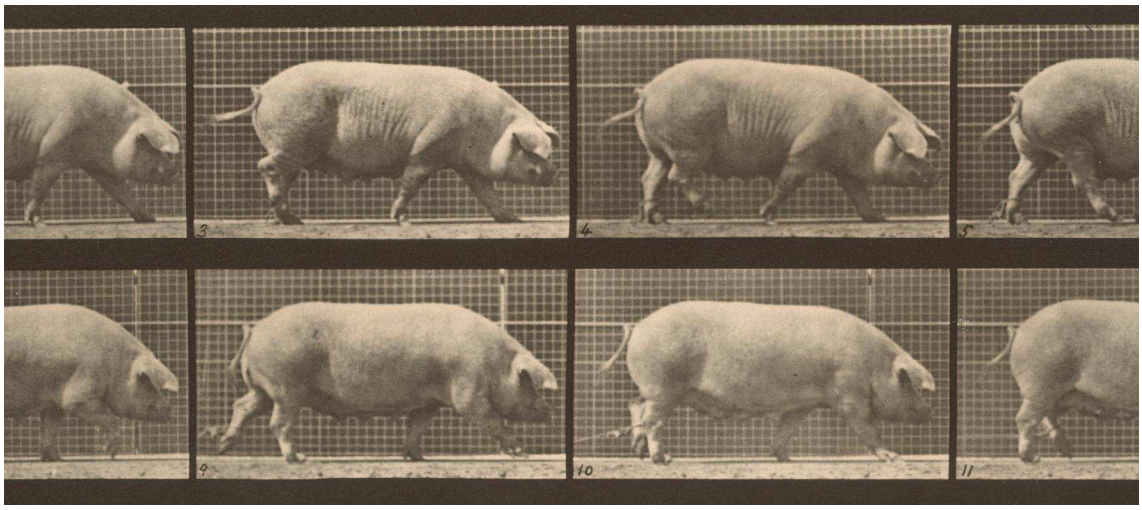
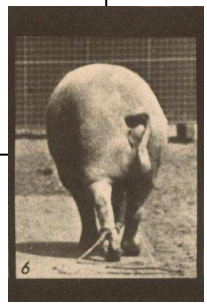
Universitat de Lleida



Tesi doctoral

"Ús de plataformes de força per a l'estimació del Pes Viu, i valoració de la Condició Corporal i de la Locomotricitat de verres en producció"

Doctorant,
Lluís Puigdomènech Franquesa
Lleida, desembre 2008


6

Resum

En aquest treball, es pretén analitzar les possibilitats que té l'introducció de plataformes de força simples (plataforma rígida de 1,5*3,0 m sobre quatre cèl.lules càrrega al pas de verres sense aturar ni condicionar) en granja de producció de garrins per a l'estimació de pes viu, valoració de la condició corporal (gruix de dorsal sobre pes viu) i de la locomotricitat (anàlisi de la marxa).
A partir d'una meta-anàlisi i l'estudi de les dades observades en granja (pes viu estàtic, gruix de greix dorsal, ingesta), es conclou que la plataforma de força ha de considerar-se com a eina de diagnòstic de l'alimentació de verres i no com a eina predictiva de la producció (increment de pes de la garrinada durant l'alletament) o reproducció (interval desalletament-detecció de zel o bé cubrició fecundant).
L'estimació de pes viu mitjançant la plataforma de força es veu condicionada per l'aparició de valors "outliers" que podrien ser exclosos mitjançant una doble plataforma. Un cop realitzat un correcte retall del senyal rellevant al pas de les verres sobre la plataforma, es pot estimar amb suficient precisió el pes viu (1,1 % RMSE).
Analitzant el senyal sumat al pas de la verra sobre la plataforma de força i per a diferents bandes de freqüència (entorn, per sota i per sobre de la freqüència natural de la plataforma, 15 Hz), es valora mitjançant xarxes neuronals si existeix informació per a quantificar el gruix de greix dorsal o si més no discriminar entre verres magres i grasses. A partir de la metodologia usada, no es pot concloure l'existència d'informació per a la quantificació del greix dorsal, encara que es pot arribar a discriminar, per a freqüències per sobre de la natural (20-30 Hz), les verres més magres (gruix de greix dorsal per sota de 19 mm) de la resta.
Del tratament del senyal de les cèl·lules de càrrega per separat on es recolza la plataforma, es valora la posició del centre de gravetat de l'animal i s'intrepeta la trajectòria en cada moment. De les variables extretes de la comparació entre trajectòria i posició del centre de gravetat, es pot arribar a agrupar ("clustering") les verres segons la qualitat de la marxa.

Resumen

En este trabajo, se pretende analizar las posibilidades que tiene la introducción de plataformas de fuerza simples (plataforma rígida de 1,5*3,0 m sobre cuatro células de carga al paso de cerdas sin detener no condicionar) en granja de producción de lechones para la estimación de peso vivo, valoración de la condición corporal (grasa dorsal sobre peso vivo) y de la locomotricidad (análisis de la marcha).

A partir de un meta-análisis y el estudio de datos observados en granja (peso vivo estático, espesor de grasa dorsal, ingesta), se concluye que la plataforma de fuerza tiene que ser considerada como un instrumento de diagnóstico de la alimentación de las cerdas y no como un instrumento predictivo de la producción (incremento de peso de la camada durante la lactación) o de la reproducción (intervalo destete-detección de celo o bien cubrición fecundante).

La estimación de peso vivo mediante la plataforma de fuerza está condicionada por la aparición de valores "outliers" que podrían ser excluidos mediante doble plataforma. Una vez realizado un correcto recorte de la señal relevante al paso de las cerdas sobre la plataforma, se puede estimar con suficiente precisión el peso vivo (1,1 % RMSE).

Analizando la señal sumada al paso de la cerda sobre la plataforma de fuerza y para diferentes bandas de frecuencia (entorno, por debajo y por encima de la frecuencia natural de la plataforma, 15 Hz), se valora mediante redes neuronales la existencia de información para cuantificar el grosor de grasa dorsal o en todo caso poder discriminar entre cerdas magras y grasas. A partir de la metodología usada, no se puede concluir que exista información para la cuantificación de la grasa dorsal, sin embargo se puede llegar a discriminar, para frecuencias por encima de la natural (20-30 Hz), las cerdas más magras (espesor de grasa dorsal por debajo de 19 mm) del resto.

Del tratamiento de la señal de las células de carga por separado, se valora la posición del centro de gravedad del animal y se interpreta su trayectoria en cada momento. De las variables extraídas de la comparación entre trayectoria y posición del centro de gravedad, se pueden llegar agrupar ("clustering) las cerdas según la calidad de la marcha.

Abstract

Simple force platforms (rigid platform 1,5*3,0 m length on four load cells) are considered in farm to estimate life weight and to value body condition (backfat on life weight) and locomotion (gait analysis) of productive sows.
By means of meta-analysis and observation in farm (static life weight, backfat, daily intake), force platform has to be considered as a diagnostic tool of sow feeding rather than a predictive one for production (litter weight gain during lactation) or reproduction (weaning-breeding interval).
"Outliers" in life weight estimation by means of sow passing on force platform could be excluded by doubling platform. Life weight is rightly estimated (1,1% RMSE) since a correct extraction of the valuable part of the signal.
Otherwise, sow backfat is pretended to be estimated and discriminated by analyzing signal at diferent frequency band of platform vibration (close to, below to and above to the platform natural frequency, 15 Hz). For that purpose, artifitial neural networks are used. No significant results have been observed about backfat estimation, but discrimination could be done on lean sows (backfat under 19 mm) respect to others using frequency band above natural one (20-30 Hz).
Finally, treating load cell signal separetaly, sow center of gravity position could be estimated and its trajectory interpreted each time. Thus, comparing center of gravity position and trajectory, variables could be extracted to evaluating sow gait on the platform. Four clusters on gait quality have been obtained.

Convenis

El present document s'organitza en capítols, els quals tenen un breu resum inicial dels punts a tocar. Les referències a punts del mateix document s'expressen entre parèntesi i números separats per punts (§ .). Les referències a bibliografia s'especifiquen mitjançant gafets [autor principal, any] i les expressions matemàtiques queden referenciades mitjançant claus { . } El text en cursiva intercalat en les explicacions parlen de variables usades en el treball. Tant les taules com les figures i les expressions matemàtiques s'ordenen internament en cada capítol.
Al llarg de tot el treball apareixen una sèrie de abreviacions que a continuació es desglossen; en parèntesi la pàgina on es troba la seva definició.

Dels termes usats per a definir la condició corporal:

CC, condició corporal valorada mitjançant la combinació de les variables de pes viu i el gruix de greix dorsal o bé qualsevol altra tècnica que intenti valorar la composició corporal de les verres en termes de massa magra i greix (§1.1.2).

GD, gruix de greix dorsal (pag. 40).
- GD_i: a l'inici del període considerat.
- GD_f: al final del període considerat.
- ΔGD: increment durant el període considerat.

W, pes viu de la verra (pag. 39).
- W_i: a l'inici del període considerat. Per al període d'alletament, es considera com a pes viu inicial de la verra al pes viu en buit.
- W_f: al final del període considerat.
- ΔW: increment durant el període considerat.

Del termes usats per a definir la ingesta diària de la verra:

- Ing_1: ingesta que es produeix al 7è dia després del part (pag. 41).
- Ing_2: ingesta que es produeix al 14è dia després del part (pag. 41).
- ED, ingesta diària d'energia digestible (pag. 47).
- PB, ingesta diària de proteïna bruta (pag. 47).

Dels termes usats per a definir la capacitat productiva i reproductiva de les verres :

Wl, pes viu de la garrinada (pag. 40).
- Wl_i: a l'inici d'alletament.
- Wl_f: a final d'alletament.
- ΔWl: increment durant l'alletament.

IDCF, interval deslletament-cubrició fecundant (pag. 38)
IDDZ, interval desalletament-detecció de zel (pag. 47)

Dels termes estadístics usats :

CV, coeficient de variació
σ, desviació típica
$Q_{25\%}$, quartil 25 %
$Q_{75\%}$, quartil 75 %
IQ, interquartil
IC, interval de confiança
RMSE error mig quadratic
p, nivell de significació
r, correlació
Q_T, estadístic per a la valoració d'heterogeneïtat entre articles.
E, especificitat, encerts totals en una taula de contingència.
SE, sensibilitat, veritables positius respecte a tots els positius en una taula.
SP, especificitat, veritables negatius respecte a tots els negatius.
- TP, veritables positius
- FP, falsos positius
- TN, veritables negatius
- FN, falsos negatius
- P, total positius
- P', total negatius
- Q, estimats positius
- Q', estimats negatius

NCE, fuzziness performance index, qualitat d'agrupament(pag. 93)
FPI, normalized classification entropy, qualitat d'agrupament (pag. 93)

Dels termes usats en filtres :

LTI, filtre lineal i invariant en el temps
FIR, filtre de resposta impulsional finita
IIR, filtre de resposta impulsional infinita o recursiu
f_s, freqüència de mostreig.
f_l, llindar inferior de freqüència per a un filtre passabaixos o passabanda.
f_h, llindar superior de freqüència per a un filtre passabanda.
S, nombre de mostres o nombre de mostres per a la detecció d'un extrem relatiu.
Th amplitud mínima del senyal per a considerar un extrem relatiu.
FS, fons d'escala

Dels termes usats per a l'aprenentatge de xarxes neuronals (pag. 64):

LR, learning rate, raó d'aprenentatge de la xarxa neuronal
M, moment d'una xarxa neuronal multicapa orientada

Variables extretes del senyal sumat en el domini temps per a les diferents bandes de freqüència (pag 82):

Long, longitud del tram considerat del senyal en nombre de mostres
Pendp, mediana del pendent màxim positiu entre extrems relatius
Pendn, mediana del pendent màxim negatiu entre extrems relatius
D_2p, derivada segona dels màxims relatius
D_2n, derivada segona dels mínims relatius
Ampl, amplitud del senyal
Distp, distància en nombre de mostres entre màxims relatius
Distn, distància en nombre de mostres entre mínims relatius

Termes per a l'anàlisi de la marxa

cdg, centre de gravetat
X, posició transversal respecte l'origen en la plataforma (pag. 87)
Y posició longitudinal respecte a l'origen en la plataforma (pag. 87)
B/P, quocient entre el balanç de l'impuls i el pes viu (pag. 91)
Velo, velocitat mitjana (pag. 91)

Prefaci

La Condició Corporal (CC) en verres és una eina de gestió per a l'alimentació en granja. Juntament amb la locomotricitat a sortida de parideres conformen dos dels criteris importants (entre d'altres) per a la renovació del bestiar en la mateixa. Es pretén valorar el desenvolupament de tècniques a partir de l'us de plataformes de força per a l'estimació de pes viu, la valoració de la CC i locomotricitat.

Es comença definint què és Condició Corporal i esmentant la incidència d'una CC extrema sobre verres en producció en l'àmbit experimental (§1.1.1). Més endavant, es fa esment de les tècniques actualment desenvolupades per a l'estimació de la CC en verres. (§1.1.2). A continuació, es valora el grau d'incidència en les explotacions porquines dels problemes locomotors (§1.2.1) i com es valoren aquests (§1.2.2). Per altra banda, es remarca la creixent necessitat del control de la CC i de la locomotricitat dels animals davant de l'imminent aplicació de la normativa europea per a la gestió de verres en parcs (§1.3). En el següent punt, es descriu l'ús de la tecnologia associada a les plataformes de força, tant en l'àmbit humà com en l'àmbit d'altres animals (§1.4).

Desenvolupats els antecedents que contextualitzen la present tesi es formulen els objectius lligats a l'us de plataformes de força per a la determinació de Pes Viu, i valoració de la Condició Corporal i la Locomotricitat de verres en producció. (§2).

En el capítol 3, s'especifica els materials usats (§3.1) per, a continuació, detallar les característiques de les dades obtingudes, tant en la revisió bibliogràfica en meta-anàlisi (§3.2.1) com en el treball empíric (§3.2.2). Les metodologies per a processar ambdos grups de dades es detallen en (§3.3).

Els resultats de la revisió bibliogràfica en meta-anàlisi sitúa l'ús de plataformes de força com a eina de gestió sense vincle directe observable amb els resultats productius i/o reproductius (§4.1.1); es contrasta també amb els resultats obtinguts en granja (§4.1.2).
L'ús de la plataforma de força per a l'obtenció del Pes Viu sense aturar la verra suposa el tractament digital del senyal mitjançant filtrat; la tria entre els diferents tipus de filtrat respon al temps d'adquisició, precisió i exactitud obtinguts. L'algorisme plantejat es desenvolupa a partir de l'anàlisi de la funció derivada del senyal filtrat (§4.2.1).

Una altra utilitat plantejada a partir del senyal de la plataforma és la discriminació entre verres grasses i magres segons el gruix de greix dorsal (§4.2.2) i que respon a la necessitat pràctica de la presa de decisions vinculada normalment a la gestió de l'alimentació i la destria.
A continuació, éssent capaços de posicionar el centre de gravetat (cdg) instantani de l'animal sobre la plataforma i d'interpretar la trajectòria de l'animal, s'analitza els diferents patrons de marxa (§4.2.3).
Finalment, es revisen els objectius i s'emeten les conclusions finals per a un possible ús i millora en l'utilització de plataformes de força en granja per a verres en producció (§5).

En la bibliografia (§6), es diferencien aquells articles o llibres usats com a referència dels usats per a meta-anàlisi. S'adjunten annexes de dades elaborades que per la seva extensió s'ha considerat podrien tallar el fil de l'explicació en els punts de discussió de resultats.

