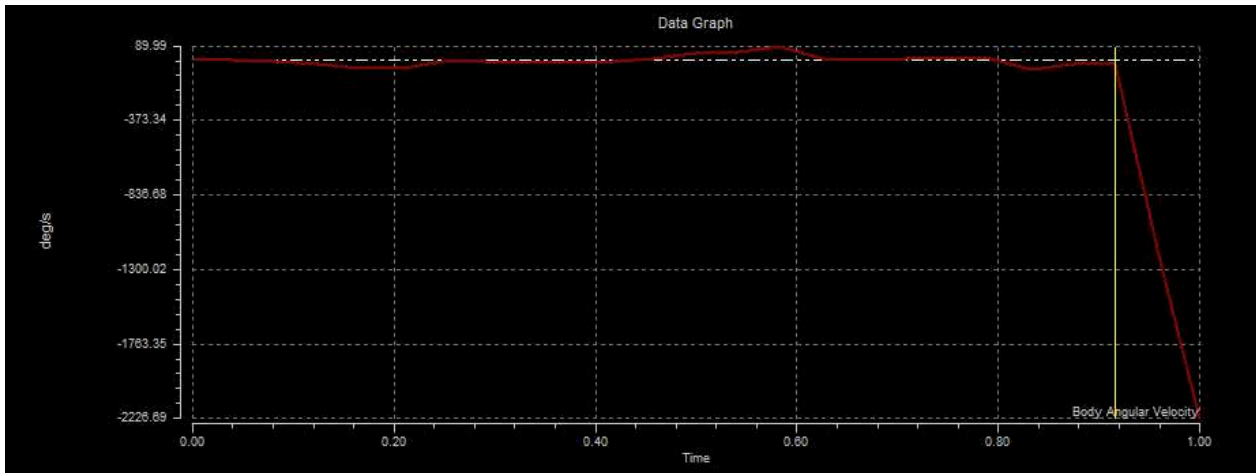
Imatge 46- Figura 8

En la *Figura 5* i la *Figura 6* es veu el mateix fotograma, és a dir, el moviment en el mateix temps, en diferents punts de vista: el primer, és des d'una vista horitzontal, bàsicament, la que els nostres ulls veuen, i la segona, és des d'una vista vertical, des de dalt. Aquesta última, ajuda a les persones que no fan patinatge a entendre aquest moviment, ja que és un dels més importants en aquest esport, ja que serveix per saltar i aconseguir les majors voltes possibles, i per tant, la major dificultat, relativament. En la *Figura 7* i la *Figura 8* passa exactament el mateix però en una altra posició, la final, que és quan els braços estan tancats cap al cos, així que el cos, simbolitzi un pal.

I per acabar, resoldrem la meva hipòtesis a partir de les gràfiques següents:

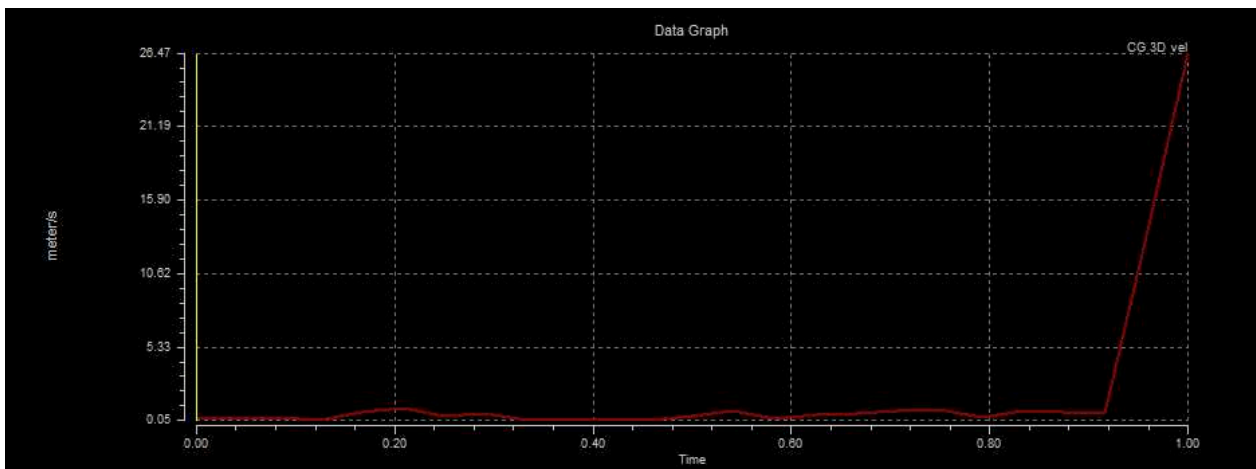
### 4.3. RESULTATS

La gràfica de la velocitat angular:



Imatge 47- gràfica de la velocitat angular

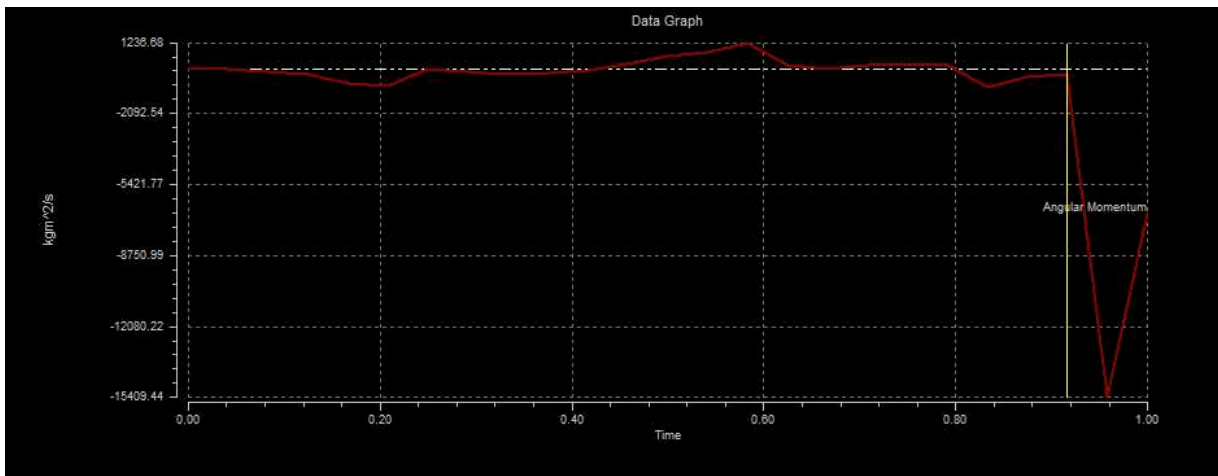
La gràfica del moment d'inèrcia:



Imatge 48- gràfica del moment d'inèrcia

On podem veure que la resistència va canviant, al final baixaja que amb els braços plegats al cos, és més fàcil girar al voltant de l'eix, i en canvi, al principi amb els braços estesos, és més alta.

La gràfica del moment angular:



Imatge 49- gràfica del moment angular

Amb aquesta gràfica veiem que el moment angular en quasi tot el moviment està al zero, sabem que el moment angular és el resultat del moment d'inèrcia per la velocitat angular, així:

$$L = I \cdot \omega$$

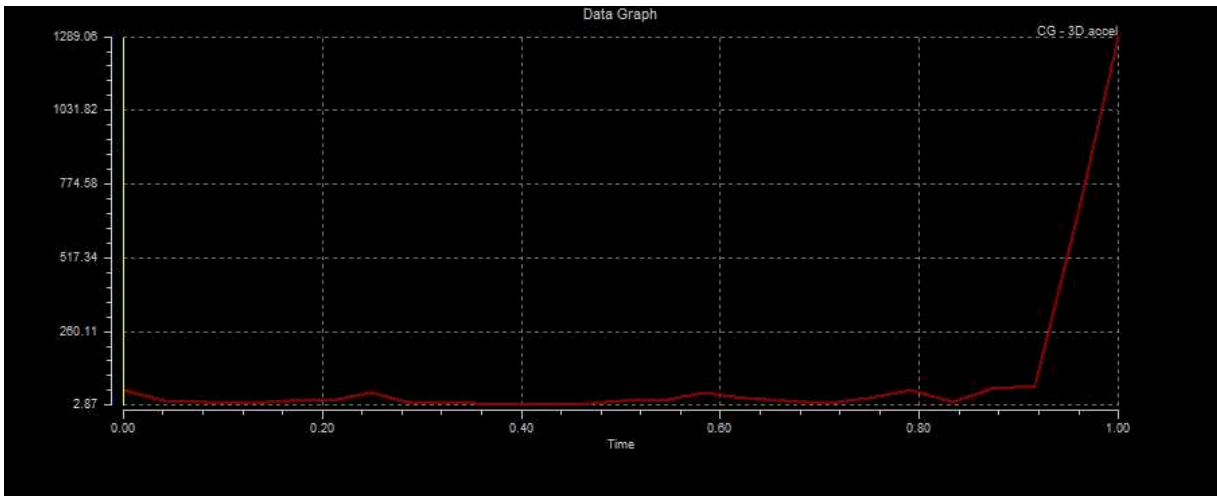
Per tant, perquè es conservi hauria de ser sempre constant, i com podem veure en la gràfica, es podria dir que durant el moviment hi és, ja que es mostra alguna irregularitat que pot ser causada pel fregament, sigui de l'aire, etc...