Índex

1. ANTECEDENTS.....1
1.1. La Condició Corporal en verres.....3
1.1.1. Efecte de la Condició Corporal sobre verres reproductores
1.1.2. Valoració de la Condició Corporal
1.2. Locomotricitat en verres.....9
1.2.1. Incidència
1.2.2. Valoració
1.3. Gestió de verres en grup.....11
1.4. Plataformes de força.....13

2. OBJECTIUS.....17

3. MATERIALS i MÈTODES.....19
3.1. Materials.....21
3.1.1. Entorn i animals
3.1.2. Plataforma de força
3.1.3. Instrumentació auxiliar
3.2. Dades.....36
3.2.1. Dades per a la meta-anàlisi
3.2.2. Dades extretes de granja
3.3. Mètodes.....43
3.3.1. Meta-anàlisi
3.3.2. Ús de filtres LTI
3.3.3. Ús de xarxes neuronals
3.3.4. Posicionament del cdg i trajectòria

4. RESULTATS I DISCUSSIÓ.....95
4.1. La Condició Corporal com a eina de gestió.....97
4.1.1. Meta-anàlisi
4.1.2. Resultats observats en granja
4.2. L'ús de la plataforma.....107
4.2.1. Estimació de pes
4.2.2. Discriminació en el gruix de greix dorsal
4.2.3. Efecte ressonant de plataforma sobre resultats productius i reproductius
4.2.4. Anàlisi de la marxa

5. CONCLUSIONS.....135

6. BIBLIOGRAFIA.....137

Annex A : Programari.....149

Annex B : Efecte de la Condició Corporal.....171

Annex C : Corves ROC.....181

Annex D : Anàlisi Cluster.....199

1

Antecedents

Més enllà de la quantificació del pes viu, es pretén usar la plataforma de força com a estri per a l'estimació de l'estat d'engreixament de les verres. És per això que es creu necessari revisar el significat i la mesura de Condició Corporal segons l'estat de l'art (§1.1). També es valora la possibilitat d'usar la plataforma de força com a mitjà d'estimació d'una correcta locomotricitat (§1.2). Ambdós aspectes aplicatius es veuen reforçats davant la immediata exigència europea de gestionar les verres en grup (§1.3). Finalment, es descriu l'ús actual de les plataformes de força (§1.4)

1.1. LA CONDICIÓ CORPORAL EN VERRES

1.1.1. L'"efecte" de la Condició Corporal sobre les verres en producció

El concepte de Condició Corporal (CC) és un concepte categòric entre verres que, sense estar afectades per cap malformació, malaltia o afecció, manifesten una certa dificultat per assolir els objectius productius, reproductius o de longevitat assolits per la majoria de verres en granja. Normalment, a aquestes categories hi van associats els síndromes de "verra magra" o "verra grassa". L'objectivació de la CC passa en l'actualitat per la quantificació de masses adiposes i masses proteiques d'un animal en viu o el seu valor relatiu sobre pes viu; altres vegades, es fa referència a la proporció existent entre elles o bé, a la pèrdua relativa de cadascuna d'elles sobre llur quantitat en un moment determinat. Existeix una certa dificultat en comptabilitzar unes i altres donat que són difícils de separar (greix o proteïna cutanis, greix intramuscular, greix o proteïna al cap) o es consideren no disponibles com a reserves (òrgans essencials). Així doncs, existeix un fort vincle amb el concepte de Composició Corporal associat a una mesura de pes de parts del cos de l'animal (òrgans, muscle, greix i ossos) separades físicament (dissecció); comptabilitzats els pesos de les diferents parts per dissecció (Composició Corporal) i donada la uniformitat en compostos químics que manifesten cadascuna d'elles, es pot reduir la valoració a matèria seca, contingut proteic, de lípids, en aigua, en cendres o d'altres (Composició Química).

Donat que els pocs estudis de Composició Corporal en verres mitjançant dissecció tenen com a objectiu la Composició Química (per exemple: matèria seca, proteïna, lípids, cendres) per a models de balanç alimentari, les dades de la pròpia dissecció no s'expliciten en molts d'ells [Mullan *et al.* 1990], [Rozeboom *et al.*, 1994], [Dourmad *et al.*, 1996], [Sauber *et al.*,1998], [Rooke *et al.* 2000], [Kim et al, 2001],[Poulos *et al.*, 2004]. Sols en alguns estudis [Whitemore C.T. et al., 1989], [Ellis *et al.* 1996], [McNamara *et al.*, 2002], [Ji *et al.*, 2005], [Gill, 2006] s'explicita la dissecció en pes de les diferents parts de l'animal. En tots ells, s'usen races blanques objecte del present treball.

Cal matisar, però, que actualment conviuen dues maneres d'usar la CC com a paràmetre de gestió de verres. Una primera, i més tradicional, correspon a models de balanç energètic i de nitrogen, on les masses adiposes i proteiques (bàsicament musculars) són concebudes com a reserves; s'usen per a la previsió de pes o en tot cas, definit un pes objectiu, per a l'establiment de les necessitats alimentàries de la verra [NRC, 1998]. Es considera que el metabolisme és capaç de fer ús al moment dels recursos disponibles en l'animal per a garantir les necessitats de creixement, d'alletament i d'altres. Es la pròpia disponibilitat d'aquests recursos qui condiciona quantitativament les funcions a garantir. Les reserves adiposes i proteiques en un estat eminentment catabòlic com pot ser durant l'alletament poden resultar limitants.

En la segona manera, i més actual, les masses adiposes i magres d'una verra poden predisposar a la manifestació d'un determinat estat metabòlic

(anabòlic/catabòlic), encara que són els propis metabolits i hormones metabòliques qui sovint condicionen, en gran manera, la mobilització cap a aquests estats (manifestació de zel, ingesta durant lactació, alletament) [Clowes *et al.*, 2006]; per tant, es posa de manifest un cert desajust entre les possibilitats que dona un determinat estat de reserves de l'animal i la pròpia resposta d'aquest. Existeix tot un seguit d'autors amb línies d'investigació sobre desenvolupament de models que descriuen aquestes fases intermitges cap a la consecució de determinades respostes biològiques : [Clowes *et al.*, 1994], [McNamara *et al.*, 2002], [Clowes E.J. et al., 2003], [Clowes *et al.*, 2005], [Clowes *et al.*, 2006]. Sota aquest punt de vista, el cos de la verra funcionaria com un "pool" metabòlic on es faria difícil de separar la implicació de les reserves grasses de les proteïniques; així es posa de manifest, per exemple, la dificultat d'intentar de produir unes perdues de massa proteïnica de la verra durant l'alletament sense alterar la massa adiposa [Clowes *et al.*, 2003].

Referent als "efectes" que pot produir una determinada Condició Corporal de la verra, les actuals revisions bibliogràfiques sobre el tema [Dourmad *et al.*, 1994], [Whittemore, 1996], [Etienne *et al.*, 2000], [Eissen *et al.*, 2000], [Dourmad, 2001], [Dean Boyd *et al.*, 2002], [Young *et al.*, 2005] destaquen l'apreciació de que existeix un límit superior de la Condició Corporal (sobretot, en termes d'engreixement) superat el qual sovint es manifesten parts distòcics, una menor ingesta durant la lactació o bé problemes locomotrius, a més a més de la despesa difícilment justificable de la sobrealimentació. També es planteja un límit inferior de la condició corporal de les verres per a afrontar la lactació sense que es vegi afectat el creixement dels garrins o el període desalletament-cubrició fèrtil.

Remarcar que la problemàtica s'accentua en les verres primípares, encara que sovint els problemes reproductius no vagin associats directament als nivells d'alimentació i estat de reserves sinò de maduresa de l'animal.

Una primera estimació de límits en forma de *gruix de greix dorsal a la posició P2*, GD, i *pes viu*, W (§1.1.2) per a afrontar el període reproductiu seria 14 mm < GD < 25 mm en el moment de la primera cubrició associat a un pes viu mínim de 120-150 kg, pel que dóna relacions de massa lipídica front massa proteica de 1:1 i 2:1 respectivament [Whittemore, 1996]; durant tota la vida productiva, es manté un valor objectiu en el moment de part en *greix dorsal* GD de 19-22 mm i unes pèrdues de 2 - 4 mm durant la lactació [Dourmad *et al.*, 2001].

Altres autors aboguen per limitar la mobilització de masses adiposes i/o proteiques durant l'alletament a un percentatge d'aquestes respecte al pes viu, és a dir, existeix un valor llindar superat el qual es veu limitada la producció de llet i/o afectada l'entrada en zel (entorn a 10 % massa proteica; [Clowes et al., 2003]). Naturalment, aquesta consideració concordaria amb el fet de la major sensibilitat que tenen les verres primípares donat que encara no han aconseguit el màxim pes.

D'aquestes consideracions s'en derivan un seguit d'estratègies alimentàries mitjançant diferents nivells d'energia i proteïna en l'alimentació, ja sigui bàsicament per la ració (sobretot en el període de gestació amb l'us de dosificadors), ja sigui per la concentració (sobretot en el període de lactació amb una alimentació ad-libitum o a demanda, ja que la capacitat d'ingesta és limitada davant les grans necessitats del període de lactació; també es veu greument afectada per altes temperatures).

Es plantegen diferents estratègies per a afrontar la darrera part de la gestació : en verres primípares, forçant l'alimentació (energia i proteïna) augmentant la dosificació 1-2 kg de pinso les dues darreres setmanes fins a part [Young *et al.*, 2005] i així arribar a valors de pes i greix dorsal objectiu en el moment de l'alletament; en multípares, en canvi, s'ajusta l'alimentació per a prevenir agalaxies, mastitis, distocies i metritis.

D'altra banda, coneixedors de la Condició Corporal en el moment del part, l'estratègia alimentària passa a segon terme, usant el nombre de garrins a alletar i la duració de l'alletament com a eines per a prevenir un excessiu desgast de les verres [Dean Boyd *et al.*, 2002]. De les experiències analitzades, cal considerar ingestes promitg baixes per sota de 3 kg MS /dia durant l'alletament [Whittemore, 1996].

Sembla aconsellable que una sortida de parideres amb una condició corporal baixa (excés de pèrdua de pes i greix dorsal) plantegi forçar una recuperació alimentària immediata després del desalletament i abans de cubrició (flushing; [Kongsted, 2005]).

1.1.2. Valoració de la Condició Corporal

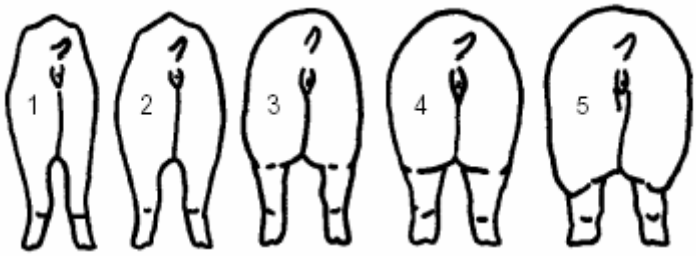
En l'àmbit científic, es considera com a determinació de referència de la Condició Corporal (CC) la que es realitza a partir de la determinació de la Composició Corporal mitjançant dissecció. Aquesta associació d'idees porta implícitament el concepte de massa corporal com a masses de reserva disponibles immediatament tal i com s'ha expressat en l'anterior punt.

Aquesta es basa en la mort de l'animal, extracció de tota la sang i separació de cap, potes, cua, òrgans vitals i pesada de cadascun d'ells. En cas de realitzar anàlisis químiques sobre els diferents òrgans caldrà la congelació d'aquells. Posterior a un refredament de la canal a 4ºC, es separa quirúrgicament d'una semicanal el greix separable, el magre i els ossos. Es pesen les parts. Del magre es pren una mostra representativa per a extreure mitjançant una dissolució de cloroform:metanol la fracció de greix intramuscular i poder així valorar el magre lliure de greix. El contingut proteic es pot valorar a partir del contingut de muscle multiplicant per 0,207 [McNamara *et al.*, 2002].

Tot i existir una gran quantitat d'articles referents a mesures (pes, greix dorsal, profunditat de llom, secció de llom) sobre canal per a l'estimació de composició corporal en el sector càrnic, no existeix, però, un nombre important de

publicacions per a l'estimació de la composició corporal sobre mesures en viu de verres en producció. Aquestes s'han realitzat a partir del concepte de balanç per a la gestió alimentària.

Resulta òbvia la inviabilitat de la determinació de la CC per a la gestió de verres mitjançant dissecció, pel que cal mètodes incruents que facilitin una estimació per a la presa de decisions.
La valoració de la Condició Corporal mitjançant mètodes d'apreciació o puntuació aporta controvèrsia en la comunitat científica degut a la seva qüestionable repetibilitat i reproduibilitat [Charette *et al*, 1996] que dificulta la interpretació dels resultats obtinguts en les diferents experimentacions. Tot i això, continua apareixent en la bibliografia científica estudis en mètodes d'apreciació [Maes *et al.*, 2004] degut a la seva simplicitat en l'us en granges.



Score	Condition	Detection of ribs, backbone, "H" bones, and "pin" bones
1	Emaciated	Obvious
2	Thin	Easily detected with pressure
3	Ideal	Barely felt with firm pressure
4	Fat	None
5	Overly fat	None

Figura 1.1 : Seqüència d'imatges de diferents verres en granja amb una aparent diferent condició corporal (extretes de les verres observades) i comparació amb esquema superior [Coffey, 1999]

L'incorporació de mesures biomètriques intenten superar aquest escull i, en l'actualitat, es vincula el seu interès al tractament d'imatge [Whittemore *et al.*, 2000], [Danskeslagterier, 2002], [Wu *et al.*, 2004], amb un cert retorn al desenvolupament en que es vinculava inicialment el metabolisme bassal a mesures biomètriques.

El pes viu porta implícit el creixement de la verra, pel que té el seu interès per a la determinació del moment d'entrada en producció, si bé resulta un inconvenient haver de separar el creixement propi de l'edat, el moment de gestació i genotipus de l'estat de reserves energètiques i proteiques. Un altre dels inconvenients de la mesura de pes és que també manifesta una important oscil·lació diària que pot arribar a ser de l'ordre 10 kg [Bernier, 2002]. La mesura de pes viu és tècnicament simple, però el fet d'aturar l'animal per a la mesura estàtica suposa un treball tediós front al benefici indirecte de la seva gestió. Existeixen diferents treballs d'investigació per a la proposta de pesades automàtiques amb identificació de l'animal sobre passadís o bé adjuntat al sistema d'alimentació [Gates *et al.*, 1995], [Williams *et al.,* 1996], [Cveticanin, 2004].

Cal insistir que el pes viu és una mesura incompleta de l'estat de reserves ja que el guany de pes viu és inicialment un guany en massa d'aigua i que les relacions aigua/greix o aigua/magre associades al guany de pes depenen de l'edat, sexe i estat fisiològic. Així per exemple, en el període de lactació existeix una pèrdua de greix en relació a l'aigua major, pel que es suggereix que la pèrdua o guany de pes no és un indicador suficient de la Condició Corporal [Whittemore *et al.*, 2000].

Cal, doncs, incorporar una mesura complementària per a discernir les masses adiposes i les masses magres, i l'evolució d'aquelles respecte el pes viu.

La mesura d'impedància elèctrica existent entre dos punts allunyats de l'animal (distància coneguda entre extrems de l'animal) permet valorar la quantitat de volum lliure de greix (no transmissor del corrent); es considera el magre amb un valor de resistivitat volumètrica uniforme. Per a poder fer una estimació de les masses adiposes, cal incorporar el pes viu [Swantek et al., 1992]. La certa complexitat en la mesura i la falta d'un desenvolupament tecnològic fa desestimar aquesta metodologia en aquest treball.

La dilució de deuteri per a la determinació de la composició corporal en termes de massa greixosa, massa proteica, cendres i pes de canal exigeix la injecció intravenosa i extracció sanguínia. Usa el supòsit de la seva distribució sobre tota la massa magre, equilibrant-se amb l'existent en el flux sanguini; tot i donar resultats similars, combinat amb el pes viu, als que podrien donar pes viu amb gruix de greix dorsal [Rozeboom et al.,1994] no es considera una pràctica portable al dia a dia de la gestió d'una explotació porquina [Charette *et al.*, 1996].

Altres tècniques de gran precisió per a la definició de la composició corporal com l'us de raigs X o la ressonància magnètica nuclear resulten inviables per les necessitats d'infrastructura i per la despesa que suposa.

En contraposició a aquestes, el desenvolupament tecnològic en l'àmbit dels ultrasons ha donat lloc a aparells de gran precisió a l'abast de les explotacions ramaderes. Si analitzen unidimensionalment, bàsicament realitzen la mesura de

gruix de greix dorsal i/o profunditat de llom, amb una menor precisió. Si analitzen bidimensionalment com els ecògrafs, s'en pot extreure a més a més la secció de llom o fins i tot, el percentatge de greix intramuscular [Youssao *et al.* 2002]. Existeixen aplicacions que s'usen industrialment per a establir les composicions de canal en els escorxadors i realitzen una anàlisi tridimensional de la mateixa.

La mesura de gruix de greix dorsal té una major precisió en animals magres, mentre que la mesura d'àrea de secció de llom ho té en animals més engreixats [Moeller *et al.*, 1998]. Tot i així, la mesura de gruix de greix dorsal sembla manifestar una major repetibilitat i reproduibilitat que l'àrea de secció de llom o gruix de llom [Youssao *et al.*, 2002]. A més a més, la mesura de gruix de llom i/o d'àrea no semblen aportar grans millores a l'estimació de composició corporal a partir del pes viu i gruix de greix dorsal [McNamara *et al.*, 2002]. Per altra banda, la posició en que es realitzen les mesures de greix dorsal sol bascular entre la 10ª costella, prop de la línia dorsal, i la darrera costella. La major senzillesa en localitzar la darrera costella sembla imposar-se [Youssao e*t al.*, 2002].

1.2. LOCOMOTRICITAT EN VERRES

1.2.1. Incidència

En diferents estudis sobre explotacions porquines amb taxes de renovació d'entre 40 i 50 % s'observa que els problemes de locomotricitat tenen una incidència rellevant (sobretot durant els 2 primers parts). A títol d'exemple, en l'estudi realitzat per [Engblom *et al.*, 2007] sobre una població de 14234 verres eliminades (destriades i mortes) de les explotacions mitjançant l'enregistrament de les dades s'observava que el 8,6 % d'aquells animals eren eliminats per causa directa dels seus problemes locomotrius (nivells que no semblen allunyar-se massa de la realitat local). Ara bé, [Kirk *et al.*, 2005 i 2008] a partir de necropsies realitzades pels propis investigadors sobre una població de 265 verres eliminades de granja observaren que el 88 % de les verres destriades i un 92,5 % de les verres eliminades manifestaven lesions d'artrosi (d'entre altres afectacions al sistema locomotriu). En el mateix estudi, es fa esment que un 54 % d'aquella població de verres eliminades presentaven una Condició Corporal baixa. Sembla doncs, que malgrat d'una forma aparent la locomotricitat de la verra és causa d'eliminació entorn a un 10 %, es manifesta com un important indicador.

1.2.2. Valoració

La valoració de la locomotricitat en verres queda restringit a la detecció de coixeses de forma precoç per a millorar el rendiment productiu de l'explotació; sovint, però, no existeix un tractament clínic ambulatori si no hi ha una situació de problema generalitzat en la granja. La locomotricitat pot estar alterada sense manifestar una coixesa evident i pot ser símptoma de problemàtiques més greus (de caire formatiu, traumàtic o infecciós).
El protocol de diagnosi [Merck, 2007] en granja passa inicialment per la visualització del comportament neurofisiològic dels animals davant estímuls com pot ser l'alimentació, l'acceptació del mascle o la pròpia presència del ramader. En l'observació individual i estàtica de l'animal s'usa l'anàlisi de la postura (molt ajaguda, o sentada), la simetria, les mides, la conformació d'angles, la palpació (tonificació muscular, temperatura superficial, punts de dolor agut), l'evidència d'inflamacions i ferides. Mentre camina també es pot observar falta d'equilibri, falta de recolzament en algunes potes o basculació excessiva dels quarts posteriors. La sistematització en categories (puntuació, 5 nivells o més) tant de la postura com de la passa de l'animal facilita l'estimació de la gravetat de la coixesa quan aquesta comença a ser evident. La complexitat relativa del diagnòstic per a aquests estats inicials fa que sigui de difícil aplicació en el dia a dia de granges molt grans i més quan s'ha d'establir un criteri per a la destria (rebuig) o el tractament ambulatori. Algunes experiències [Kirk *et al.*, 2008] pretenen simplificar aquest protocol per a la detecció precoç de coixeses. Existeixen altres classificacions (puntuacions, 3 nivells) excessivament simples on sols diferencien el fet de poder-se aixecar i caminar sense assistència, amb o sense coixesa en genèric [Zurbrigg *et al.*,

2006]; aquestes sols detecten les verres que forçosament van a rebuig i no aquelles que tenen un problema de benestar.

Finalment, la diagnosi instrumental queda restringida a l'àmbit de la recerca (plataforma de força, auscultació, radiografia, ultrasons, termografia, artroscòpia i altres). Donat el valor individual de l'espècie equina, la diagnosi instrumental és una pràctica cada cop més habitual. En canvi i concretament per a l'ús de plataformes de força en vaquí existeixen sols algunes experiències d'investigació [Distl *et al.*, 1993], [Cveticanin, 2004], [Carvalho *et al.*, 2005]. Encara molt més incipient es troba el seu us en verres [Thorup *et al.*, 2007].

Les noves tecnologies associades a l'us de matrius de sensors (1.4) amb resolucions que poden arribar a ser de centenes de sensors per cm^2 permeten un «mapeig» de pressió per a l'anàlisi de la marxa i extreure així dades com :

- Distància entre petjades
- Orientació de les petjades
- Distribució de pressió de la petjada
- Impuls de la petjada (integral temps-força)
- Seqüència temporal entre petjades
- Trajectòria del centre de gravetat
- Simetria de petjades
- Avançament per passa

1.3. LA GESTIÓ DE VERRES EN GRUP

Dins la política europea referent a la protecció dels animals en explotacions ramaderes [Directiva 98/58] existeix normativa específica per a porcs [Directives 91/630 i 2001/88] on es disposa per a totes les explotacions que, abans del 1 de gener de 2013, les verres en producció s'han de manejar en grup (parcs), com a mínim durant un període entre quatre setmanes després de cubrició i set dies abans del suposat part, i es fixen les línies d'investigació encaminades a l'estabulació en grup.

L'estabulació en grup posa de manifest alguns aspectes de la pròpia condició natural de les verres com a conseqüència de la socialització [Goetz M. *et al.*, 1995].

De les revisions fetes entorn a la gestació en grup de verres [Arey *et al.*, 1998], [Barnett *et al.* 2001], [Meunier-Salaün *et al.*, 2002], [Lund, 2002], [Brooks, 2003], [McGlone, 2004], [Kongsted, 2005] se'n desprèn que la jerarquització del grup dóna lloc a agressions, sobretot en el moment d'entrar en competència pel menjar, en la setmana prèvia al part, durant l'elaboració del niu i en la barreja dels animals per a la conformació de lots. Serà la pròpia jerarquització la que dificultarà la uniformitat en la Condició Corporal.

Per altra banda, [McGlone *et al.,* 2005] consideren que no hi ha diferencies significatives en termes de producció, reproducció i "benestar animal" (en termes d'indicadors bioquímics) entre verres agrupades i estabulació individual. Cal dir però que les comparacions mitjançant meta-anàlisi estan realitzades comparant valors promitg dels lots agrupats i no d'individu pel que les variacions intralot no són considerades malgrat és on s'estableix la jerarquització.

En termes de benestar animal tant per a una gestió individual com en grup, [Barnett *et al.*, 2001] subratllen que el periode entorn al part és d'accentuat estrès per a la verra, sobretot primípares, que es pot traduir en retirada de llet o bé en perdua de qualitat del propi calostre, i per als garrins, sobretot els tres primers dies, amb un 75% de la mortalitat dels garrins durant l'alletament.

En quant a l'alimentació de les verres gestants i donat que s'ha de racionalitzar per sota de l'ingesta ad-libitum (per pinso concentrat entorn a 1,5 vegades l'energia metabòlica de manteniment, entorn 60 % ingesta adlibitum), [Bates, 2002] considera interessant l'us d'alimentadors o dispensadors automàtics per a verres en parc a resultes dels índex productius individuals, mentre que el National Committee for Pig Production de Dinamarca [Danskeslagterier, 2000-2002] desaconsella el seu us pel marcat estrés de les verres en forma d'agresions i, per tant, menguant la llongevitat de les mateixes; alhora s'aconsella sobrealimentar per a disminuir el grau d' agresivitat quan s'utilitza alimentadors automàtics. Cal fer esment que la identificació mitjançant microxips, imprescindible per a alimentadors automàtics, és encara un problema no resolt definitivament degut a les perdues que es produeixen.

El mateix comitè aposta per «*boxes* » individuals d'alimentació on es disminueixen les agresions, protegint les verres de rang més baix (assimilat a Condició Corporal) dins el grup. L'ús de «*boxes*» individuals d'alimentació també facilita el maneig en el diagnòstic i tractament dels animals i la neteja dels parcs.

Per altra banda, els dispensadors electrònics, com a dispositius integrats per a l'identificació de l'animal poden arribar a ser útils per a l'avaluació de la Condició Corporal o del zel [Blair, 1994]

Altres maneres d'alimentació estudiades són l'alimentació sobre sol, ad-libitum en tremuges o en menjadores corregudes sense "*boxes*" separadors d'alimentació, ja sigui en sec o en sopa. Per a aquestes, l' anàlisi del maneig dels animals en relació a l'estimació de la Condició Corporal no té sentit, mentre que en l'ús d'alimentadors automàtics o en "*boxes*" individuals és una mesura imprescindible. Existeixen propostes més barates per a la valoració promitjada del pes de verres en grup sense necessitat d'identificació [Gates *et al*., 1995], però que per a verres en producció no tenen massa sentit donat que els grups seran heterogenis en quant a edat, amb la qual cosa un valor promitjat no té massa sentit.

Cal considerar que en verres agrupades durant la gestació, malgrat els dispositius d'alimentació puguin garantir la ingesta quasi *ad-libitum* , en les verres de menor *ranking* (assimilat a Condició Corporal) dins el grup la ingesta pot arribar a ser baixa degut a l'estrès. Aquest efecte es veuria accentuat amb el nombre d'animals agrupat [Kongsted, 2005].

Insistir doncs, que és de preveure, tal i com ho constata l'experiència britànica [Brooks, 2003], que malgrat s'arribi a l'obtenció de resultats productius similars a l'estabulació individual, *sigui necessari un major control de la condició corporal individual*.

1.4. PLATAFORMES DE FORÇA

S'entendrà per plataforma de força, aquell dispositiu que té com a objectiu mesurar les forces instantànies de contacte produïdes per un cos que es desplaça pel seu damunt. Cal diferenciar-la del concepte de bàscula on el dispositiu es dissenya de tal forma que es minimitza qualsevol efecte dinàmic per a així obtenir el pes del cos (ja sigui aturant l'animal i/o "endurint" el senyal). Això no treu que, del processament del senyal dinàmic, en una plataforma de força es pugui obtenir el valor de pes viu.

Cal apuntar un avantatge afegit en la proposta de plataforma de força respecte de la bàscula : aquesta va associada a una gàbia per a aturar l'animal, amb la dificultat que això suposa a l'hora de fer entrar l'animal i la conseqüent inversió de temps per part del ramader. En canvi, sobre la plataforma de força tan sols cal comptar amb l'existència d'un petit decalatge en el trànsit de l'animal i el ramader.

Tradicionalment, les plataformes de força s'han vingut usant en l'àmbit del diagnòstic clínic humà [Hurkmans *et al.*, 2003] i de cavalls [Clayton, 2005]. A nivell d'investigació s'ha experimentat en vaques lleteres [Cveticanin, 2004], però amb la voluntat d'analitzar quins han de ser els algoritmes de processament del senyal per a valorar el pes viu, és a dir, sense un objectiu finalista de la plataforma de força. Actualment existeix una línia d'investigació oberta entorn a l'anàlisi biomecànic de la petjada amb l'ús de plataformes de força en porcs [Thorup *et al.*, 2007]; les seves conclusions actuals giren entorn al comportament adaptatiu de l'animal quan es troba en diferents superfícies i bàsicament treu conclusions sobre la component tangencial de força o lliscada (paral·lela a la plataforma de força). En cap moment es fa referència a la condició corporal de l'animal, ni l'anàlisi de la locomotricitat alterada o coixesa.

De la plataforma de força es pot analitzar els diferents components de força resultant i, en concret, el vertical de la qual [Clark, 1989] en desenvolupa una patent on es categoritza 9 nivells d'engreix en humans a partir de l'anàlisi de la component vertical manifestada amb el moviment de la persona. El pendent del senyal entre els valors màxim i mínim consecutius va associat al grau d'engreix. El pes és l'altre de les variables quantificades i necessari per a l'estimació. Donada la poca velocitat amb que normalment les verres circulen sobre passadís es preveu que el pas de la verra sobre una plataforma tindrà un component de força horitzontal molt petit.

Un altre dels usos de la plataforma de força correspon a la localització del senyal i l'anàlisi de trajectòria per a l'avaluació de la locomotricitat animal. En la mesura en que la quadrícula formada pels diferents sensors sigui prou petita, la plataforma de força podrà discriminar el moviment i la força resultant del centre de gravetat de l'animal, el de cada empremta o fins i tot la diferent pressió existent en la superfície de cada empremta. Tecnològicament parlant, es passa de l'us de cèl·lules de càrrega aïllades a matrius de sensors.

Les matrius de sensors es construeixen a partir d'una superposició de capes en que les exteriors tenen un circuit imprès amb subministre de corrent multiplexat sobre cada alineació i la capa intermitja que normalment sol ser o bé un material piezo-resistiu o bé un material di-elèctric per a poder realitzar mesura de capacitància. La vida útil d'aquests dispositius és relativament curta i pateixen importants efectes d'histèresi i fatiga del material pel que tenen una relativa baixa precisió en la mesura de força a canvi d'una alta resolució en la distribució de pressions que pot arribar a ser de fins a 0,1 mm^2 [Ashruf, 2002]. Aquesta important resolució pot portar problemes en la transmissió de dades i el software; per altra banda, dóna molta informació interessant per a un anàlisi clínic encara que cal uns importants coneixements en el diagnòstic; de ben segur, aquesta resolució resulta excessiva per als criteris de gestió de verres en producció. Finalment, es tracta de dispositius molt cars.

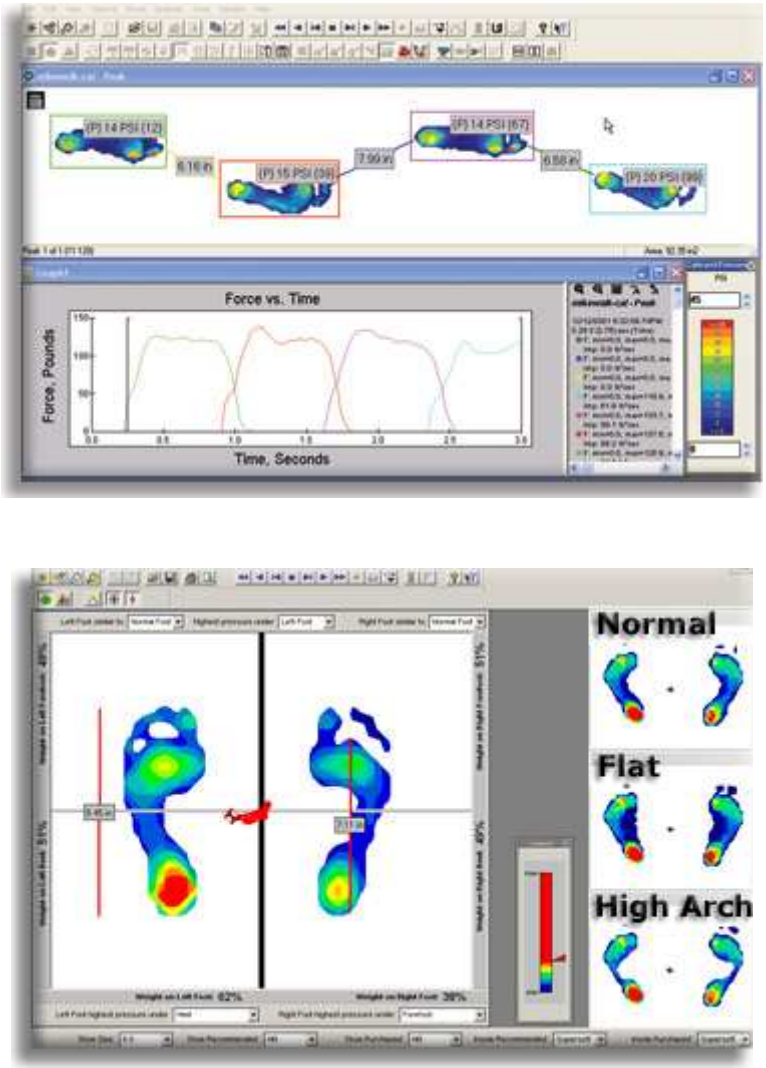


Figura 1.2 : Exemple de sortida de resultats a partir d'una marxa humana sobre uma matriu de sensors de presió

La reducció a una plataforma rígida recolzada sobre quatre cèl·lules de càrrega abarateix el dispositiu, podent garantir una vida útil més llarga amb un comportament més acurat de la mesura de força però amb una menor resolució espaial. La present tesi valorarà les possibilitats que dóna aquesta disposició per a l'anàlisi de la marxa en verres en la gestió.

2

Objectius

En l'ús d'una plataforma de força simple (quatre cèl·lules de càrrega com a recolzaments) en granja es pretén :

- Valorar si la plataforma de força pot arribar a ser una eina per al diagnòstic o bé per a la previsió productiva o reproductiva en granja (§4.1).

- Estimar l'error de la mesura de *pes viu* (W) de les verres entrant i sortint de parideres a partir de la mesura de força vertical que exerceixen els animals sense ésser aturats ni condicionats. Valorar les possibles millores al disseny inicial (§4.2.1).

- Més enllà de l'estimació homotètica de pes viu i a partir de les resultants instantànies de força (vertical) de les mateixes, s'analitza si algunes de les característiques del senyal sumat discriminen entre les verres de diferent *gruix de greix dorsal* (GD) i si es pot plantejar possibles millores per a aquest objectiu (§4.2.2).

- A partir del mateix tractament que en el punt i extraient les mateixes característiques del senyal de la plataforma, es vol valorar el grau de discriminació que poden tenir sobre la productivitat en termes de *pes de la garrinada a final d'alletament* (Wl_f) i la reproductivitat en termes d'*interval desalletament-cubrició fèrtil* (IDCF) (§4.2.3).

- Finalment, posicionant la resultant instantània de força sobre la plataforma i interpretant la trajectòria, discernir diferents patrons de marxa per al diagnòstic de la locomotricitat (§4.2.4).

3

Materials i Mètodes

A continuació, es descriuen els materials per al treball en granja (§3.1), les dades extretes de la revisió bibliogràfica del concepte de Condició Corporal (§3.2.1) i les dades extretes del treball experimental (§3.2.2) per a la valoració de l'ús de plataformes de força en la gestió de verres en producció i, finalment, els mètodes (§3.3) per al tractament d'aquestes dades.

Tot i que l'efecte de la Condició Corporal de les verres no forma part dels objectius de la present tesi, s'ha cregut convenient valorar l'abast del seu efecte en els resultats productius i reproductius tant en un metanàlisi com l'anàlisi de variables observades en granja, per a clarificar el possible ús de les variables provinents de la vibració de la plataforma.