I amb això, se'ns mostra que es conserva el moment angular i per tant, es compleix el principi de conservació.

Analitzarem també les gràfiques lineals, les quals agafem un únic punt com a punt de referència, que és el centre de gravetat.

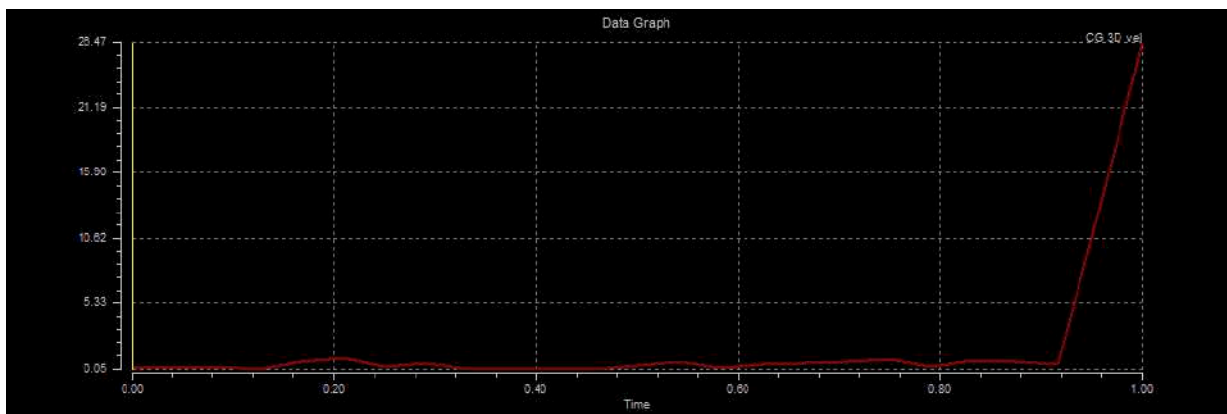
Aquí, la gràfica que mostra la posició del centre de masses o de gravetat durant el moviment, que serà el mateix en tot, ja que la figura no es mou en tota la pirueta. Això que reflecteix la propietat del patinatge, ha de ser així perquè per la realització perfecta d'una pirueta, la posició en tot l'exercici hauria de ser la mateixa.





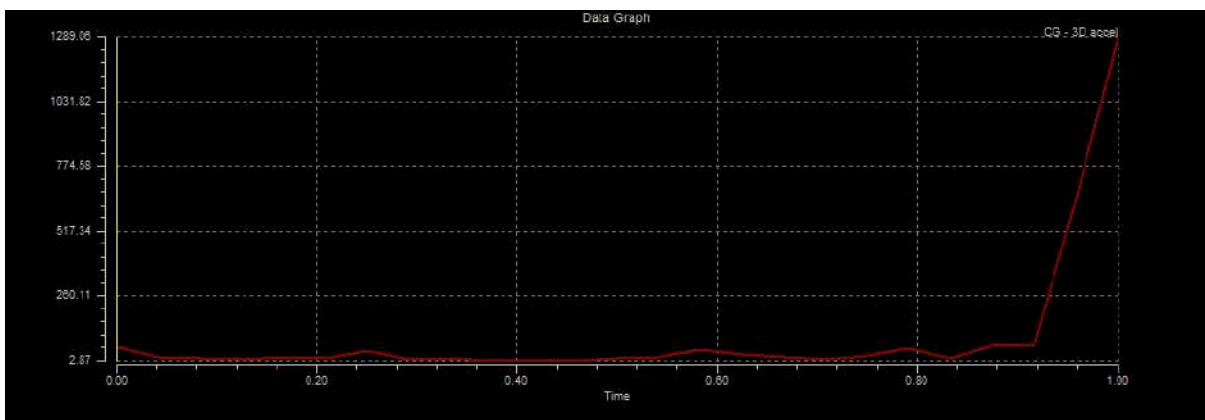
Imatge 50- gràfica de la posició (CG)

La següent gràfica es mostra la velocitat:



Imatge 51- gràfica de la velocitat (CG)

I per acabar, la gràfica de l'acceleració:



Imatge 52- gràfica de l'acceleració (CG)

## 5.- APLICACIÓ PRÀCTICA DE LA FÍSICA - APLICACIÓ DE LA CONSERVACIÓ DEL MOMENT ANGULAR EN ELEMENTS DEL PATINATGE

Com hem vist que el principi es compleix, el podem portar a la pràctica, és a dir, provant-ho amb un element de patinatge, ja que aquest esport inclou moltes propietats de física sense que ningú se'n doni compte. Primerament, ho provaré amb un salt, anomenat doble flip.

### 5.1.- APLICACIÓ EN UN DOBLE FLIP

Aplicar el principi de la conservació del moment angular en un salt de patinatge per així, mostrar que el patinatge inclou moltes propietats físiques, ja que aquest esport és molt tècnic.

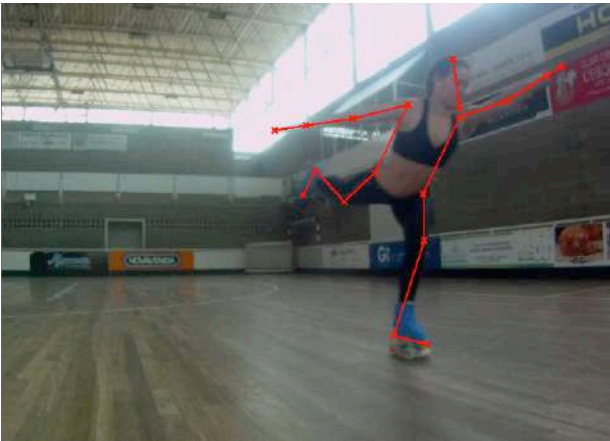
L'element en qüestió és un salt anomenat doble flip. Es basa en córrer endarrere, la cama esquerra semi flexionada i la cama dreta es situa al darrera mantenint una separació d'uns 30°, els braços, a l'altura de l'espatlla, l'esquerra a davant i el dret una més o menys en diagonal cap a darrera. Seguidament, es flexiona la cama esquerra mantenint el cos ben recta i la cama dreta s'allarga així aconseguint tenir el pes del cos cap a darrera, i es recórrer al recolzament del fre dret, així aconseguint el pes total sobre aquesta cama. Llavors, mentre es flexiona les cames, alhora que els braços baixen, per així, agafar l'impuls total a l'hora de saltar i girar fent les dos voltes. S'acaba el salt caient al cim de la cama dreta i es procedeix al final del salt amb un element anomenat "sortida", on la cama esquerra s'estira diagonalment cap a darrera i els braços als cantons estirats, en forma de 180°.



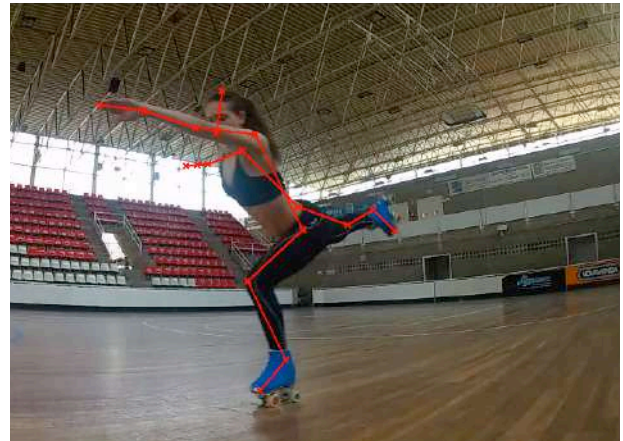
*Imatge 53-realització tècnica d'un doble flip*

Per analitzar, es fa el mateix procés anterior, és a dir, a partir del programa, aconseguim una animació en 3D i finalment, unes gràfiques on ens mostren els resultats obtinguts.

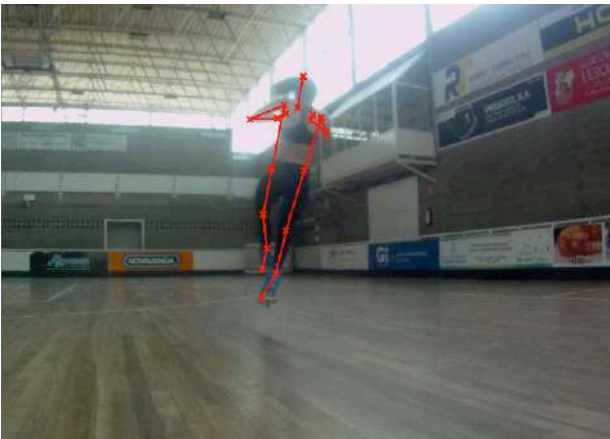
En la *Figura 9*, la *Figura 10*, la *Figura 11*, la *Figura 12*, la *Figura 13* i la *Figura 14* es pot veure alguns dels fotogrames marcats ja amb la posició del patinador.



*Imatge 54- Figura 9*



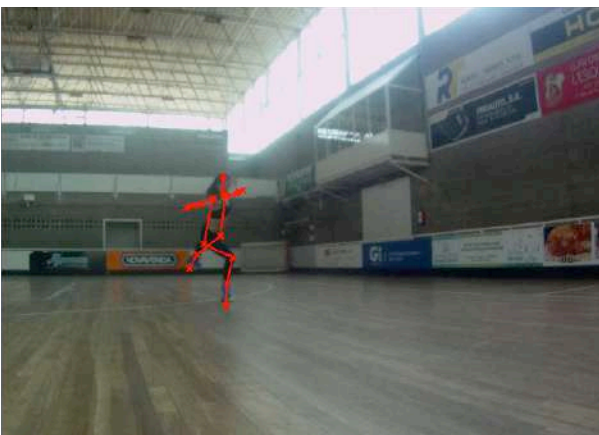
*Imatge 55- Figura 10*



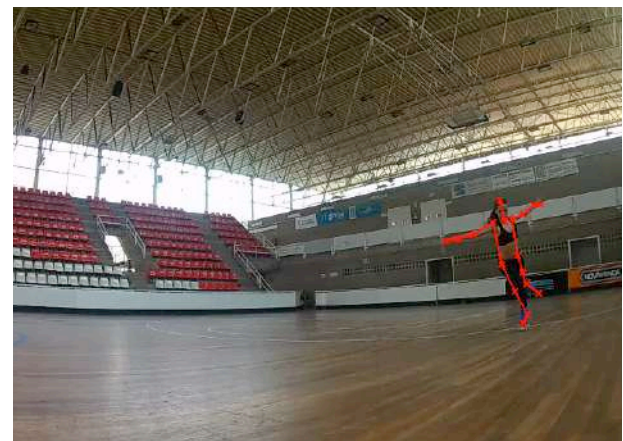
*Imatge 56- Figura 11*



*Imatge 57- Figura 12*



*Imatge 58- Figura 13*



*Imatge 59- Figura 14*

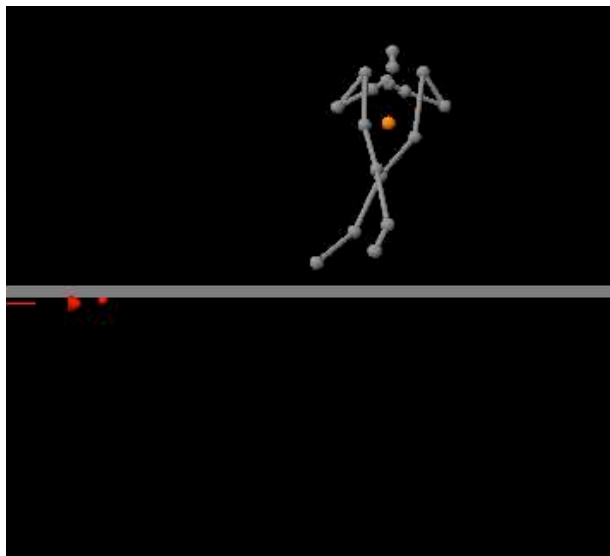
Com es pot observar, en les dues primeres imatges és a l'inici del salt i les dues últimes són al final, el moment de la "sortida". En les del mig, és a l'hora de la rotació a l'aire, per tant, serà el moment on ens centrarem per estudiar si s'aplica la demostració anterior en un element complex de patinatge.

Per la comprovació ho farem amb les mateixes gràfiques que pel senzill element anterior.

\*S'ha de tenir en compte que les gràfiques només fa referència als fotogrames on el patinador està a l'aire, és a dir, únicament durant la rotació del salt.

#### 5.1.1.- ANIMACIÓ 3D:

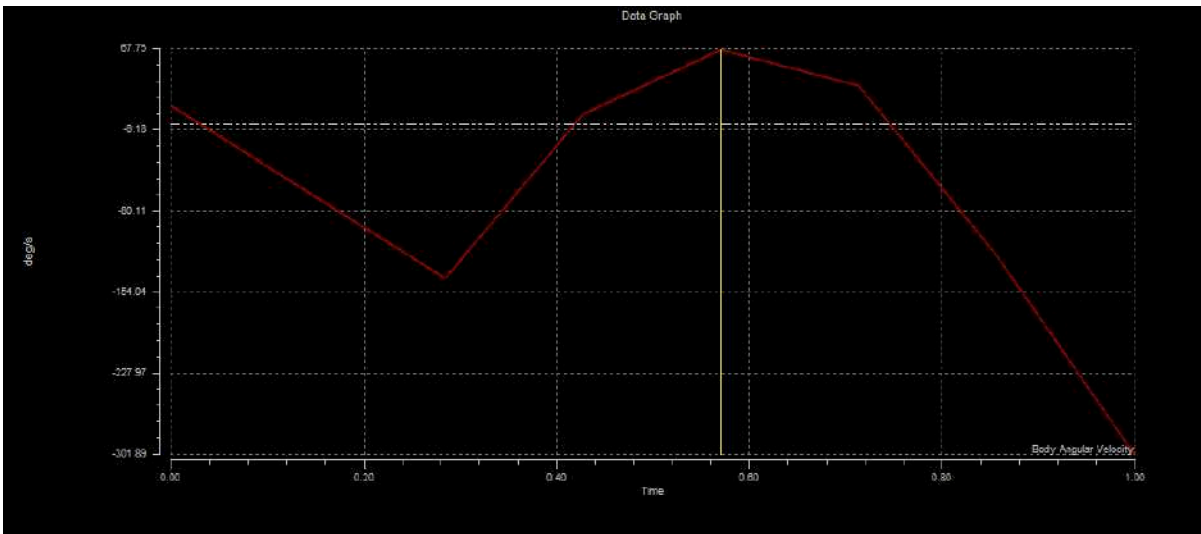
En l'animació 3D obtinguda, com anteriorment hem fet, podem veure-la des de diferents punts de vista, i per tant, entendre millor el moviment realitzat en el patinatge.



*Imatge 60- Figura 15*

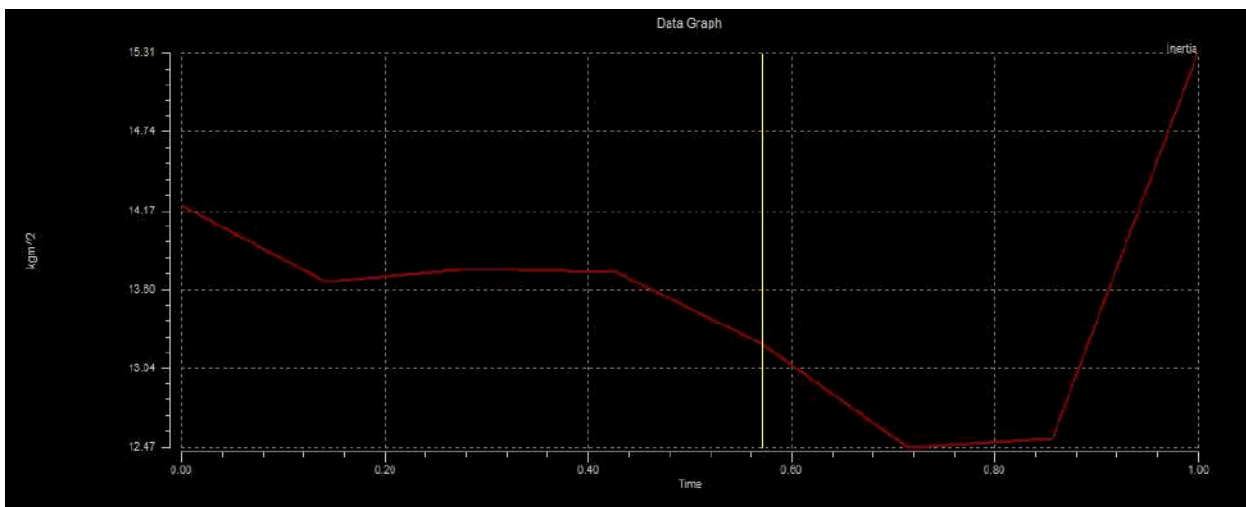
#### 5.1.2.- RESULTATS -GRÀFIQUES:

La gràfica de la velocitat angular:



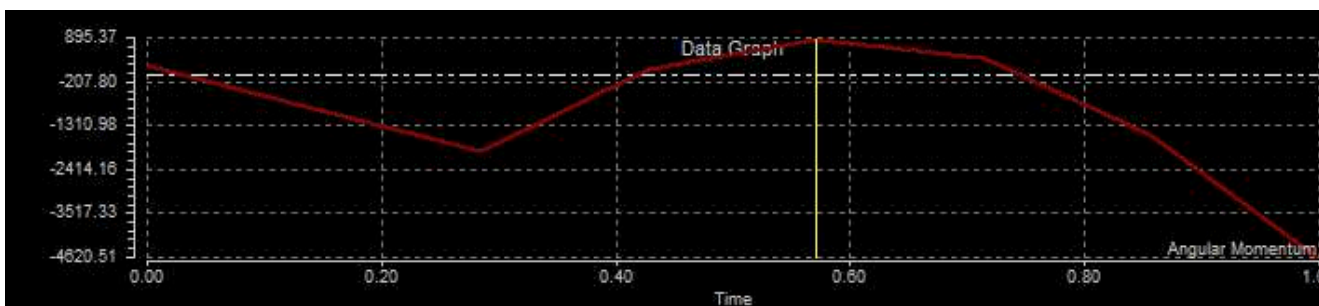
Imatge 61- gràfica de la velocitat angular

La gràfica del moment d'inèrcia:



Imatge 62- gràfica del moment d'inèrcia

La gràfica del moment angular:

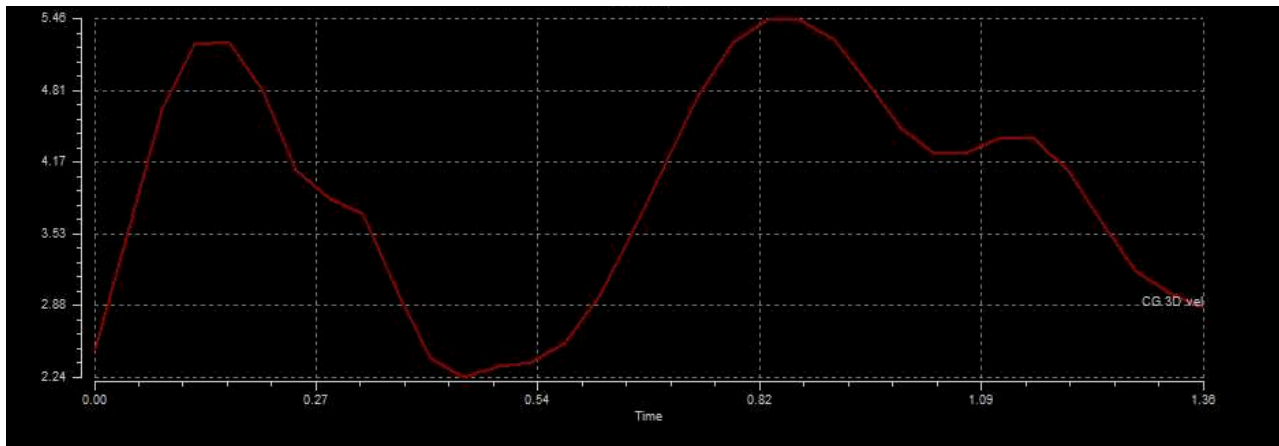


Imatge 63- gràfica del moment angular



A més, les gràfiques de cinemàtica lineal que també donen informació sobre el salt.

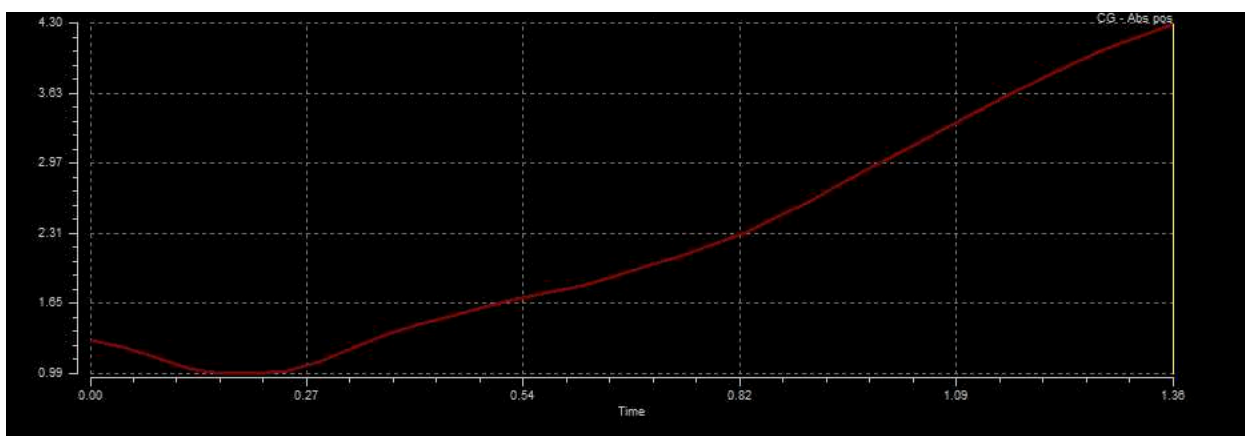
Gràfica de la velocitat:



Imatge 64- gràfica de la velocitat

Podem veure que la velocitat és molt variada, això és degut a que el salt té diverses fases. En el primer màxim que es troba, de cop baixa al mínim absolut, fa referència al moment de la picada amb el fre, per aquest motiu la velocitat disminueix dràsticament. Llavors, torna a augmentar ja que s'agafa velocitat a l'aire i al tocar al terra, també n'hi ha.

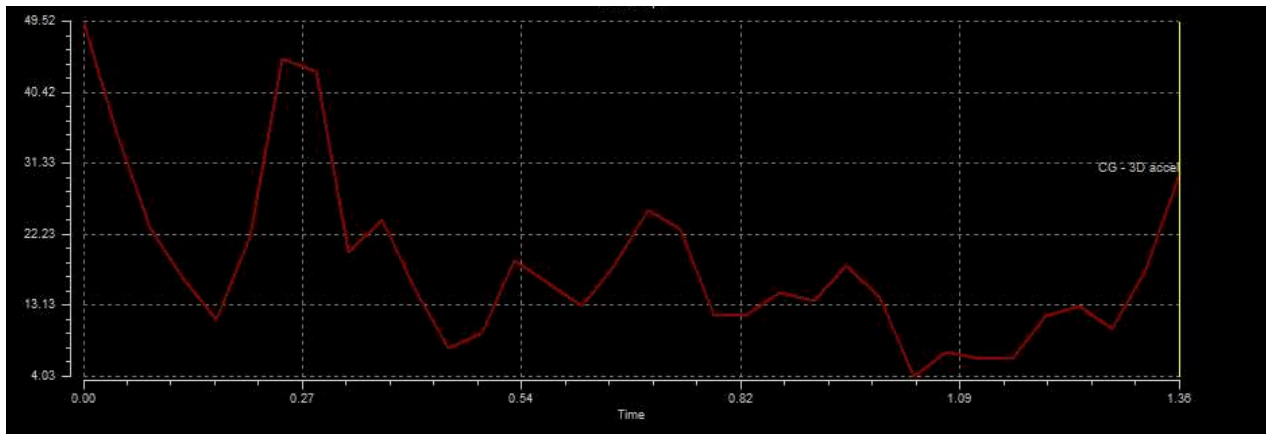
Gràfica de la posició:



Imatge 65- gràfica de la posició

En aquesta, és força lineal a causa de que sempre es va augmentar la posició, només baixa al principi que és quan hi ha la picada del doble flip amb el fre.