3.1.- MATERIALS

3.1.1. Entorn i animals

El treball empíric es realitza en una granja de multiplicació de verres de raça Landrace amb producció de garrins i sortida de transició a 15 kg (Candasnos, Huesca). La dimensió potencial de la mateixa és d'unes 400 verres productives. La gestació verificada es desenvolupa en gàbia amb sol de formigó enreixat sobre 1/3 aproximadament de la superfície; la zona de cubrició-control és de característiques similars a l'anterior i annex a aquesta; l'alimentació és humida sobre comb corregut i racionada.
A l'altre costat de la zona de gestació verificada, es situen les sales de maternitat, pel que existeix un traspàs, mitjançant passadissos, a l'entrada i la sortida de parideres. Les mateixes s'organitzen en sales disposades en vagó i dimensionades per a encabir normalment un lot (20 places/sala); aquestes parideres són amb gàbia i sol enreixat mixt (metàl.lic/plàstic) amb plaques calefactores. L'alimentació és sobre tremuja holandesa individual (quasi *ad-libitum*).
La granja s'organitza mitjançant lot setmanal amb inseminació artificial i inducció de parts. La durada de l'alletament és entorn a 3 setmanes, amb entrada a parideres una setmana abans de la previsió de part. Existeix reagrupament de garrins post-part.
La valoració de la Condició Corporal és visual i no existeix un control sistemàtic de greix dorsal. Tampoc existeix un control de pes. El criteri de destria és subjectiu i atén bàsicament a prolificitat del part anterior, edat, coixeses i condició corporal.

3.1.2.- Plataforma de força

3.1.2.1.- Plataforma

Entenent aquesta com l'element físic sobre el que circularà l'animal, la mateixa ha de garantir alguns aspectes que no alterin en excés el lliure trànsit de l'animal i, si és el cas, també del ramader. Dels assajos previs realitzats s'observa :

- La localització de la plataforma pot condicionar el comportament de l'animal al seu pas, aturant-se : l'existència propera de portes, graus d'il·luminació diferenciats, profunditat de camp visual, existència de rampes (preferiblement la seva no existència, al menys a l'accés a la plataforma).

Figura 3.1 : Muntatge plataforma: (a) passadís (b) platines muntades (c) col.locant enreixat plàstic (d) plataforma muntada pendent de col.locar rampes.

- Cal que la superfície de contacte no sigui lliscant. S'observa que l'olor del material pot ser un altre dels aspectes que puguin cridar en excés l'atenció de l'animal i l'aturin (la fortor de gomes antilliscants noves en les rampes feia aturar l'animal; aquest problema minvà amb el temps). Altres experiències al respecte [Tasch *et al.*, 2004 i 2005] fan referència a aspectes similars a tenir en compte.
- Cal valorar les dimensions de la plataforma en el trànsit dels animals : per un costat, un excés de longitud de plataforma suposa la captació de senyal en comportaments neurofisiològics, que no estrictament físics, que dificulten l'interpretació del senyal. Per altra banda, una insuficient longitud de la plataforma pot arribar a suposar una captació insuficient de dades per a un posterior processat o bé suposa l'ús d'un major nombre de cèl.lules de càrrega (varies plataformes adjuntes), aspecte limitant pel seu preu.

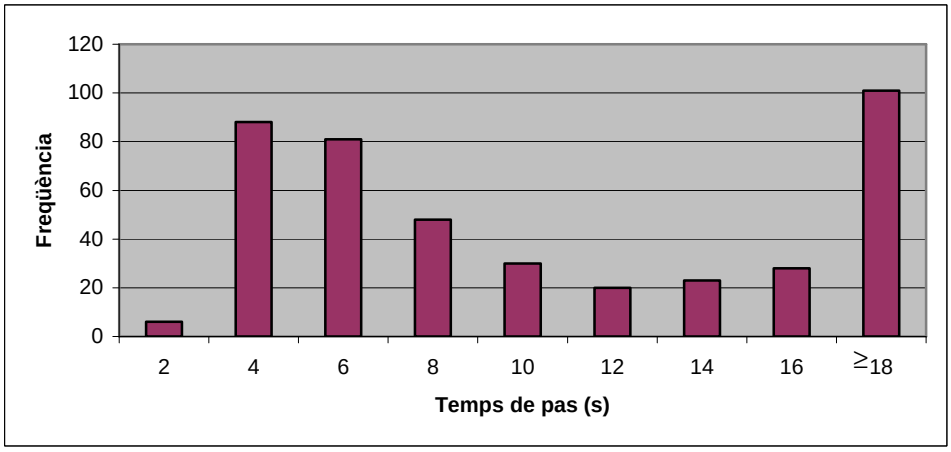


Figura 3.2 : Temps de pas sobre plataforma (3,00 m) que es dóna en l'experiència

- Un augment de la longitud de la plataforma provoca una disminució de la freqüència natural de la mateixa a raó de l'expressió {3.1} (amb el supòsit de vibració unidireccional, pes propi unitari i rigidesa constants) ; per a una longitud important (3,00 m), cal avaluar la inèrcia de secció i el propi pes de la plataforma per a allunyar la freqüència natural a la freqüència de pas de l'animal, interferint menys en el senyal.

$$f_n \propto \sqrt{\frac{E \cdot I}{q \cdot l^4}} \qquad \{3.1\}$$

on

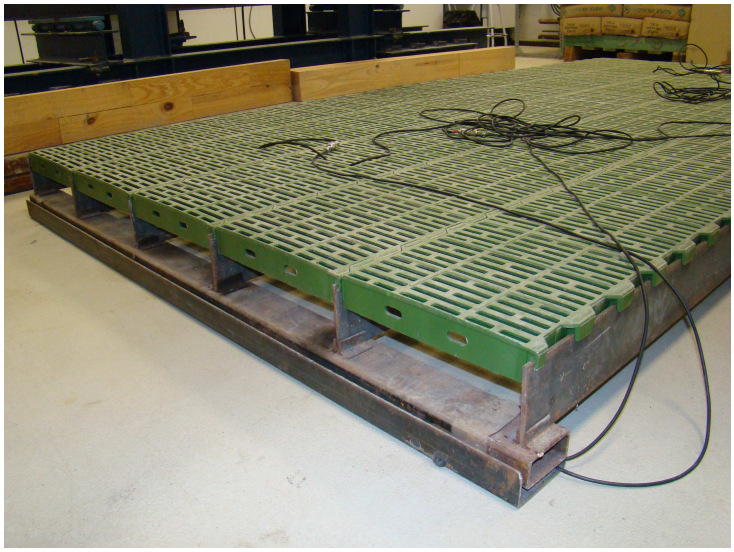
E, mòdul de deformació, kg/m^2
I, inèrcia de la secció resistent, m^4
q, pes propi per unitat de llongitud, kg/m
l, distància entre recolzaments, m

- Malgrat tot, la pròpia vibració de la plataforma podrà tenir importància en el senyal captat per les cèl.lules de càrrega

- L'amplada restringida a l'amplada de l'animal suposa una millor caracterització del pas d'aquell sobre la plataforma però sovint el dificulta pel que no resulta interessant pel maneig dins una granja; s'opta per camuflar aquesta sobre les amplades ja existents de passadís (1,5 m). Es considera que el propi ramader no hauria d'identificar el dispositiu com una dificultat afegida, doncs seria el primer a defugir del seu us, donat que la incidència en la gestió no és directa o existeix un nombre excessius d'aspectes a considerar sobre els resultats productius i reproductius.

Figura 3.3. : Sortida de verra de la paridera. Pas sobre plataforma : entrant, a sobre i sortint de plataforma per a entrar a bàscula estàtica.

- La condició de recolzament és també un aspecte rellevant donat que, per a plataformes grans i poques cèl.lules de càrrega (4) amb superfícies irregulars del sol, un recolzament hiperestàtic portaria a errors en la contextualització del senyal i distorsions en el comportament dinàmic; per això, es considera adient el doble recolzament isostàtic (figures 3.4 i 3.5)



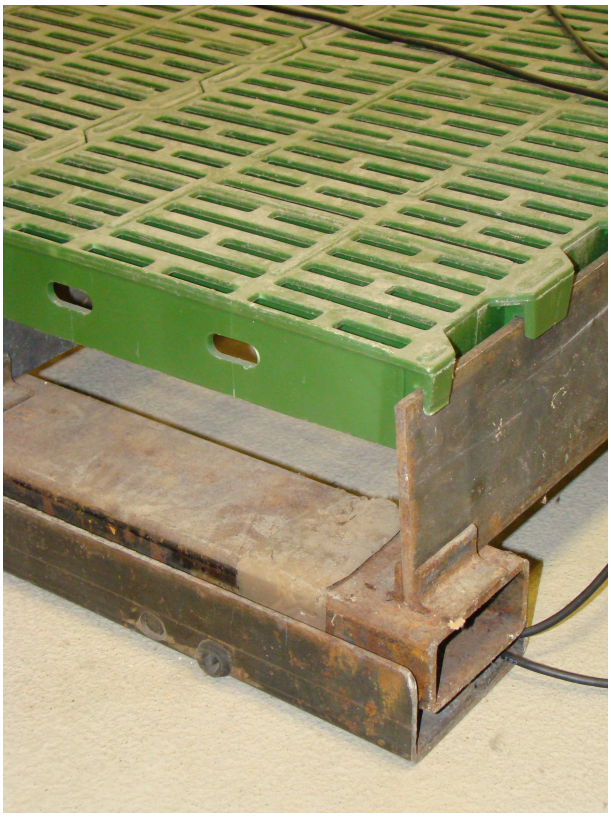


Figura 3.4 : Recolzament de plataforma muntada mitjançant enreixat plàstic de transició 30x60 cm sobre platines metàl.liques.

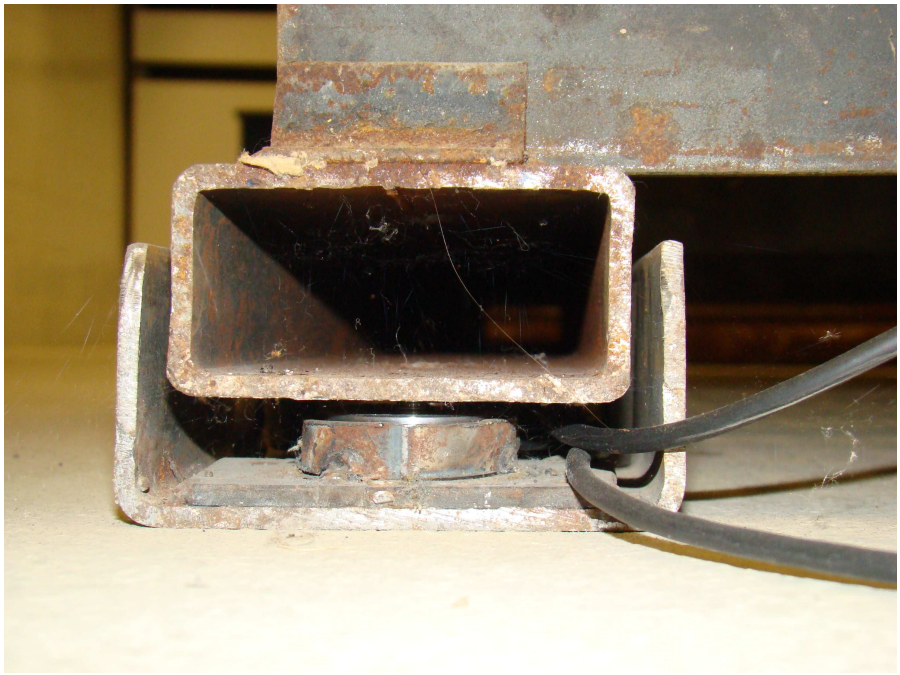


Figura 3.5 : Detall de recolzament isostàtic : gomes per a mantenir posició centrada de la biga de recolzament i cèl·lula de càrrega.

La solució adoptada es caracteritza per :

- Les dimensions de la plataforma són de 1,50 x 3,00 m, per a una amplada de passadís 1,60 m.
- El pes de la plataforma és de 134,43 kg, a partir de peces enreixades de plàstic per a transició de 30,0x60,0 cm (25 unitats de 7,790 kg/unitat) sobre platines d'acer comú separades cada 30,0 cm (3,00 m x 10,04 cm x 5,6 mm; 6 unitats de 12,330 kg/unitat); aquestes es recolzen sobre bigues (2 unitats de tub rectangular 1,55 m de llarg amb secció 8,04x4,06 cm exteriors i gruix de 4,0 mm; 10,750 kg/unitat) disposades transversalment en els extrems. L'error de distància de recolzament en els extrems de la platina és de 1 cm.
- Finalment, les cèl.lules de càrrega es protegeixen mitjançant perfil en U, el qual també facilita el muntatge de les platines i protegeix aquelles dels rosegadors. Es col.loquen rampes amb gomes antilliscants per a accedir a la plataforma sense graons i horitzontalment. S'aprofita l'existència d'una zona en rampa per a la col.locació de la plataforma.

La freqüència natural observada de la plataforma sota l'efecte d'un cop gira entorn els 15 Hz, tal i com es veu en les figures 3.6 i 3.7. Aquesta freqüència natural no representa un inconvenient al pas dels animals pel que es considera suficientment allunyada de la freqüència de pas (figura 3.8).

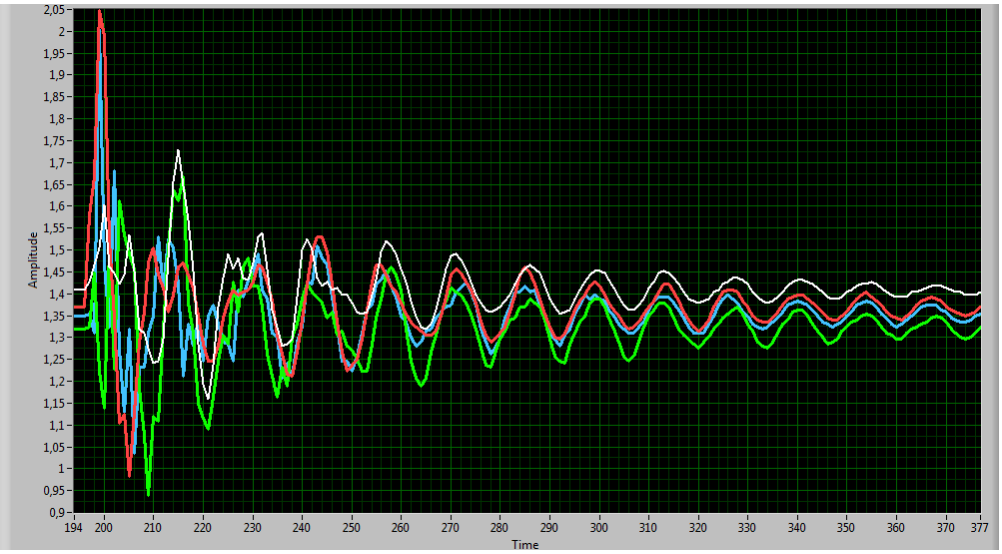


Figura 3.6 : Senyal (V) les diferents cèl.lules de càrrega de la plataforma a l'acció d'un cop a una freqüència de mostreig f_s = 200 S/s; la freqüència natural observada és de $f_n \approx 15$ Hz

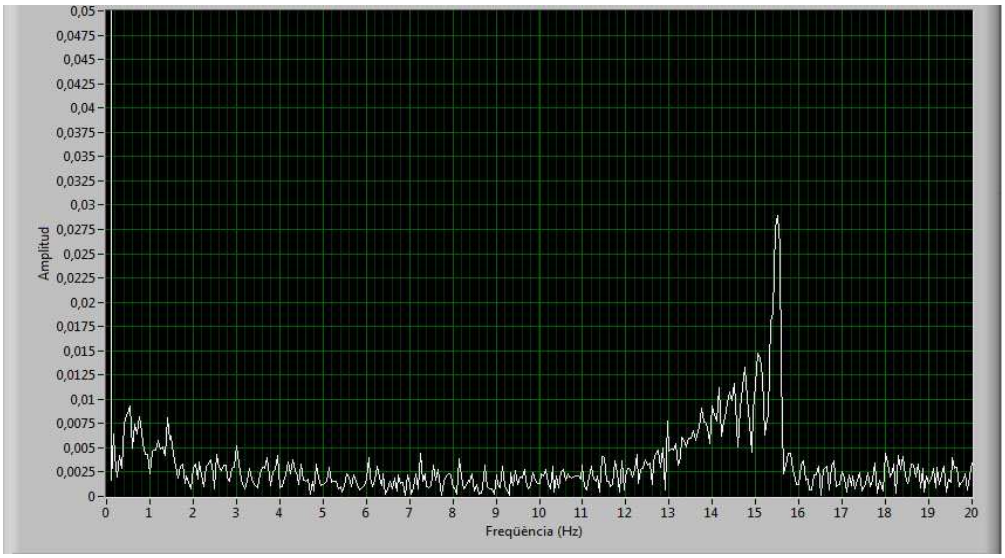


Figura 3.7 : Anàlisi espectral de la resposta de la plataforma al cop; donat que es tracta d'un senyal molt esmorteït l'amplitud promitjada per a les diferents freqüències és baixa respecte a l'amplitud pic inicial.