Gràfica de l'acceleració:

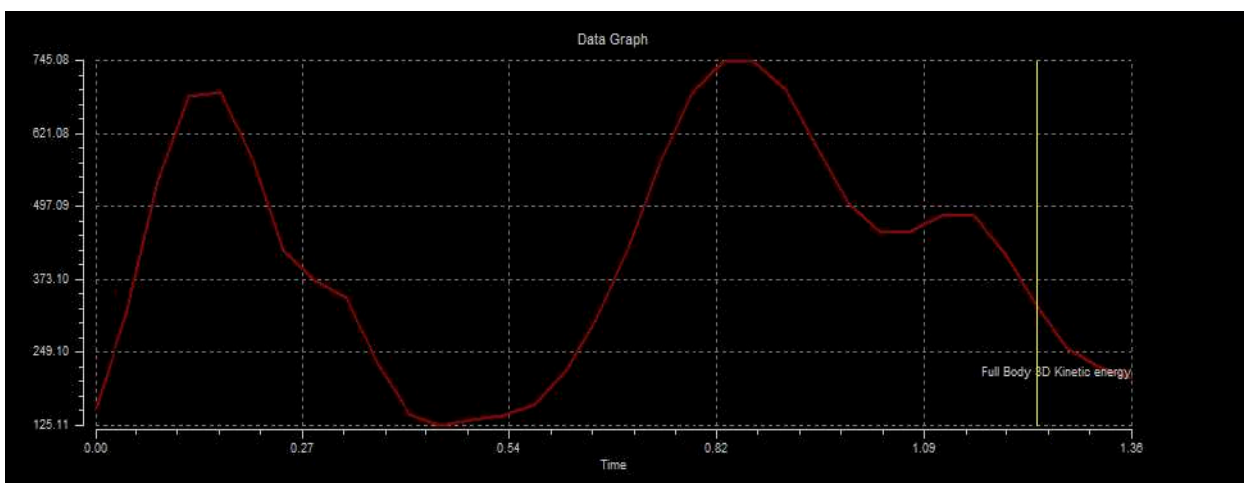


Imatge 66- gràfica de l'acceleració (CG)

L'acceleració és molt variada, ja que hi ha la picada, la qual es disminueix la velocitat, ja que quasi es queda parada, llavors hi ha la fase de vol, a l'aire, on la patinadora al tancar-se amb ella mateixa agafa velocitat angular mentre que també n'hi ha de lineal, i al caure al terra, també s'agafa velocitat.

### 5.1.3.- RESULTATS – GRÀFIQUES DEMOSTRACIÓ DE LA CONSERVACIÓ DE L'ENERGIA:

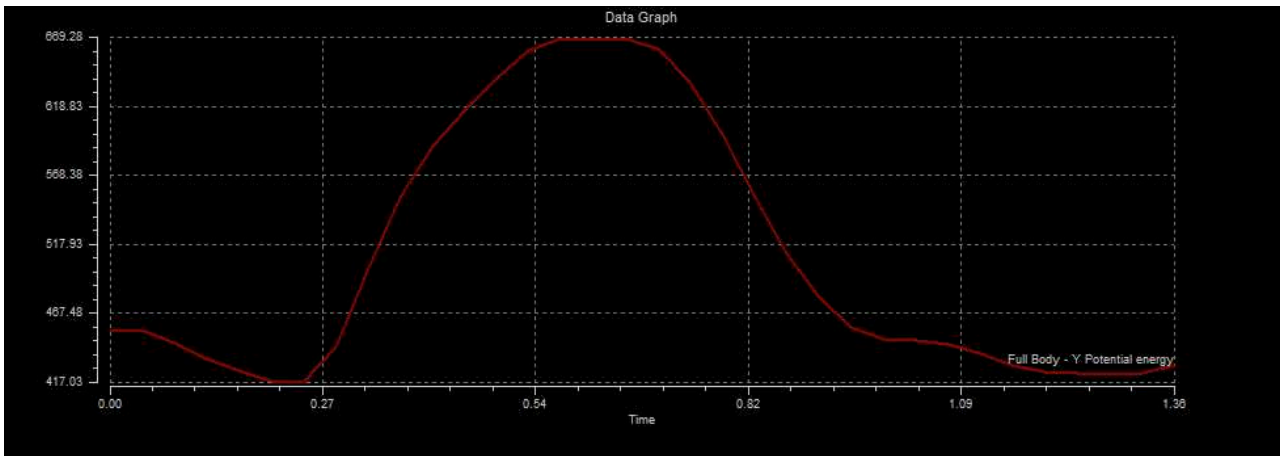
Gràfica de l'energia cinètica en relació a un pes de 50kg de la patinadora.



Imatge 67- gràfica de l'energia cinètica

En aquesta gràfica es mostra l'energia cinètica, és a dir, la velocitat en el moviment, i es veu una reducció, la qual fa referència a la picada del fre per saltar cap a l'aire, i llavors i torna a haver-hi una altra al caure a terra.

Gràfica de l'energia potencial:



*Imatge 68- gràfica de l'energia potencial*

En aquesta gràfica es mostra una energia potencial lineal, excepte un moment on augmenta molt, que és la fase de vol, és a dir, el moment on la patinadora està a l'aire girant. Per tant, ens indica que la patinadora anava a una altura ha saltat enlaire, així obtenint una altura superior, i llavors ha tornat a l'altura inicial.



## 5.2.- APLICACIÓ EN UNA PIRUETA COMPLEXA:

La llei de la conservació de l'energia, com hem dit, s'ha de poder aplicar a elements artístics, per tant, ara es provarà amb un element de patinatge complex, així es pot comprovar si hi ha una aplicació, encara que hi hagi moltes variables. El procés que es duu a terme és el mateix que anteriorment, és a dir, a partir del programa SkillSpector i quatre vídeos: dos de l'elements i dos de la seva calibració respectivament (des de diferents punts de vista).

L'element en concret és una pirueta combinada, el fet de no ser un element simple ho complica, pel fet que la patinadora fa també una força per realitzar el canvi de pirueta. En aquest cas és una pirueta àngel esquerra exterior, que es passa a baixa esquerra exterior amb la cama estirada, i llavors es doblega, així fent un diàmetre més petit entorn a l'eix.

Primer, observarem uns quants fotogrames dels vídeos. En la *Figura 16* i *Figura 17* es veu la primera part de la pirueta, l'àngel. Les dues imatges són el mateix fotograma des dels dos punts de vista, i llavors a la *Figura 18* i *Figura 19*, es mostra la segona part, la baixa exterior, on la cama està més o menys estirada (està a un punt on s'està començant a doblegar, cap a la tercera part) de la mateixa forma respectivament.



Imatge 69- Figura 16

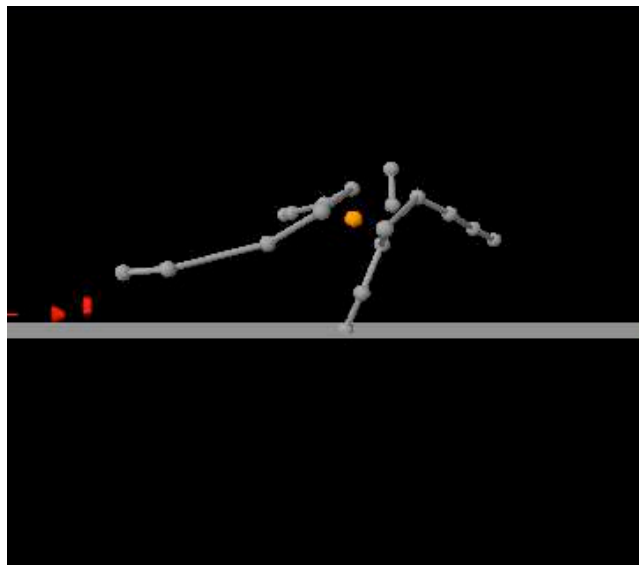


Imatge 70- Figura 17



*Imatge 71- Figura 18*

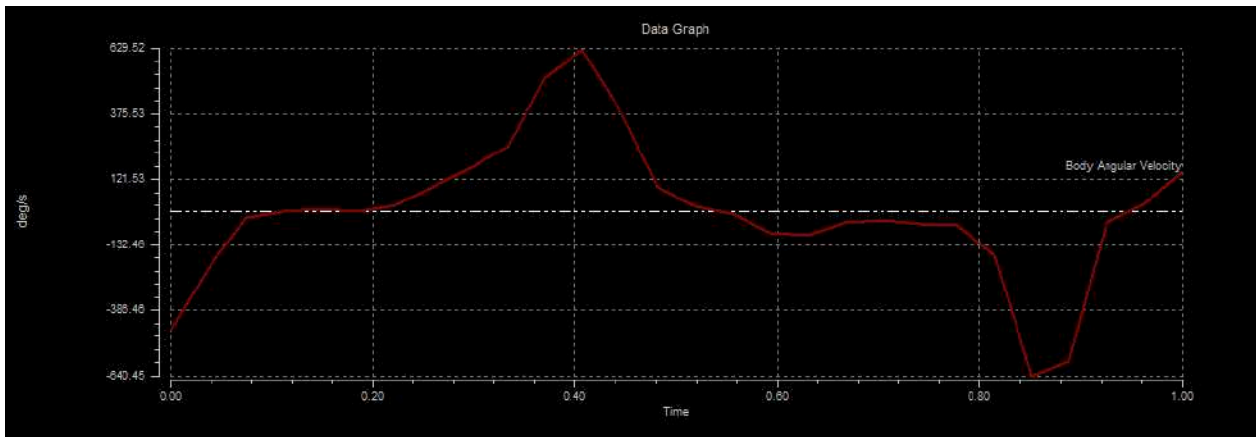
### 5.2.1.- ANIMACIÓ 3D:



*Imatge 72- Figura 19*

En l'animació 3D podem veure la patinadora (en pals) en tres dimensions, és a dir, la podem veure tant d'un costat, com de dalt. La Figura 20 mostra la segona fase, on està fent la pirueta baixa exterior amb la cama estirada.

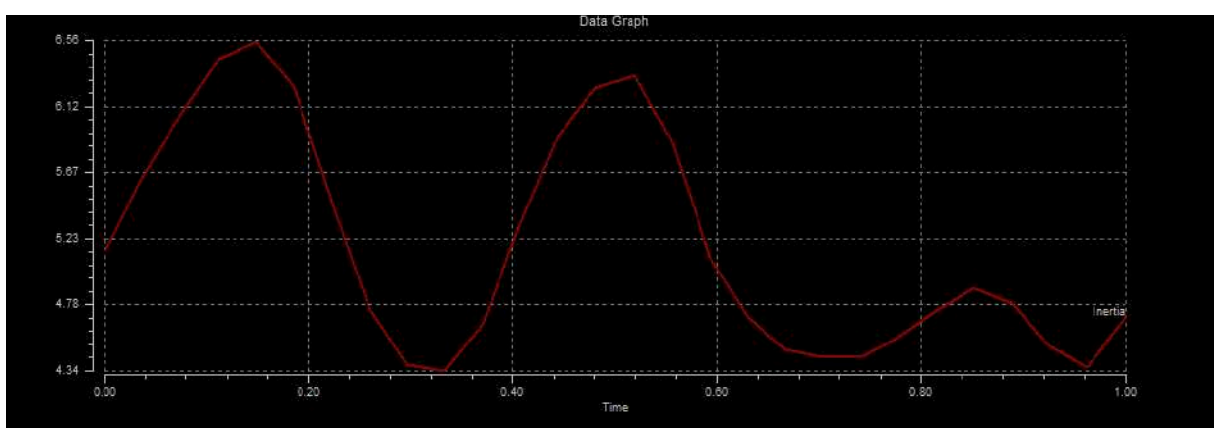
## 5.2.2.- RESULTATS – GRÀFIQUES DE LA CONSERVACIÓ DEL MOMENT ANGULAR: Gràfica de la velocitat angular



*Imatge 74- gràfica de la velocitat angular*

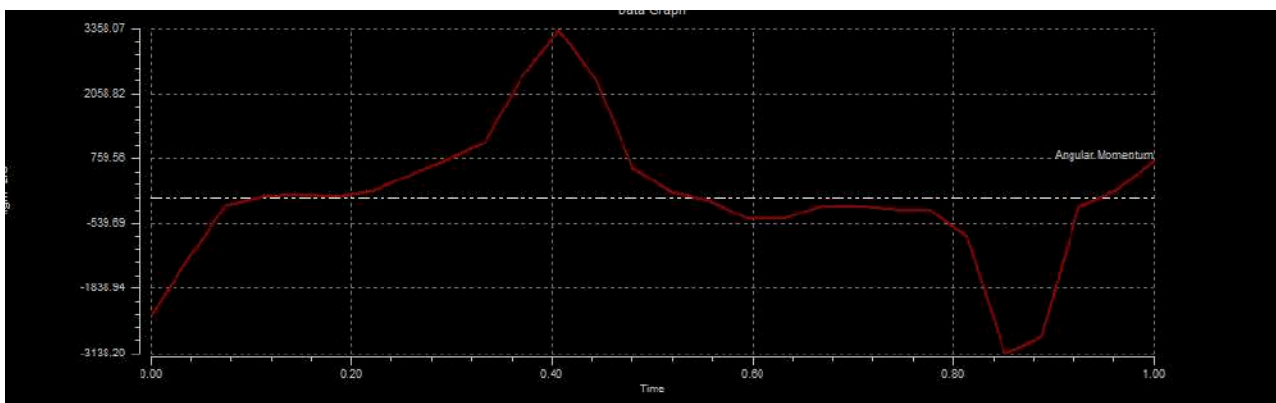
En aquesta gràfica podem veure que la velocitat angular varia, això és degut al canvi de piruetes, ja que augmenta la velocitat al tancar la cama i començar a canviar (d'àngel a baixa), però quan es porta estona fent la baixa es perd velocitat, això ho causa per una part el diàmetre, que és molt gran, i per l'altre, el fregament del terra amb les rodes i el de l'aire amb el cos de la patinadora.

## Gràfica del moment d'inèrcia



*Imatge 75- gràfica del moment dinèrcia*

Gràfica del moment angular:



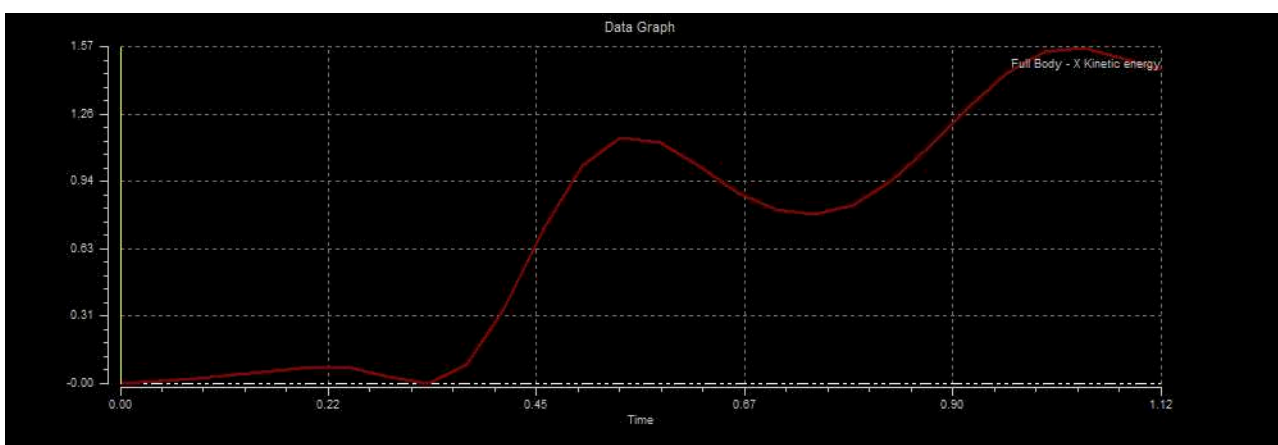
Imatge 76- gràfica del moment angular

El moment angular només es compleix en un sistema aïllat, i aquí podem veure que el moviment no segueix aquesta llei, i és perquè no és un sistema aïllat, ja que el peu fa una força contra el terra. Per tant, no és constant.