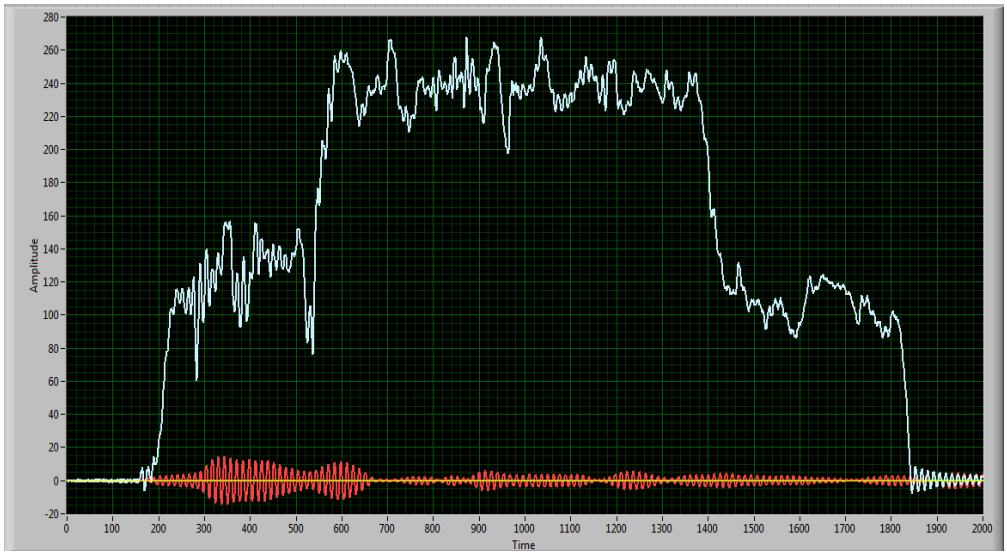


Figura 3.8 : Influència de la vibració de la plataforma. Senyal de pas de verra sense filtrat (blanc) i senyal pas de banda 14-16 Hz (rosat)

3.1.2.2.- Cèl·lules de càrrega o transductors de força

Entenent aquestes com a dispositius físics que capturen les forces actuants sobre la plataforma i la transformen en senyal elèctric.
En funció dels principis físics en que es basen, es diferencien els tipus de transductors de força (cèl·lules de càrrega) en resistius (mitjançant galges extensiomètriques o similars), capacitatius, de pressió (hidràulics o pneumàtics), magneto-elàstics i piezo-elèctrics.
Els primers presenten una interessant relació precisió/preu [Alcover, 2000], amb una resposta lineal per a accions dinàmiques de freqüència suficientment alta. [Shieh *et al.*, 2001] afirmen que el límit superior de freqüència de treball de les cèl·lules de càrrega depèn bàsicament de la freqüència natural del sensor (capacitat de recuperació mecànica dels materials amb que està fabricada la cèl·lula + resposta elèctrica).

En l'estudi realitzat per aquests autors consideren que el límit superior de freqüència de treball per a cèl·lules de càrrega mitjançant galges extensiomètriques de rang de treball baix (<10000 N) és de 200 Hz, compatible amb els propòsits de la tesi (tot i que es considera que pot treballar a freqüències molt més altes). En la patent desenvolupada per en [Clark, 1984] on es perseguien objectius similars (però en humans) als de la pròpia tesi posava de manifest que malgrat les cèl·lules de càrrega piezo-elèctriques fossin adequades per al seu treball en dinàmic, les cèl·lules de càrrega mitjançant galges extensiomètriques són vàlides i més barates per als esmentats objectius.
Aquestes cèl·lules de càrrega normalment solen comptar amb una disposició en pont de Wheanstone de les galges extensomètriques, pel que necessiten d'una font d'alimentació contínua i estable (i així s'evita el rissat per defecte de filtrat en transformació A/C). Després de varies experiències inicials negatives entorn al fet de poder garantir en granja un corrent altern es considera prudent treballar amb una font simètrica de 12 V de bateries col·locades en sèrie i independent del subministre elèctric de la granja.
També, un altre dels aspectes a considerar és la manera en com absorbeix l'esforç i s'ancora. Així, tenim cèl·lules de tracció, flexió, cizalladura, torsió i compressió. Per als propòsits de disposar-se sota una plataforma de grans dimensions (3,0 m) i amb la necessitat de solucions d'ancorament simples (simple recolzament), l'opció més lògica passa per cèl·lules de càrrega de compressió. Cal dir també que les verres, al seu pas per la plataforma, ho realitzen de forma pausada pel que, bàsicament, la força transmesa per l'animal a la plataforma té solament component vertical; [Tasch *et al.*, 2004 i 2005] posen de manifest aquest fet per a boví.
Donades les dimensions de la plataforma i el traçat de pas incert sembla recomanable un mínim de quatre cèl·lules, pel que cal la calibració de cadascuna per a ser considerades afectades per igual per una càrrega uniforme (plataforma).
Un altre dels aspectes lligat a les cèl·lules de càrrega és la connexió i apantallament del cablejat fins a amplificació del senyal. La connexió diferencial (cada senyal d'entrada té la seva pròpia referència a terra) es considera prudent per entrada de senyals per sota 1V, amb un filat fins a amplificació per

sobre de 3 m i en medis de molta contaminació electromagnètica, sempre i quan es garanteixi una bona connexió a terra [NI, 2000]. Donat que es preveu una baixa contaminació electromagnètica i un cablejat fins amplificació de l'ordre de 3 m, es considera suficient una connexió referenciada simple en l'àmbit en que es desenvoluparà el treball (connexió més senzilla). Aquesta consistirà en que totes les senyals d'entrada comparteixen una mateixa referència a terra que proporciona la mateixa targeta d'adquisició de dades (AIGND).

Finalment, el calibrat (ajust del guany) es realitza mitjançant una pesa de 10,000 kg (± 1g) individualment sobre cada cèl·lula de càrrega. Es realitza a diari un reajust degut a la variació de voltatge de la bateria.

La solució adoptada correspon a 4 cèl·lules de càrrega de compressió pura (una a cada aresta) AEP Transducers, model CCM-250kg, (precisió 0,2% F.S.; linealitat i histèresi 0,2%); aquestes estan construïdes mitjançant galges extensiomètriques en pont de Wheanstone. La sensibilitat nominal és de 2mV/V.

Figura 3.9 : Cèl·lula de càrrega usada (∅35 mm); cable apantallat; connexió 2 entrades voltatge d'excitació i 2 sortides de resposta

3.1.2.3.- Adquisició de dades

S'identifiquen les parts d'amplificació, digitalització i emmagatzemament. L'amplificació del senyal serà l'adequada per tal que la tensió d'entrada s'adeqüi als requeriments de la targeta d'adquisició (10 V). De la mateixa manera que les cèl·lules de càrrega, l'amplificació lineal del senyal també és susceptible de distorsionar-se quan el senyal és d'alta freqüència; en el present treball, aquest no és el cas donades les freqüències d'interès (≤ 100 Hz).

En la digitalització del senyal, pròpia d'una targeta d'adquisició de dades, la capacitat de freqüència d'adquisició de dades (que depèn en part de la multiplexació) sol ser molt superior a la freqüència de mostreig necessària. La pròpia digitalització quantifica el senyal analògic a 12 bits el que suposa la definició de 2^{12} nivells (4096) sobre l'amplitud de senyal i un ratio SQNR (senyal/soroll de quantificació) de -74 dB.
[Alexander, 1988] recull un seguit d' experiències d'altres autors afirmant que el rang de freqüències predominant que es produeix en les masses de l'home en moviment es troben per sota dels 50 Hz. En les patents desenvolupades per [Tasch U. et al, 2004 i 2005] per a la mesura dinàmica sobre plataforma de força en boví planteja una freqüència de mostreig de 100 S/s, considerant aquesta situada per sobre del nivell de Nyquist. En el present treball (verres) s'usa una freqüència de mostreig de 200 S/s, després de comprovar que no existeix pèrdua d'informació en l'anàlisi freqüencial respecte de freqüències de mostreig de 1000 S/s.
Anar a majors freqüències de mostreig, malgrat les possibilitats de fer-ho, suposa generar arxius de dades més grans sense aconseguir major informació amb el risc de pèrdua de comportament lineal del sistema d'amplificació (sensible a la freqüència de mostreig).

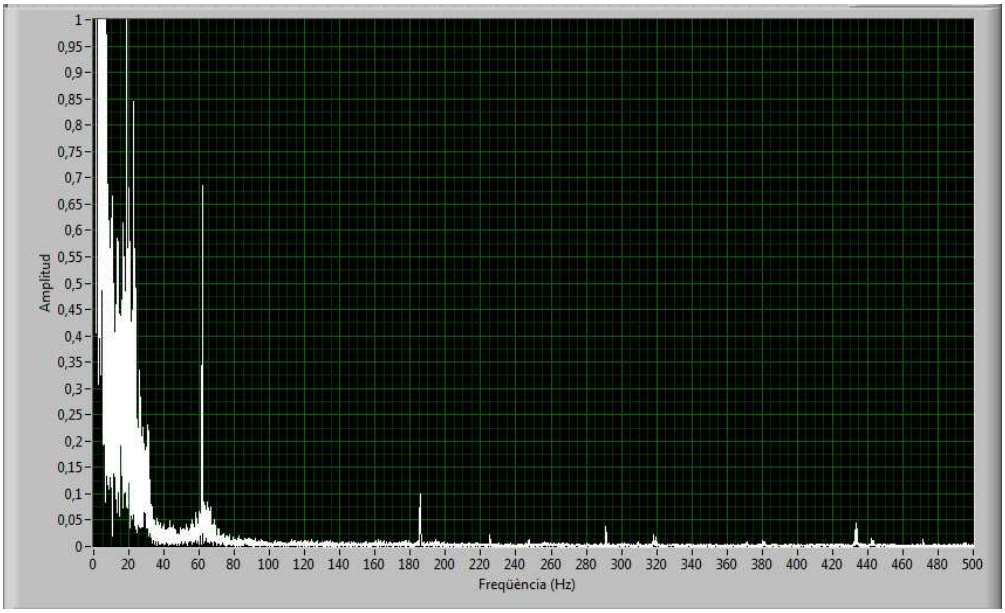


Figura 3.10 : Anàlisi espectral de la plataforma al pas d'una verra a una freqüència de mostreig de 1000 S/s. S'observa concentrada la potència de senyal a freqüències situades per sota de 100 Hz, remarcant que l'amplitud situada a 60 Hz correspon a l'efecte del subministre de corrent altern sobre l'amplificació (grup electrogen) ; aquest pic va desaparèixer al canvi a corrent continu (bateries).

Es procedirà a una etapa d'amplificació del senyal per separat situada a 3 m de les cèl·lules de càrrega, amb potenciòmetres per a zero previ a l'amplificació lineal mitjançant una font simètrica i sense filtrat i potenciòmetres de guany a la sortida d'amplificació (figura 3.11)

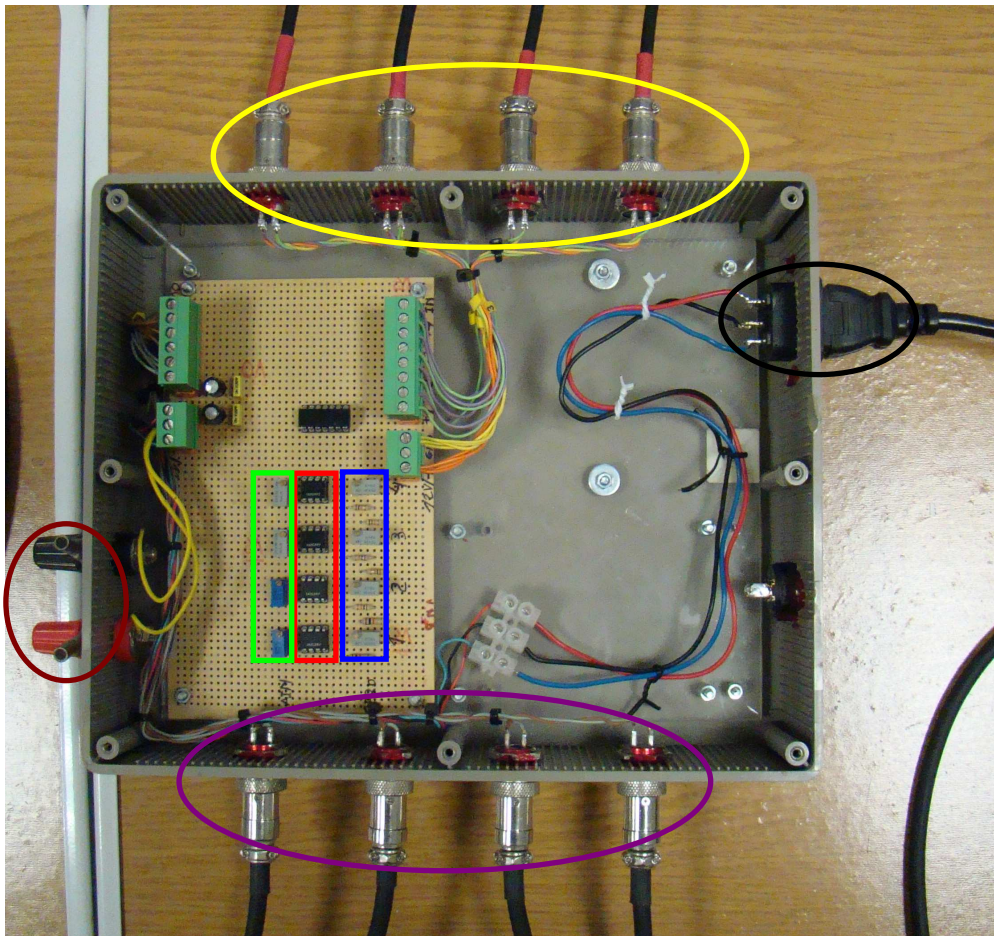


Figura 3.11 : Amplificació del senyal. Connexions a cèl·lules de càrrega, 2 cables d'excitació i dos de senyal (groc). Font 12V simètrica (negre). Connexions a targeta d'adquisició, 2 cables (lila). Potenciòmetres de zero (blau). Amplificadors lineals (groc). Potenciòmetres de guany (verd). Punt de comprovació de voltatge (marró).

La digitalització es duu a terme mitjançant una targeta d'adquisició de dades PCMCIA National Instruments model DAQCard 6024E amb 16 entrades analògiques i 2 sortides, freqüència màxima de mostreig 200 kS/s a 12 bits i I/O programable.

Figura 3.12 :Targeta d'adquisició de dades PCMCIA

3.1.2.4.- Programari

Tant l'emmagatzemament de dades com el seu posterior processat es realitza bàsicament mitjançant el programa Labview®. Aquest facilitarà la integració de la targeta d'adquisició de dades amb la programació, l'ús d'entorns gràfics, la facilitat de manejar matrius dinàmiques, i la compatibilitat de formats ("templates") per al conjunt d'instruccions. Per a la captació s'ha elaborat programes en versió 5.0, mentre que els programes de processat de dades s'ha usat la versió 8.2 (§annex A).

El programa elaborat "Trig_captar.vi" captura i guarda les dades rebudes de l'amplificació. Aquest té un dispositiu d'activació en funció d'un valor llindar programable del senyal d'entrada a la targeta d'una de les cèl·lules de càrrega. També pot reservar en memòria un nombre determinat de mostres del senyal anteriors en el moment d'arribar al valor llindar d'activació. El nombre d'operacions que realitza és mínim per a no interferir en l'adquisició de dades, tan sols hi ha factors de correcció en cada cèl·lula de càrrega en funció de la calibració diària. El senyal de cada cèl·lula es manté per separat en l'arxiu.

El programa "Compara.vi" visualitza el comportament del senyal per separat i sumat i permet estudiar l'efecte de diferents tipus de filtres.

El programa elaborat "Percentil.vi" i similars com "Est Error Comb.vi" i "Opt_Comb.vi" es desenvolupa per obtenir de la combinació de paràmetres fl, S i Th (§3.3.2.5), el valor percentil 95% en les estimacions de pes de les verres. Aquest necessita de les sub-rutines desenvolupades "Generadormatrius.vi" que genera combinacions ordenades dels factors fl, S i Th i "Extracció mediana.vi" filtra, retalla i extreu mediana dels senyals filtrats a partir dels paràmetres anteriors.

El programa "Acondades.vi", amb l'ajut de la sub-rutina "Extract.vi", prepara les dades que s'extreuen del filtrat del senyal i de l'histograma. La sub-rutina "Opt F.vi"extreu els factors filtrat i detecció de màxims de la funció derivada fl, S i Th per a obtenir el percentil 95% de les estimacions de pes de les verres estudiades i la sub-rutina "Opt H.vi" extreu la combinació I, S i Th, corresponent a la formació de classes en l'histograma i detecció de màxims, també per a obtenir el percentil 95% de les estimacions de pes de les verres. Les dades obtingudes d'aplicar aquest programa entren a xarxes neuronals per a l'estimació de pes.

El programa "Ressona.vi", juntament amb "Ressonant.vi" i "Percentiluna.vi", emmagatzema les dades (pes viu, greix dorsal, increment de pes de la garrinada per al període d'alletament….) de cada verra amb les característiques del senyal per a diferents bandes de freqüència al pas de la verra per la plataforma.

El programa "Visualitza traj.vi" prefiltra el senyal per separat de cada cèl·lula de càrrega i calcula la posició del cdg de la verra sobre la plataforma; extreu les variables de posició X, Y i força vertical en cada instant. Cada pas de verra es guarda en arxius independents.