### 5.2.3.- RESULTATS- GRÀFIQUES DE LA CONSERVACIÓ DE L'ENERGIA:

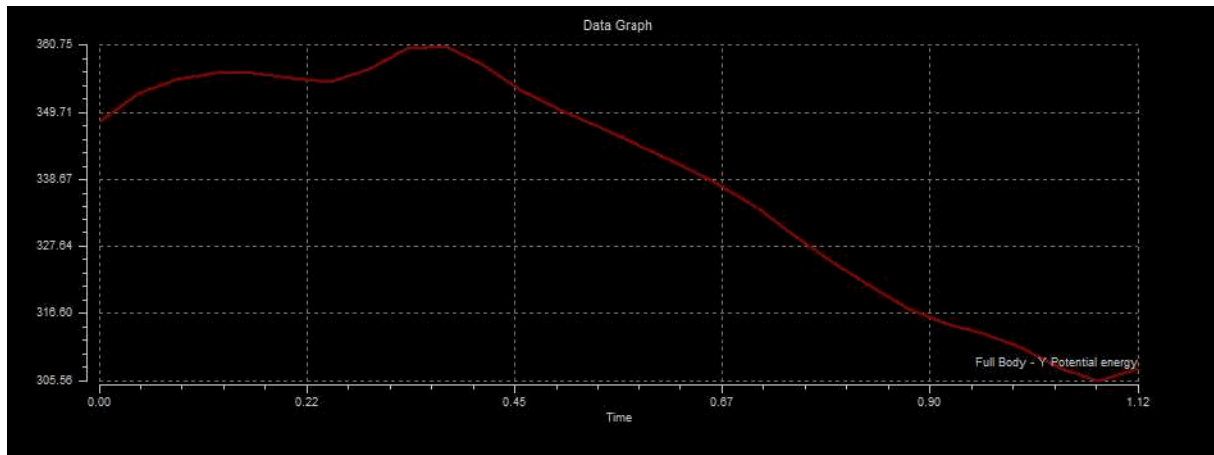
També s'ha pensat en mirar si es conserva una altra llei de la física, la de l'energia, per tant, es mostra les gràfiques de l'energia cinètica, que és la velocitat, i la de la potencial, que és l'altura.

Gràfica de l'energia cinètica:



Imatge 77- gràfica de l'energia cinètica

Gràfica de l'energia potencial:



*Imatge 78- gràfica de l'energia potencial*

Es mostra que hi ha una reducció de l'altura durant el moviment, que fa referència al canvi de pirueta, ja que la patinadora passa d'una posició àngel a una posició baixa.

## 6.- CONCLUSIONS:

La conclusió general d'aquest treball de recerca fa referència a diferents àmbits.

La primera conclusió extreta sobre el meu primer objectiu, que era averiguar si hi havia lleis físiques a dintre el patinatge, és que òbviament que sí, i no només n'hi ha una, sinó que n'hi ha moltes, ja que mentre anava endinsant-me en el treball n'anava averiguant. Principalment, em vaig centrar en la conservació del moment angular, per aplicar-ho pràcticament tant en els salts com en les piruetes, així doncs, vaig començar demostrant la llei a partir d'un element bàsic del patinatge i molt tècnic, una pirueta senzilla, i completament es compleix aquesta propietat. A partir d'aquesta resposta, vaig poder provar d'aplicar-ho en elements més complexes.

Primer un salt, el doble flip, el qual a partir de totes les gràfiques, s'ha aconseguit uns resultats que, encara que no siguin precisos, la conclusió extreta és que sí que hi ha una aplicació pràctica de la física, ja que la línia vermella, que és la resultant dels moments angulars durant la rotació, sempre està força a prop del zero. Hi ha forces irregularitats, les quals es poden entendre ja que hem de considerar que hi ha una altura que canvia durant aquesta rotació. També, s'ha de tenir present que aquest salt hi ha una ajuda del fre, una part del patí des d'on es salta i fa l'acció de molla. I per acabar, també existeix el fregament degut a l'aire amb el cos de la patinadora, i el fregament al terra amb les rodes. Al final de la gràfica, on baixa moltíssim és degut a que el moment es conserva mentre hi hagi fregament, i quan s'acaba no n'hi ha, ja que el moviment s'ha acabat.

Llavors, també vaig observar que en el mateix salt es complia la llei de la conservació de l'energia, basada en l'energia potencial i l'energia cinètica, i a partir de les gràfiques també extretes, es pot veure que es complementen força, i que es pot dir que sí que n'hi ha.

Amb el meu primer element pràctic realitzat, vaig voler provar-ho amb una pirueta complexa, encara que ja sabia que no sortiria tan bé, bàsicament perquè hi havia un canvi de pirueta, i per tant canviaria la velocitat. Tot i així, finalment amb les gràfiques es pot veure que compleix la conservació de l'energia, encara que no hi ha conservació del moment angular, perquè aquesta només funciona si es un sistema aïllat, i en la pirueta el meu peu fa una força contra el terra.

Amb aquest primer objectiu, crec que la conclusió és força fiable i correcta, ja que sí que hi ha algunes variabilitats o irregularitats, però també s'ha de tenir en compte que la

patinadora, que sóc jo, ha hagut de fer coses inusuals, com en el salt, que tenia les càmeres molt aprop a l'hora de saltar, feia servir càmeres de poca distància, o en la pirueta complexa, que va haver-la de realitzar en una pista que relliscava molt, i a causa d'això no va poder fer la pirueta que es desitjava, que era una pirueta combinada de talons (taló esquerra a taló dret), i va haver de fer simple. També es pot afegir, que hi ha hagut diversos problemes amb el programa SkillSpector; des de la conversió de vídeos en un format determinat a la calibració.

Altre factor que he descobert, i m'ha assombrat, és que la realitat és molt complicada, és a dir, els models de física que s'expliquen a classe són bons, però sempre suposant un munt de condicions que sovint no tenim en la realitat, com que no hi hagi fregament, o la captació perfecte de dades, etc...

El meu segon objectiu, era averiguar l'antropometria dels patinadors i si era similar. El resultat no pot ser fiable ni demostrable, ja que només he observat a partir de taules d'altres estudis i de les patinadores del meu entorn, però puc afirmar que sí que tenen unes característiques similars, i també aquestes varien depenen de la categoria que es realitza: en les modalitats de dansa i parelles, les noies són primes i molt àgils, en canvi en la modalitat de lliure, són musculades i no solen ser gaire altes, amb una proporció adequada del cos.

El meu tercer i últim objectiu, que era aconseguir gravar vídeos en 3D, també s'ha realitzat. Els resultats són petites gravacions de la pirueta simple, el doble flip i la pirueta complexa, des de diversos angles, on es veu una figura de pals fent l'element. Encara que nosaltres hem fet el procediment a partir de dues càmeres gravant el mateix element i la seva respectiva calibració per aconseguir el 3D, hi ha altres sistemes de captació del moviment, com el "mocap", que és molt més precís i complex.

I per acabar, a nivell personal, m'ha ajudat moltíssim en entendre com funciona un treball i el temps que comporta. Al principi que s'incia, no hi ha ganes, però a mesura que

t'endinses en el treball, vas fent recerca i descobrint coses, i al final acabes intrigada en el resultat final.



## 7.- BIBLIOGRAFIA / WEBGRAFIA:

- Caiza, Robinson. (n.d.) *El teorema de Steiner*. [online]. Scribd. Available at:  
<https://www.scribd.com/doc/72215912/El-Teorema-de-Steiner>
- Fecapa.cat. (2016). *Federació catalana de patinatge*. [online] :Catalunya, Espanya.  
<http://www.fecapa.cat/contingut.php?territorial=Comitès&contingut=reglaments&comite=patinatgeartistic>
- Fiscalab.com. (n.d.) *Momento Angular | Fiscalab*. [online]. Available at:  
<https://www.fiscalab.com/apartado/momento-angular#contenidos>
- Franco, Ángel. (2003). *Sólido Rígido*. [online] País Vasc, España. Available at:  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/rotacion/inercia/inercia.html>
- Laura. (2013). *Leyes de conservación | La Guía de la física*. [online] Available at:  
<http://fisica.laguia2000.com/general/leyes-de-conservacion>  
<http://www.ual.es/~mnavarro/Tema3Dinamicasolidorigido.pdf>
- Merlo, Antonio. (2006). *Pattinaggio artistico individuale libero*. Treviso, Italia.
- Sarto, Patrizio. (n.d.) *¿Existen características fisiológicas específicas en el patinaje artístico?*. Treviso, Italia
- The engineering Toolbox. (n.d.) *Moment of inertia*. [online] Available at:  
[http://www.engineeringtoolbox.com/moment-inertia-torque-d\\_913.html](http://www.engineeringtoolbox.com/moment-inertia-torque-d_913.html)
- Video4Coach. (2016). *3D Analysis Tutorial*. [online] Dinamarca. Available at:  
[http://video4coach.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=68%3A3d-analysis-tutorial&catid=40%3Atutorials&Itemid=4&lang=en](http://video4coach.com/index.php?option=com_content&view=article&id=68%3A3d-analysis-tutorial&catid=40%3Atutorials&Itemid=4&lang=en)
- Video4Coach. (2016). *3D Kinematic Filiming*. [online] Dinamarca. Available at:  
[http://video4coach.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=67%3Askillspector-3d-kinematic-filiming&catid=40%3Atutorials&lang=en](http://video4coach.com/index.php?option=com_content&view=article&id=67%3Askillspector-3d-kinematic-filiming&catid=40%3Atutorials&lang=en)
- Video4Coach. (2016). *3D Calibration Setup*. [online] Dinamarca. Available at:  
[http://video4coach.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=69%3A3d-calibration-setup&catid=40%3Atutorials&lang=en](http://video4coach.com/index.php?option=com_content&view=article&id=69%3A3d-calibration-setup&catid=40%3Atutorials&lang=en)