El programa "Analitza traj.vi" usa les dades obtingudes per "Visualitza tra.vi" i dedueix la trajectòria de l'animal; a continuació, de la comparació entre la posició del cdg i la trajectòria de l'animal extreu tot un seguit de variables útils per a l'anàlisi de la marxa.

El paquet de programes "aNETka" versió 2.0 elaborats amb Labview® i cedits per cortesia de l'autor Stan Zurek (Universitat de Cardiff) construeix xarxes neuronals multicapa orientades amb aprenentatge "backpropagation" i possibilita el seu ús.

El paquet estadístic R versió 2.5.1 del projecte CRAN per part de la "The R Foundation for Statistical Computing", constitueixen un programari lliure en estadística, molt divers però amb unes certes dificultats d'implementar per als neòfits; el paquet "Rcmdr" en facilita el seu ús. Aquest paquet s'ha usat bàsicament per a l'anàlisi de l'error en models lineals, ANOVA i separació de mitjanes.

S'ha usat l'estès full de càlcul Excel® per als càlculs en estadística no paramètrica (Mann-Whitney) i diversos gràfics, entre els que destaca els gràfics ROC.

El programa Management Zone Analyst (MZA) versió 1.0, cedit pels autors [Fridgen *et al.*, 2004], construeix agrupacions difuses ("fuzzy clusters") i n'avalua el nombre de grups òptim segons els paràmetres NCE i FPI.

3.1.3.- Instrumentació auxiliar

La bàscula de pesada estàtica usada com a patró del *pes viu* dels animals serà de la marca ICONIX model FX-41 (rang 0-2000kg) amb precisió ±0,1kg (0-20kg), ±0,2kg (20-50kg), ±0,5kg (50-200kg), ±1kg (200-500kg) i ±2 kg (500-2000kg). Durant l'any 2005 s'observà i corregí un error sistemàtic d'un 4,025 %, sense pèrdua de linealitat. Aquesta es troba muntada sota una gàbia metàl·lica. S'ha usat tant per a la pesada de verres individualment com per a les garrinades (figura 3.13).
Per a les garrinades d'un dia s'ha usat un arcó de plàstic amb tapa, per a poder fer la pesada sense que els animals prenguin mal o perdin calor.

Figura 3.13 : Bàscula per a la pesada estàtica. Detalls de rampes d'accés, barra de pesada(2) i pannell de control i lectura

En la mesura de *greix dorsal* es comptabilitzen el gruix de les dues capes de greix externes i a ambdós costat sobre el punt P2 (doble lectura) mitjançant aparell d'ultrasons RENCO® model "leanmeter" (figura 3.14) amb una precisió ±1mm. Caldrà depilar la zona de contacte i untar-la d'oli.

Figura 3.14 : Aparell d'ultrasons per a mesura de gruix de greix dorsal

Altra instrumentació usada és un multímetre FLUKE 189 true RMS amb precisió bàsica de 0,025 % i capacitat d'enregistrament i transmissió de dades a l'ordinador. La seva funció és d'avaluar la regularitat de subministre, tant de la instal·lació de baixa tensió de la granja com de les dos bateries en sèrie de 12V i 43 Ah; s'ha procedit a una correcció diària del voltatge.

Els enregistraments de vídeo com a recolzament gràfic del present treball s'han realitzat amb una càmara digital de vídeo JVC model GR-DX-25. La dificultat d'aquests enregistraments en granja és deguda a que difícilment es poden obtenir visuals clares per a la anàlisi cinètica dels animals; una altra de les limitacions que es plantegen és la insuficient freqüència d'imatge (25 imatges/s) per a una anàlisi exhaustiu. Els enregistraments realitzats han estat :

- Pas sobre plataforma de les verres a l'entrada i la sortida de parideres.
- Vista dorsal de la verra per a valorar la Condició Corporal
- Procediments i materials

El control d'*ingesta* es porta a terme amb subministre volumètric (pot de 2,0 l) de pinso i control d'excedents a 24 h. Aquest excedents es pesen amb bàscula autònoma Gramm HGM-20 kg, amb precisió $\pm$1g, i es valora el grau d'humitat mitjançant la conductivitat elèctrica d'una mostra premsada de pinso a partir d'una corba patró construïda a partir del secatge en estufa a 80ºC (Meter House, "protimeter" model Grainmaster III).

Finalment, l'adquisició de dades es dona amb un ordinador portàtil Compaq Armada 1590 DT usant Labview versió 5.0.

3.2.- DADES

3.2.1.- Dades per a la meta-anàlisi

Les dades de la meta-anàlisi s'han elaborat per a estimar si la condició corporal (pes viu i greix dorsal), segons l'estat de l'art, és un bon estimador del nivell d'alimentació (diagnosi) i si té efecte en els nivells de producció (pes viu de la garrinada) i de reproducció (interval desalletament-cubrició fèrtil). De fet, es pretén valorar la incidència relativa de cadascun dels components de la Condició Corporal.

L'estimació quantitativa de l'efecte es desenvolupa a partir de la recopilació d' articles d'experimentació esmentats en les bases de dades següents :

* CABI Abstracts (CommonWealth Agricultural Bureau International).
* Agricola (U.S. National Agricultural Library)

La recerca es realitza sota els termes de "sow", "backfat" i "weight" en llengua espanyola, francesa i anglesa (excloent qualsevol altra llengua). Es restringueix l'obtenció dels articles a l'àmbit geogràfic europeu i americà per disponibilitat de fons bibliogràfic. Compren el període entre gener de 1995 i juliol de 2006 (remarcar la tendència de selecció a línies magres a partir de l'any 1995, [Cameron *et al.*, 2002], que justifiquen el període). Es completa el llistat d'articles mitjançant recerca transversal (referència en article).

Les revistes d'on provenen els articles triats són :
Animal Science, Journal of Animal Science, Journal of Nutrition, Animal Feed Science and Technology, Theriogeneology, Journées de Recherches Porcine, Livestock Production Science, American Journal of Phisiology, Animal Reproduction Science, Transactions of ASAE, Canadian Journal of Animal Science, Domestic Animal Endocrinology, Tecniporc, Animal Production

A més a més, altres provenen de les següents universitats :
Université Laval Canada, Purdue University, South Dakota State University, University of Tennessee, University of Helsinki, Iowa State University

Els articles disponibles i consultats són 138 . D'aquests, s'han extret les dades a 72 articles (§6) per disposar de totes les dades demanades, tant en termes de valor promitg com de dispersió en algun d'aquests blocs :

Gestació :
- Verra : raça, nombre d'animals, part
- Verra inici gestació : *pes viu* (W_i) i *gruix de greix dorsal* (GD_i)
- Verra durant gestació : *ingesta diària d'energia digestible i proteïna bruta* (ED i PB)
- Verra final gestació : *pes viu* (W_f) i *gruix de greix dorsal* (GD_f)

Alletament :

- Verra : raça, nombre d'animals, *part* (N part)
- Verra, part : *pes viu* (W_i) i *gruix de greix dorsal* (GD_i)
- Verra, alletament : dies d'alletament, nombre de garrins alletant, *ingesta diària* (Ing)
- Verra, desalletament : *pes viu* (W_f) i *gruix de greix dorsal* (GD_f)
- Verra, cubrició : *dies entre desalletament i detecció de zel o cubrició fèrtil* (IDCF ò IDDZ)
- Garrins : *pes viu al néixer* (Wl_i), *pes viu al desalletament* (Wl_f)

Donat que la Condició Corporal en la major part de les publicacions no és considerada com a tractament, es pot assumir que no existeix un risc de biaix per publicació, doncs no existeix un interès especial en confirmar un nivell significatiu per raons de la mateixa.
Així doncs, s'ha considerat suficient la prospecció d'articles experimentals en bases de dades i revistes reconegudes internacionalment; no s'ha completat la recopilació amb dades no publicades ni en cap moment s'ha adreçat a autors.

3.2.2.- Dades extretes de granja

L'observació de les diferents variables es duu a terme sobre totes les verres de lots consecutius (setmanals) durant els tres mesos d'estiu (16 lots, 260 verres) dels anys 2004 i 2005 en una sola granja. Cadascuna de les verres tenia un registre d'explotació amb un número d'identificació i un seguiment temporal de tot un seguit de dades en les qual destaquem el *part*, el *nombre de garrins parits* i *l'interval desalletament-cubrició fecundant*. L'entrada a parideres era setmanal, amb una mida de lot estandarditzada a 20 verres, 3 setmanes d'alletament i reagrupament de garrins al néixer entorn a 10 garrins.

Les dades s'obtenien en dijous i divendres, segons la programació de la granja, encara que sovint s'allargava a dissabte. Aquest treball es portava a terme al ritme marcat pel propi ramader, donat que es pretenia no interferir en les tasques habituals de la granja.
Abans d'entrar el nou lot a parideres (una setmana abans del part estimat), es mesurava el *gruix de greix dorsal* en la posició P2 i el *pes viu* de les verres que sortien.
Per a la mesura de *pes viu*, posterior al pas sobre la plataforma, s'aturava l'animal en una gàbia col·locada sobre passadís, el que, de vegades, es veia dificultat per la negació del propi animal a entrar. S'enregistrava en vídeo el pas de la verra sobre plataforma i, un cop arribat a les gàbies de cubrició-control, la part dorsal de l'animal per a valorar la Condició Corporal de manera visual. Extretes totes les verres de les parideres, es procedia a pesar la garrinada de cadascuna de les verres; en aquest cas, la dificultat estava en portar la garrinada cap a la bàscula evitant que cap garrí s'escapés per cap forat. Per a les verres en parideres, amb una setmana i dos setmanes després de part, a primera hora, es buidava la tremuja i s'omplia (volumètricament) amb 4,1 kg i 5,6 kg (densitat 0,7 kg/l) respectivament. Es decidí aquestes quantitats i amb

aquesta freqüència per no carregar excessivament les despeses d'aquesta mesura sobre el ramader.

Al dia següent i a la mateixa hora en que s'omplia la tremuja el dia anterior per a les verres en que es controlava la *ingesta*, es procedia a buidar i pesar el pinso restant controlant el seu grau d'humitat. Es repetia el procés de mesura de *gruix de greix dorsal* per a les verres que havien d'entrar; aquesta es donà encara en la zona de gestació confirmada i es procedí a l'enregistrament en vídeo del les parts dorsal de les mateixes. De camí cap a parideres es pesaven en estàtic i en dinàmic (plataforma de força) i s'enregistrà el seu pas per la plataforma. Sobre el lot que paria aquella setmana es controlava el nombre i pes de la garrinada acabada de néixer; sovint aquest control s'allargava al dissabte.

Periòdicament, es revisava el dispositiu de plataforma de força i portava a terme una recalibració per software.

Taula 3.1 : Planificació temporal de les accions a realitzar durant l'estada en granja

Lloc	Moment	Mesura	Ordre magnitud	Instrumentació
Gestació verificada, gàbia gestació	7 d abans part, Dv	Grassa Dorsal verra mm	21 mm	Ultrasons, enregistrament vídeo
De gestació verificada, anant a parideres	7 d abans part, Dv	Pes Estàtic verra kg	250 kg	Bàscula estàtica
De gestació verificada, anant a parideres	7 d abans part, Dv	Pes Dinàmic verra kg	4000 dades a 200 S/s arxiu PC, cinta video	Plataforma de força, càmara video
Parideres	Dv, Ds, Part, 24 h postpart	Nombre de garrins nascuts, nascuts vius	10 garrins	Conteig, registre
Parideres	Dv, Ds, Part, 24 h postpart	Pes garrinada	15 kg	Bàscula estàtica
Parideres	Dj i Dv/ 1ª i 2ª setmana, 24 h	Pes pinso, ingesta diària kg MS/dia	3-5 kg MS pinso/dia	Bàscula 20 kg Higròmetre
Parideres	Final lactació, Dj	N dies lactació, N garrins desalletats i pes garrinada kg	21, 10, 50	Registre, Bàscula estàtica
De parideres, anat a cubrició	Final lactació, Dj	Pes Dinàmic verra kg	4000 dades a 200 S/s arxiu PC, cinta video	Plataforma de força, enregistrament vídeo
Sortint de parideres, anant a cubrició	Final lactació, Dj	Pes Estàtic verra kg	Variació -20 kg	Bàscula estàtica
Sortint de parideres, a gàbia cubrició	Sortint lactació, en la gàbia cubrició, Dj	Grassa Dorsal verra mm	Variació -5 mm	Ultrasons
Cubrició- control	Pas a gestació confirmada	Dies entre desalletament i cubrició fèrtil	Valor promitg, 12 dies (repetició/ individu)	Registre

El *pes viu* (W) estàtic es dóna prèvia repetició de tres estimacions amb la verra dins la gàbia. Per a les verres entrant a parideres, es pesen gestants (una setmana abans del part teòric) i es descompta el pes de massa intra-uterina {3.3} proposada per [Dourmad J.Y., 2001]. La mesura es dóna en kg.

$$U = 1{,}329 \cdot Wl_i + 0{,}3 \qquad \{3.2\}$$

on
U, pes de massa intra-uterina, kg
W_{li}, pes de la garrinada al néixer, kg

En quant a la pesada de la garrinada, aquesta es porta a terme amb un bagul tancat per als garrins acabats de néixer i a peu propi en el desalletament. L'increment del pes dels garrins durant l'alletament s'estima a partir del nombre de garrins desalletats, considerant el pes inicial de la garrinada el valor promitg individual de la mateixa al part pel nombre de garrins desalletats.

La mesura de *gruix de greix dorsal* (GD) es dóna en la posició P2 a ambdós costats de la línia dorsal (a 6,5 cm), en la posició de la darrera costella i per a les dues capes externes diferenciables de greix; es promitgen els resultats. La mesura es dóna en mm. Per a la mesura de *gruix de greix dorsal* es procedia a esquilar la verra sobre la zona de contacte. Aquest mesura necessità d'un entrenament previ, doncs calia adaptar-se al moviment de l'animal i a l'estabilització del senyal de l'aparell d'ultrasons

Figura 3.15 Darrera costella i línia dorsal, referències per a la mesura de gruix de greix dorsal mitjançant ultrasons.

El *senyal enregistrat de la plataforma de força* s'extreu a un ritme de 200 Hz i en un nombre de 4000 mostres (S) sobre cada cèl·lula de càrrega; s'usa un llindar d'activació, capturant 100 mostres prèvies. La mesura es transforma a kg. Es porta a terme un calibrat inicial mitjançant potenciòmetres (0,40 V/10kg) en l'amplificació i afinat mitjançant software i un "blister" de calibració a 10,000 kg sobre cadascuna de les cèl·lules de càrrega.

Les mesures de pes del pinso sobrant es portaven a terme sobre bàscula autònoma de 20 kg i s'extreia una mostra per a la mesura d'humitat. La *ingesta diària* s'obtenia de restar al subministre del dia anterior el pinso restant, corretgit al 10 % d'humitat. La mesura es dóna en kg.
La distribució dels valors obtinguts en les variables més rellevants per a aquest treball es mostra en la taula 3.2. S'observa simetria dels quartils sobre el valor de mediana, excepte en la variable *número de part* (N part) degut a l'important entrada de verres per ampliació i renovació, per problemes de coixeses en l'any 2004. També, en la variable *ingesta diària a la segona setmana* (Ing_2), s'observa asimetria degut al procediment d'estimació i una lleugera insuficiència en l'abastiment.
Les mitjanes en funció de l'any, lot i part es mostren en les taules 3.3, 3.4 i 3.5. S'observa un manteniment dels valors de *pes viu* i *greix dorsal* entre els dos anys i per a diferents parts, el que deixa entreveure una gestió alimentària acurada durant la gestació.

Taula 3.2 : Valors de mediana i quartils de les variables estudiades en verres amb 9 a 11 garrins alletats i 18 a 23 dies d'alletament (N = 109 verres)

Estadístics	Npart	GD_i	W_i	Ing_1	Ing_2	GD_f	W_f	ΔGD	ΔW	$WI_f^{(*}$	IDCF
Mediana	3	20,5	221,5	3,85	4,20	16,5	195,6	-3,5	-24,5	55,7	6
Q25%	1	18,0	192,1	3,29	4,20	15,0	174,2	-5,0	-33,5	50,0	5
Q75%	4	22,5	248,9	4,20	5,39	18,5	221,6	-2,0	-17,8	61,9	7

(* ajustat a 10 garrins i 21 dies d'alletament

Taula 3.3 : Valors de mitjana/any de les variables estudiades en verres amb 9 a 11 garrins alletats i 18 a 23 dies d'alletament (N = 109 verres)

Any	GD_i	W_i	Ing_1	Ing_2	GD_f	W_f	ΔGD	ΔW	$WI_f^{(*}$	IDCF
2004	20,6	223,1	3,8	5,0	17,1	204,5	-3,6	-18,6	53,1	6,4
2005	20,4	224,5	3,4	3,9	16,8	193,6	-3,6	-30,9	57,4	16,8

(* ajustat a 10 garrins i 21 dies d'alletament

Taula 3.4 : Valors de mitjana/lot de les variables estudiades en verres amb 9 a 11 garrins alletats i 18 a 23 dies d'alletament (N = 109 verres)

Lot	GD_i	W_i	Ing_1	Ing_2	GD_f	W_f	ΔGD	ΔW	$WI_f^{(*}$	IDCF
1.1	22,8	217,3	3,9	5,1	17,1	196,2	-5,7	-21,1	50,1	11,0
1.2	22,8	251,6	3,4	4,7	16,5	225,6	-6,3	-26,0	54,5	5,0
1.4	18,3	221,1	4,0	5,2	17,2	203,5	-1,2	-17,5	59,1	11,0
1.5	22,2	238,4	3,5	4,9	18,3	215,8	-3,9	-22,6	53,5	5,3
1.6	19,5	252,1	3,9	5,0	17,2	235,7	-2,3	-16,3	45,3	5,0
1.7	19,4	239,1	3,9	5,5	17,1	214,7	-2,3	-24,3	54,5	5,2
1.8	19,2	183,5	4,1	5,0	15,9	174,0	-3,3	-9,5	54,7	4,9
2.1	22,5	230,2	3,2	4,5	17,3	190,5	-5,2	-39,6	61,9	20,7
2.2	21,2	239,8	2,7	3,7	17,1	204,1	-4,1	-35,7	58,1	9,0
2.3	20,0	221,2	3,4	3,9	17,4	192,4	-2,6	-28,8	55,7	14,9
2.4	17,8	199,8	4,1	4,1	15,8	176,1	-2,0	-23,7	54,4	17,0
2.5	19,3	225,5	3,4	3,9	15,9	194,5	-3,3	-31,0	62,4	27,4
2.6	20,7	214,8	3,6	3,9	16,5	185,4	-4,1	-29,4	52,8	20,2
2.7	21,2	213,7	3,3	3,8	15,9	180,3	-5,4	-33,4	59,4	10,4
2.8	21,8	272,9	3,5	3,8	19,0	240,9	-2,8	-32,0	61,4	9,4

(* ajustat a 10 garrins i 21 dies d'alletament

Taula 3.5 : Valors de mitjana, segons part, de les variables estudiades en verres amb 9 a 11 garrins alletats i 18 a 23 dies d'alletament (N = 109 verres)

Part	GD_i	W_i	Ing_1	Ing_2	GD_f	W_f	ΔGD	ΔW	WI_f(*	IDCF
1	19,6	184,7	3,7	4,5	15,7	165,4	-4,0	-19,7	53,0	12,6
2	20,6	222,4	3,4	4,0	17,3	192,6	-3,3	-29,9	59,6	17,3
3	21,1	232,8	3,5	4,7	17,4	206,7	-3,7	-26,1	57,9	11,0
4	21,1	247,3	3,6	4,5	17,4	219,9	-3,6	-26,8	55,2	12,8
5	20,3	246,1	3,9	4,7	17,4	222,0	-2,9	-24,1	57,2	5,4
6	22,0	266,8	3,8	4,6	16,8	239,2	-5,1	-27,6	48,6	4,8
7	20,5	263,2	3,5	4,4	16,8	232,5	-3,7	-30,8	49,3	5,0
8	17,0	265,0	3,3	2,4	21,0	249,7	4,0	-15,3	41,4	NaN

(* ajustat a 10 garrins i 21 dies d'alletament

Valorant, mitjançant ANOVA dels factors *Any*, *Lot* i *N Part* sobre la resta de variables, s'observa significació sobretot en la variable de *pes viu* (W) de la verra bàsicament degut a l'entrada sobtada de nous animals durant l'any 2004 per una problemàtica reiterada de coixeses i ampliació de població (taula 3.6). Apart d'aquest aspecte, es considera que les verres, per als diferents lots i anys, reben un tractament força centrador per part del ramader.

Taula 3.6 : Significació en ANOVA unifactorial dels factors Any, Lot i N part sobre cadascuna de les variables estudiades en verres amb 9 a 11 garrins alletats i 18 a 23 dies d'alletament (N = 109 verres)

Factor	GD_i	W_i	Ing_1	Ing_2	GD_f	W_f	ΔGD	ΔW	WI_f(*	IDCF
Any			**	***		,		***	**	***
Lot		***	*	***		***		***	*	*
Part		***		,		***			**	

(* ajustat a 10 garrins i 21 dies d'alletament
Significació : 0***, 0,001**, 0,01*,0,05,

A més a més, s'observa correlació lineal entre els valors inicials i finals tant per a GD com W, entre W i GD, i finalment, entre la *ingesta* i el *pes de la garrinada a final d'alletament* (taula 3.7)

Taula 3.7 : Correlacions lineals de les diferents variables en verres amb 9 a 11 garrins alletats i 18 a 23 dies d'alletament (N = 109 verres)

Variable	GD_i	W_i	Ing_1	Ing_2	GD_f	W_f	ΔGD	ΔW	WI_f(*	IDCF
GDi	1,00	0,51	-0,21	-0,10	0,60	0,46	-0,68	-0,29	0,08	-0,09
Wi	0,51	1,00	-0,22	-0,12	0,42	0,94	-0,24	-0,47	0,10	-0,08
Ing1	-0,21	-0,22	1,00	0,55	-0,14	-0,05	0,14	0,51	-0,13	-0,08
Ing2	-0,10	-0,12	0,55	1,00	-0,09	0,08	0,05	0,54	-0,21	-0,26
GDf	0,60	0,42	-0,14	-0,09	1,00	0,44	0,16	-0,06	0,09	-0,15
Wf	0,46	0,94	-0,05	0,08	0,44	1,00	-0,15	-0,14	-0,05	-0,20
ΔGD	-0,68	-0,24	0,14	0,05	0,16	-0,15	1,00	0,31	0,00	-0,02
ΔW	-0,29	-0,47	0,51	0,54	-0,06	-0,14	0,31	1,00	-0,39	-0,27
WIf	0,08	0,10	-0,13	-0,21	0,09	-0,05	0,00	-0,39	1,00	0,05
IDCF	-0,09	-0,08	-0,08	-0,26	-0,15	-0,20	-0,02	-0,27	0,05	1,00

(* ajustat a 10 garrins i 21 dies d'alletament

3.3. MÈTODES

3.3.1. Meta-anàlisi

3.3.1.1 Anàlisi estadístic

Aquest treball inicial, fet de recopilació (§6) i tria d'articles (§annex B) en meta-anàlisi, va encaminat, de forma natural, a un model d'efectes fixes en tant que es procura sempre abastar el màxim nombre d'estudis i excloure inicialment tan sols aquells articles que no disposen de la informació necessària.
Es considera un model d'efectes fixes aquell pel qual els estudis considerats formen part d'una única població d'estudis respecte a l'efecte considerat. La consideració de model amb efectes aleatoris seria aquell pel qual els estudis considerats formen una mostra aleatòria d'estudis tal que la variància de l'efecte entre estudis no es pot separar del total de la variància de l'efecte. En la present tesi no s'evidencia cap aspecte que posi en entredit l'aplicació d'un model d'efectes fixes.
La meta-anàlisi pateix dificultats similars a les que es produeixen en una anàlisi observacional per a tractar tant el biaix com la dispersió entre estudis i així fer que aquests siguin comparables; apart de les tècniques de mostreig, les tècniques més importants per a superar aquestes dificultats són la categorització de variables (tractament/control), l'anàlisi de correlacions i la ponderació en funció de la dispersió o de la mida mostral en cadascun dels estudis. També, sovint, no es disposa de prou publicacions *comparables* pel que l'estadística a desenvolupar necessàriament ha d'ésser simple (univariant); a més a més, cal entendre que les afirmacions fetes a partir d'aquest estudi meta-analític han de ser considerades com a hipòtesis.

L'anàlisi estadístic dels articles seleccionats per a l'estimació de l'efecte en meta-anàlisi es duu a terme mitjançant l'avaluació de correlació entre les variables que més endavant es detallen; així doncs, s'extreu en cada estudi la correlació existent entre variables sempre i quan hi hagi un nombre suficient de nivells de la variable explicativa (≥ 4 nivells) :

$$r_{xy} = \frac{\sum z_{xi} \cdot z_{yi}}{n} \qquad \{3.3\}$$

on

z_{xi}, valor de la variable x estandarditzada en l'estudi
z_{yi}, valor de la variable y estandarditzada aparellat amb x en l'estudi

Donat que es tracta d'un estimador poblacional esbiaixat caldrà modificar-lo de la següent forma :

$$G_r = r + \frac{r \cdot \left(1 - r^2\right)}{2 \cdot \left(n - 3\right)} \qquad \{3.4\}$$

També, es modifica l'anterior valor per a evitar asimetries :

$$z_r = \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{1+G_r}{1-G_r}\right) \qquad \{3.5\}$$

El valor de dispersió correspondrà a :

$$\sigma_z^2 = \frac{1}{n-3} \qquad \{3.6\}$$

Amb aquestes modificacions, la nova variable es distribueix com una normal.

Finalment, per a tornar la variable transformada a termes de correlació cal realitzar la següent operació :

$$r = \frac{e^{2zr} - 1}{e^{2zr} + 1} \qquad \{3.7\}$$

A continuació i per a fer comparables els valors de correlació entre estudis, es ponderen mitjançant la dispersió del terme de correlació observat en cada estudi [DeCoster, 2004] :

$$\overline{z_r} = \frac{\sum w_i \cdot z_{ri}}{\sum w_i} \qquad \{3.8\}$$

on

z_{ri} , valor de la correlació modificada en cada estudi i

w_i, factor de ponderació amb valor $w_i = \frac{1}{\sigma_{zri}^2}$

La variància de l'efecte correspon a :

$$\sigma_{\overline{zri}}^2 = \frac{1}{\sum w_i} \qquad \{3.9\}$$

Assumint una distribució normal estandarditzada de la variable $\frac{\overline{z_{ri}}}{\sigma_{\overline{zri}}}$, s'infereix la hipòtesi nula en que H_0 : z = 0 :

Aquesta metodologia és aplicable sempre i quan els resultats dels diferents estudis es puguin considerar d'un mateix conjunt de població; a tal efecte, s'usa l'estadístic Q_z que es distribueix segons una Chi quadrat amb k-1 graus de llibertat, éssent k el nombre d'estudis tinguts en compte :

$$Q_z = \sum \left[w_i \cdot \left(z_{ri} - \overline{z_r} \right)^2 \right] = \sum w_i \cdot z_{ri}^2 - \frac{\left(\sum w_i \cdot z_{ri} \right)^2}{\sum w_i} \qquad \{3.10\}$$

La hipòtesi nula planteja que $H_0 : Q_z = 0$

3.3.1.2.- Selecció d'articles i variables a correlacionar

Dels estudis revisats, s'observa un fort vincle entre la dieta energètica i la proteica durant la gestació pel que es preveu un comportament similar en front a les variables de *guany de pes viu* (ΔW) i *gruix de greix dorsal* (ΔGD); cal entendre, doncs, que el control alimentari es realitzi, bàsicament, mitjançant racionament.
Dels estudis disponibles amb dades entorn al període de gestació, s'observa que el valor de mediana en termes de racionament d'*energia digestible diària* (ED) és de 29 MJ/d. Donat que existeixen força estudis on tot el seu rang de treball es troba per sota o per sobre d'aquell valor, i altres tot i situar el seu rang entorn a aquell valor no manifesten prou dispersió, no és factible separar o categoritzar la dieta en tractament/control. Així doncs, es referma la idea anteriorment exposada d'usar la correlació entre variables com a estimació de l'efecte.
Els criteris per a la selecció d'articles en la meta-anàlisi són un mínim de 4 parelles de valors i un coeficient de variació CV entre el valors mitjans de cada tractament major del 10 % en energia digestible diària ED en MJ/d .

Els articles seleccionats (taula 3.8) es caracteritzen per ser portats a terme bàsicament amb races blanques de 1er i 2^{on} part, pel que cal esperar una menor incidència en el dipòsit de greix dorsal en front a l'increment de pes. La mitjana de pes a l'inici de gestació és de 173 kg.

Taula 3.8 : Relació d'articles triats per a l'anàlisi de correlació entre increment de pes (iW, kg), greix dorsal (iGD, mm) durant la gestació amb l'energia digestible (ED, MJ/d) i proteina bruta (PB, g/d) ingerida diàriament. Nv correspon al nombre de parelles de valors a correlacionar en l'article i CV_{ED} (CV_{PB}) el coeficient de variació en els termes d'ingesta diària d'energia digestible (proteïna bruta).

Variables correlació		Criteris exclusió	N estudis	Estudis	N verres implicades
ED	ΔW	Nv < 4 $CV_{ED\ /PB}$< 10%	5	[34] [38] [53] [60] [64]	1263
ED	ΔGD				
PB	ΔW				
PB	ΔGD				

Altra de les correlacions que es pretenen valorar és si el *pes viu* (W_i) i el *gruix de greix dorsal* (GD_i) "postpart" predisposen a una major capacitat productiva valorada en l'increment de pes de la garrinada fins a final de l'alletament (ΔWl). S'exclouen els estudis amb menys de quatre parells de dades i els grups de verres primales per considerar que el valor de *pes viu* incorpora excessivament el grau de maduresa de l'animal. Per altra banda, s'exclouen aquells estudis en que no s'observin coeficients de variació CV per sobre del 5% en les mitjanes de cada tractament per al pes viu i gruix de greix dorsal. Es tria aquelles lactacions que es situïn entre les tres i quatre setmanes de durada. En els estudis seleccionats (taula 3.9) bàsicament es fa us de races blanques i s'observa una gran regularitat en la mida de les garrinades d'un mateix estudi en la major part del casos, situant-se entre 9 i 10 garrins per garrinada per al conjunt d'estudis, pel que es considera no incideix excessivament en el valor de pes de la garrinada comparativament parlant dins un mateix estudi.

També es valora la correlació entre la *pèrdua de pes viu* (ΔW) o la de *greix dorsal* (ΔGD) durant l'alletament estan correlacionats amb l'*increment de pes de la garrinada fins a final de l'alletament* (ΔWl). En aquest cas, no s'exclouen les verres primales donat que es considera que la pèrdua de pes viu durant l'alletament respon a una certa "actitud maternal" i no tant a la pròpia edat de l'animal. No es produeix cap exclusió per falta de variació (CV < 5%) en les variables a estudiar. Es tria aquelles lactacions que es situïn entre les tres i quatre setmanes de durada.
Malgrat, s'incorpori un major nombre d'estudis (taula 3.9) on el nombre de garrins alletats per garrinada és menor de 9 (sovint entorn a 8 garrins), continua manifestant-se una gran regularitat en el nombre de garrins per garrinada en cadascun dels estudis, pel que es considera que no incidirà excessivament en el valor de correlació.

Taula 3.9 : Relació d'articles triats per a valorar la correlació existent entre el pes de la verra post-part (Wi), el gruix de greix dorsal (GDi) amb l'increment de pes de la garrinada fins a final d'alletament (ΔWl). També entre la pèrdua de pes viu (ΔW) i greix dorsal (ΔGD) de les verres durant l'alletament amb l'increment de pes de la garrinada fins a final d'alletament (ΔWl). Nv correspon al nombre de parelles de valors a correlacionar en l'article i CV_{wi}, el coeficient de variació en els termes de pes de la verra post-part.

Variables correlació		Criteris exclusió articles	N articles	Articles	N verres implicades
W_i	ΔWl	Nv < 4 Primípares No alletament 3/4 setmanes CV_{Wi} < 5%	5	[7] [12] [18] [52] [55]	850
GD_i	ΔWl		10	[6] [7] [12] [18] [44] [47] [48] [52] [55] [68]	1269
ΔW	ΔWl	Nv < 4 No alletament 3/4 setmanes $CV_{\Delta W}$ < 5%	31	[4] [6] [7] [10] [12] [13] [15] [18] [20] [22] [23] [24] [25] [31] [34] [43] [44] [45] [46] [47] [48] [50] [51] [52] [55] [57] [64] [66] [67] [68] [70]	5206
ΔGD	ΔWl				

A continuació, es valora la correlació existent de la *ingesta diària en termes d'energia digestible* (ED, MJ/d) i *proteïna bruta* (PB, g/d) amb els resultats productius (*increment de pes de la garrinada fins a final d'alletament*, ΔWl). Es continua amb el mateix criteri d'assumir aquells estudis en que la durada de l'alletament és de tres a quatres setmanes. S'exclouen els articles amb falta de variació en les variables anteriorment citades (CV < 5%).
Els estudis seleccionats (taula 3.10) segueixen característiques molt semblants als del paràgraf anterior.

Taula 3.10 : Relació d'articles triats per a l'anàlisi de correlació entre la ingesta diària d'energia digestible (ED), proteïna bruta (PB) amb l'increment de pes de la garrinada fins a final d'alletament (ΔWl). Nv correspon al nombre de parelles de valors a correlacionar en l'article i CV_{ED}, el coeficient de variació en els termes d'ingesta diària d'energia digestible.