Vila, M<sup>a</sup> Helena; MACHADO, Carmen; FERRAGUT, Carmen. (2015). *Antropometría, Composición Corporal y Somatotipo de las Patinadoras de Elite en Patinaje Artístico sobre Ruedas: Análisis por Disciplinas*. [online] Vigo, Espanya: Researchgate. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/282654206\\_Antropometria\\_Composicion\\_Corporal\\_y\\_Somatotipo\\_de\\_las\\_Patinadoras\\_de\\_Elite\\_en\\_Patinaje\\_Artistico\\_sobre\\_Ruedas\\_Analisis\\_por\\_Disciplinas\\_Anthropometry\\_Body\\_Composition\\_and\\_Somatotype\\_Characteristics\\_of](https://www.researchgate.net/publication/282654206_Antropometria_Composicion_Corporal_y_Somatotipo_de_las_Patinadoras_de_Elite_en_Patinaje_Artistico_sobre_Ruedas_Analisis_por_Disciplinas_Anthropometry_Body_Composition_and_Somatotype_Characteristics_of)

**ÍNDEX D'IL·LUSTRACIONS:**

|   |           |
|---|-----------|
| Imatge 1- primers patins.....   | 7         |
| Imatge 2- patí de la modalitat de lliure .....                                      | 9         |
| Imatge 3- patí de FFOO, apte tan per escola com bucles .....                        | 9         |
| <i>Imatge 4- mapa conceptual dels elements artístics.....</i>                       | <i>10</i> |
| Imatge 5- realització tècnica del salt del tres .....                               | 12        |
| Imatge 6- realització tècnica del salchow.....                                      | 13        |
| Imatge 7- realització tècnica del toe loop/metz .....                               | 13        |
| Imatge 8- realització tècnica del flip .....  | 14        |
| Imatge 9- realització tècnica del loop/rittberger.....                              | 15        |
| Imatge 10- realització tècnica de l'axel .....                                      | 15        |
| Imatge 11- realització tècnica de la pirueta vertical interior (esq.endarrere)..... | 17        |
| Imatge 12- realització tècnica de la pirueta vertical exterior (esq.endavant) ..... | 18        |
| Imatge 13- realització tècnica de la pirueta baixa interior (esq.endarrere) .....   | 19        |
| Imatge 14- realització tècnica de la pirueta baixa exterior (dret.endarrere).....   | 19        |
| Imatge 15- realització tècnica de la pirueta baixa exterior (esq.endavant).....     | 20        |
| Imatge 16- realització tècnica de la pirueta àngel exterior (dret.endarrere).....   | 20        |
| Imatge 17- realització tècnica de la pirueta àngel exterior (esq.endavant).....     | 21        |
| Imatge 18- realització tècnica de la pirueta broken.....                            | 22        |
| Imatge 19- realització tècnica de la pirueta taló .....                             | 22        |
| Imatge 20- realització tècnica de la pirueta reversada.....                         | 23        |
| Imatge 21- realització tècnica de la pirueta Bryant .....                           | 23        |
| Imatge 22- realització tècnica de la pirueta flying camel.....                      | 23        |
| Imatge 23- realització tècnica de la pirueta butterfly .....                        | 24        |
| Imatge 24- forma de l'escola (FFOO).....  | 27        |
| Imatge 25- forma dels bucles (FFOO).....  | 27        |
| Imatge 26- conservació del moment .....   | 31        |

|  |    |
|--|----|
| Imatge 27- conservació de l'energia .....                            | 31 |
| Imatge 28- conservació del moment angular .....                      | 33 |
| Imatge 29- regla de la mà dreta .....                                | 34 |
| Imatge 30- moment angular d'un sòlid rígid .....                     | 34 |
| Imatge 31- càlcul del moment d'inèrcia d'una vareta .....            | 37 |
| Imatge 32- càlcul del moment d'inèrcia d'undisc.....                 | 37 |
| Imatge 33- càlcul del moment d'inèrcia d'un cilindre .....           | 38 |
| Imatge 34- càlcul del moment d'inèrcia d'una placa rectangular ..... | 38 |
| Imatge 35- càlcul del moment d'inèrcia d'una esfera .....            | 38 |
| Imatge 36- càlcul del moment d'inèrcia d'un paral·lelepípede.....    | 39 |
| Imatge 37- estructura per la calibració .....                        | 40 |
| Imatge 38- calibració adequada per l'estructura .....                | 41 |
| Imatge 39- Figura 1 .....  | 42 |
| Imatge 40- Figura 2 .....  | 43 |
| Imatge 41- Figura 3 .....  | 44 |
| Imatge 42- Figura 4 .....  | 44 |
| Imatge 43- Figura 5 .....  | 45 |
| Imatge 44- Figura 6 .....  | 45 |
| Imatge 45- Figura 7 .....  | 46 |
| Imatge 46- Figura 8 .....  | 46 |
| Imatge 47- gràfica de la velocitat angular .....                     | 47 |
| Imatge 48- gràfica del moment d'inèrcia .....                        | 47 |
| Imatge 49- gràfica del moment angular.....                           | 48 |
| Imatge 50- gràfica de la posició (CG).....                           | 49 |
| Imatge 51- gràfica de la velocitat (GC).....                         | 49 |
| Imatge 52- gràfica de l'acceleració (GC).....                        | 49 |
| Imatge 53- Realització tècnica del doble flip .....                  | 50 |
| Imatge 54- Figura 9 .....  | 51 |

|  |    |
|--|----|
| Imatge 55- Figura 10 .....                       | 51 |
| Imatge 56- Figura 11 .....                       | 51 |
| Imatge 57- Figura 12 .....                       | 51 |
| Imatge 58- Figura 13 .....                       | 51 |
| Imatge 59- Figura 14 .....                       | 51 |
| Imatge 60- Figura 15 .....                       | 52 |
| Imatge 61- gràfica de la velocitat angular ..... | 53 |
| Imatge 62- gràfica del moment d'inèrcia .....    | 53 |
| Imatge 63- gràfica del moment angular.....       | 53 |
| Imatge 64- gràfica de la velocitat (CG).....     | 54 |
| Imatge 65- gràfica de la posició (GC).....       | 54 |
| Imatge 66- gràfica de l'acceleració (CG).....    | 55 |
| Imatge 67- gràfica de l'energia cinètica.....    | 55 |
| Imatge 68- gràfica de l'energia potencial .....  | 56 |
| Imatge 69- Figura 16 .....                       | 57 |
| Imatge 70- Figura 17 .....                       | 57 |
| Imatge 71- Figura 18 .....                       | 58 |
| Imatge 72- Figura 19 .....                       | 58 |
| Imatge 73- Figura 20 .....                       | 58 |
| Imatge 74- gràfica de la velocitat angular ..... | 59 |
| Imatge 75- gràfica del moment d'inèrcia .....    | 59 |
| Imatge 76- gràfica del moment angular.....       | 60 |
| Imatge 77- gràfica de l'energia cinètica.....    | 60 |
| Imatge 78- gràfica de l'energia potencial .....  | 61 |

## 8.- ANNEXOS:

Els annexos d'aquest treball de recerca estan adjuntats al pen.

En el pen hi ha quatre carpetes, les quals en cada hi ha quatre vídeos: dos de l'element que tracta des de diferent angle, i dos de l'estructura amb el seu respectiu angle.

- PIRUETA SIMPLE: En aquí a més, hi ha tres vídeos que són del resultat final, és dir, l'animació en 3D. Un és de vista frontal, l'altre de vista aèrea, i l'altre de vista frontal però amb comparació de l'element del patinatge.
- DOBLE FLIP: Aquesta també té dos vídeos més, de l'animació en 3D, un amb vista frontal i l'altre igual però comparant-ho amb l'element del patinatge.
- PIRUETA COMBINADA:
- PIRUETA TALONS: En aquesta no he treballat amb el programa però era la meva primera intenció en la pirueta combinada, però per raons de que la pista relliscava molt, no vaig aconseguir fer-la bé i per tant, vaig fer base.