Variables correlació		Criteris exclusió	N articles	Articles	N verres implicades
ED	ΔWl	Nv <4 No alletament 3/4 setmanes CV_{ED} < 5%	23	[3], [4], [6], [12], [15], [18], [20], [22], [24], [25], [34], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [52], [55], [57], [64], [66], [68]	3892
PB	ΔWl		24	[3], [4], [6], [12], [15], [18], [20], [22], [24], [25], [34], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [51], [52], [55], [57], [64], [66], [68]	4094

Finalment, s'estima la correlació existent entre la Condició Corporal (*pes viu* i *gruix de greix dorsal a final d'alletament* i *pèrdua* durant el mateix) i la posterior capacitat reproductiva valorada com a *interval de dies entre desalletament i detecció de zel* (IDDZ). Es consideren alletaments entre tres i quatre setmanes.
Es separen els resultats provinents d'estudis amb verres primales dels de verres multípares. S'exclouen els articles amb falta de variació en les variables anteriorment citades (CV < 5%).

Taula 3.11 : Relació d'articles triats per a valorar la correlació existent entre pes viu (Wf) i greix dorsal (GDf) de les verres a final d'alletament amb el nombre de dies desalletament-detecció de zel (IDDZ). També de les perdues manifestades durant l'alletament (ΔW i ΔGD) amb IDDZ. Nv correspon al nombre de parelles de valors a correlacionar en l'article i CV_{wf}, el coeficient de variació en els termes de pes viu de les verres a final d'alletament

	Variables correlació		Criteris exclusió	N estudis	Estudis	N verres implicades
Primípares	Wf	IDDZ	Nv <4 No alletament 3/4 setmanes CV_{Wf} < 5%	1	[70]	164
	GDf	IDDZ		1	[13]	293
	ΔW	IDDZ		8	[4] [13] [15] [22] [46] [66] [68] [70]	1434
	ΔGD	IDDZ		7	[4] [13] [15] [22] [66] [68] [70]	1247
	Variables correlació		**Criteris d'exclusió**	**N estudis**	**Estudis**	**N verres implicades**
Mutípares	Wf	IDDZ	Idem	2	[7] [18]	604
	GDf	IDDZ		5	[7] [13] [18] [47] [68]	1174
	ΔW	IDDZ		7	[7] [13] [18] [47] [50] [63] [68]	1634
	ΔGD	IDDZ		6	[7] [13] [18] [47] [50] [68]	1377

Les estimacions de correlació fetes a partir dels parells d'estudis [19] i [70], [13] i [19] o bé [7] i [18] es realitzen amb races diverses sense observar homogeneïtat en les mateixes. El nombre de verres usades també és molt diferent fet que denota tècniques d'experimentació molt dispars que, juntament amb el petit nombre d'estudis per a duu a terme l'estimació, fa que qualsevol hipòtesi a plantejar es faci amb moltes reserves.

3.3.2. Ús de filtres LTI

3.3.2.1 Introducció

Del senyal sumat de les quatre cèl·lules de càrrega de la plataforma de força s'elabora un algorisme per a l'estimació de *Pes Viu* (W) de les verres en granja a l'entrada i sortida de les parideres.
Inicialment, es tracta el senyal com a funció del temps i es presenten les bases teòriques que fonamenten l'ús de filtres lineals temporalment invariants (LTI) (§3.3.2.2 i §3.3.2.3); a continuació, es formula l'algorisme per a l'estimació de pes viu amb el pas de l'animal sobre la plataforma : es suavitza el senyal (§3.3.2.4) per a poder detectar, mitjançant derivades, la incorporació i sortida de l'animal a més a més del ramader (§3.3.2.5). Aquest filtrat es duu a terme a partir de filtres LTI desenvolupats amb el paquet de software Labview®. Més endavant, es processa el senyal rellevant per a obtenir l'estimació de pes (§3.3.2.6). Finalment, s'exposa el tractament estadístic per a la validació de l'algorisme (§3.3.2.7).
Més endavant, i a resultes de l'aplicació de la metodologia anteriorment plantejada, es veu la necessitat de relaxar l'algorisme (§4.2.1.1) per a millorar l'exactitud davant de diferents comportaments de l'animal al pas sobre la plataforma, evitant però la sobre-relaxació.
La figura 3.16 esquematitza el procés amb referències numèriques corresponents als apartats en que es tracta.

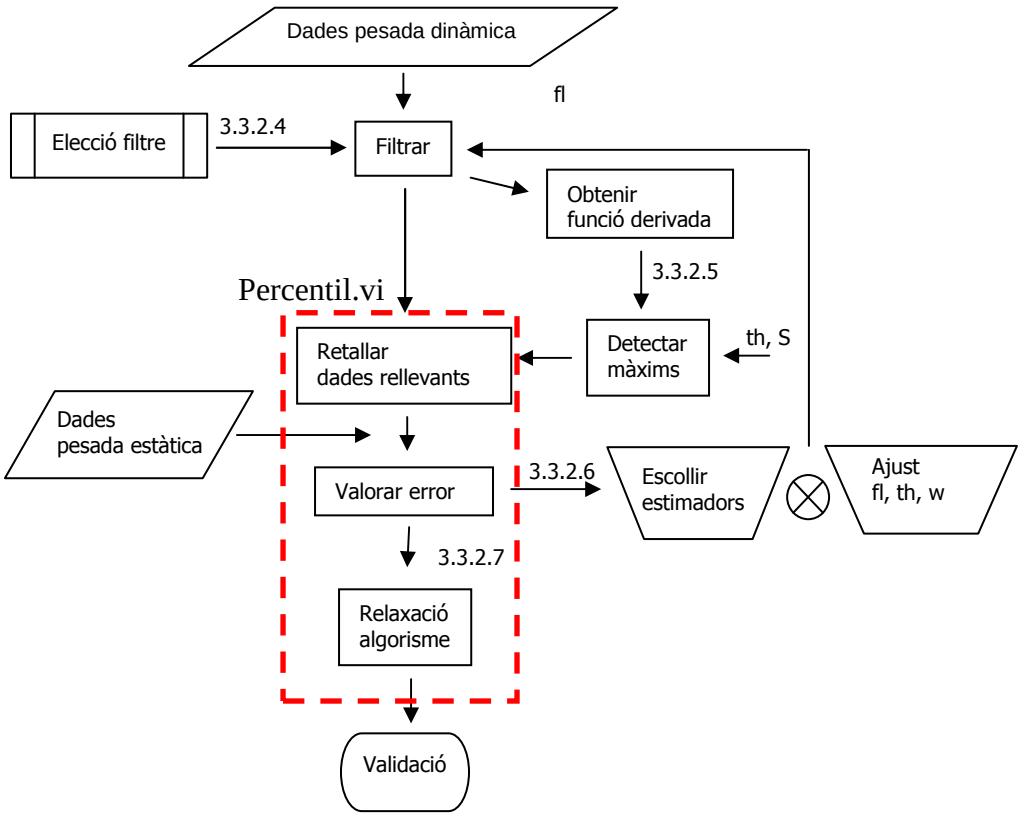


Figura 3.16 : Diagrama de flux del desenvolupament de l'algorisme per a l'estimació del pes viu.

3.3.2.2 Anàlisi espectral

Qualsevol senyal d'energia finita en temps continu pot ser descrit mitjançant sèries de Fourier. En concret, i per al tipus de senyal aperiòdic del que és objecte aquest treball (pas de l'animal sobre plataforma de força), aquest es pot descriure com a senyal de periode $T_p \to \infty$:

$$x(t) = \lim_{T_p \to \infty} x_p(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k \cdot e^{-j2\pi k F_0 t} \qquad f_0 = \frac{1}{T_p} \qquad \{3.11\}$$

on

x(t) : el senyal en el temps t
$x_p(t)$: el senyal considerat amb periode T_p
c_k : coeficient per a la sinuisoide de freqüencia $2\pi F$
k : nombre sencer
f_0 : freqüencia fonamental

Deduïnt-se c_k de :

$$c_k = \frac{1}{T_p} \int_{T_p} x(t) \cdot e^{-j2\pi k f_0 t} \cdot dt \qquad \{3.12\}$$

A partir d'aquest artifici, i donat que sobre aquest senyal aperiòdic solen aparèixer fenòmens oscilatoris superposats, resulta interessant tractar aquest com a cúmul de senyals periòdics a diferents freqüències i en tot cas, més tard, separar o diferenciar els fenòmens oscil.latoris (la vibració de la plataforma, les passes de l'animal, els moviments oscil.latoris de la massa corporal del mateix, el propi soroll en la captació del senyal) dels que no ho son (pes de la plataforma, pes viu de l'animal) o bé entre oscil.lacions de diferent origen.

Això porta a un desenvolupament clàssic en l'us de les transformades de Fourier, descrivint el senyal en temps continu i en el domini de freqüències mitjançant la transformada de Fourier :

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot e^{-j2\pi f t} \cdot dt \qquad \{3.13\}$$

i podent recuperar el senyal en el domini temps a partir de freqüències mitjançant :

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) \cdot e^{j2\pi f t} \cdot df \qquad \{3.14\}$$

El temps discret donat pel mostreig (N mostres) transforma les expressions anteriors *sense pèrdua d'informació* en :

$$X\left(\frac{2\pi}{N} \cdot k\right) = \sum_{n=0}^{N-1} x_p(n) \cdot e^{-j2\pi k \frac{n}{N}} \qquad \text{k=0,1,2,...N-1} \qquad \{3.15\}$$

$$x_p(n) = \sum_{k=0}^{N-1} c_k \cdot e^{j2\pi kn/N} \quad \text{amb} \quad c_k = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} x_p(n) \cdot e^{-j2\pi kn/N} \qquad \{3.16\}$$

sempre i quan les freqüències a analitzar es trobin situades en el rang de :

$$f < \frac{f_s}{2} \quad \text{o bé} \quad F = \frac{f}{f_s} < 0{,}5 \qquad \{3.17\}$$

on

x_p : senyal mostrejat N cops repetint-se cada N mostres.
f : freqüència analitzada (cicles/s)
f_s : freqüència de mostreig (mostres/s)
F : freqüència normalitzada o relativa (cicles/mostra)

El no poder disposar a partir d'un mostreig discret i finit del senyal de tots els rangs de freqüència impossibilita la reconstrucció del senyal continu en el domini temps, afegint -hi arrissat.

L'algorisme de càlcul que s'usa per al càlcul de la transformada de Fourier i el conseqüent anàlisi espectral és l'anomenat Fast Fourier Transform (FFT). Aquest gaudeix d'una menor sensibilitat als processos d'arrodoniment i d'una major velocitat de càlcul. Malgrat la nostra aplicació no és molt exigent en aquest sentit i donada la seva disponibilitat en el paquet informàtic Labview, es farà us del mateix.

L'anàlisi espectral al pas de les verres sobre la plataforma presenta un rang de freqüències en el que les amplituds majors estan concentrades en la zona de freqüències baixes (figura 3.17). Es dóna per sentat que, amb l'objectiu posat en la determinació del *Pes Viu* al pas de l'animal, el filtrat s'haurà de realitzar com a passabaixos.

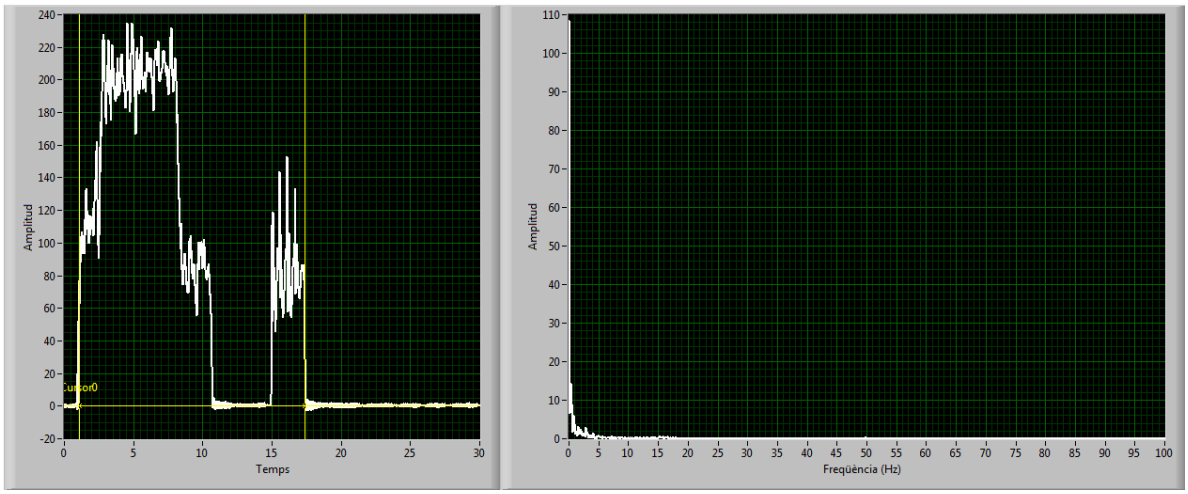


Figura 3.17 : Pas de verra amb ramader (fs = 200 Hz, N = 4000 mostres, 20 s). Esquerra, senyal en el domini temps i sense filtrar. Dreta, senyal en el domini de freqüències. La informació rellevant es situa a freqüències per sota de 25 Hz.

3.3.2.3 Filtrat

El filtrat del senyal lineal i invariant amb el temps (filtre LTI) respon a l'expressió en diferències :

$$y(n) = -\sum_{k=1}^{N} a_k \cdot y(n-k) + \sum_{k=0}^{M} b_k \cdot x(n-k) \qquad \{3.18\}$$

on

y(n) : senyal de sortida de filtre en temps discret
a_k : coeficient de la k senyal de sortida de filtre
x(n) : senyal d'entrada de filtre en temps discret
b_k : coeficient de la k senyal d'entrada de filtre

El filtre LTI descrit en diferencies és fàcil d'implementar, però els valors dels coeficients a_k i b_k no deixen entreveure el tipus de filtrat, pel que cal situar el senyal i el senyal filtrat en altres dominis per, a priori, poder dissenyar un filtre de característiques concretes.

Qualsevol filtre LTI (o sistema) es pot descriure també a partir del concepte de convolució, donat que el senyal o el propi sistema es pot descriure com a :

$$v(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h(k) \cdot v(n-k) = h(n) * v(n) \qquad \{3.19\}$$

$$v(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h(k) \cdot w(n-k) = h(n) * w(n) \qquad \{3.20\}$$

on

h(k) : resposta impulsional del sistema en el moment k

Del teorema de la convolució, la pròpia convolució passa a ser producte de les funcions transformades en el domini de freqüències tal que la resposta impulsional (H(F)) passa a ser un factor d'escala per al senyal d'entrada X(F) en el domini de freqüències i per tant un filtre :

$$Y(f) = H(f) \cdot X(f) \qquad \{3.21\}$$

$$H(f) = H(z)\Big|_{z=e^{j2\pi f}} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n) \cdot e^{-j2\pi f n} \qquad \{3.22\}$$

on

X(f) : senyal d'entrada al sistema o filtre en el domini de freqüències
Y(f) : senyal de sortida al filtre en el domini de freqüències
H(f) : resposta impulsional dels sistema o filtre en el domini de freqüències
z : complexe resultant d'aplicar la transformada de Fourier a la resposta impulsional

Introduint ambdues expressions sobre l'equació en diferencies queda :

$$H(f) = \frac{\sum_{k=0}^{M} b_k \cdot e^{-j2\pi f k}}{1 + \sum_{k^*=1}^{N} a_{k^*} \cdot e^{-j2\pi f k^*}} \qquad \{3.23\}$$

Anul·lant determinats coeficients b_k, la resposta impulsional en les freqüències entorn a $2\cdot\pi\cdot f\cdot k$ queden també anul·lades (zeros en el domini Z) ; per altra banda, determinats coeficients a_{k*} poden assolir valors tal que el denominador tendeixi a anul·lar-se (pols en el domini Z) i, per tant, accentuar el paper d'aquelles freqüències $2\cdot\pi\cdot f\cdot k*$.

Donat que l'ús de filtres no és un fi per ell mateix en aquest treball i que la funció a realitzar no té especificitat, ja que correspon a un filtre passabaixos, no es considera el disseny de filtres i es referència a filtres digitals de caire general ja sobradament desenvolupats amb determinades característiques optimitzades : amplada de banda de transició, riçat en la banda de refús, riçat en la banda de pas, fase lineal.
Això dóna peu a analitzar l'efecte d'alguns dels filtres que a continuació es tracten (FIR, Butterworth, Bessel, Chevysshev) sobre el tipus de senyal a tractar en aquesta tesi.
Com a criteris generals tinguts en compte per a l'el.lecció de filtre es té que :

El major nombre de coeficients que conformen un filtre allisa el senyal dinàmic (domini de temps), però per altra banda, suposa un retard de la resposta en el domini temps (donat que necessita un major nombre de valors anteriors mostrejats). Cal també tenir en compte el màxim nombre possible de coeficients per a la *freqüència de mostreig* (f_s=200 Hz, M=2000) sense que hi hagi distorsió de l'amplitud màxima del senyal respecte a l'estimació del pes.

Per altra banda, un bon filtrat per anular el riçat en el domini de temps es sol contraposar amb un bon filtrat (passabaixos) en el domini de freqüències, donat que, per al primer, el rang de freqüències per a intentar d'ajustar-se al senyal desitjat necessita que sigui gran (fenomen de Gibbs).

3.3.2.4. Elecció de filtre

Les expressions matemàtiques lligades als filtres esmentats en el domini de freqüències s'han obviat, donat que no aporten més informació a la coneguda pels seus efectes i s'atén a aquests per al senyal aportat pel pas dels animals per la plataforma.

Es diferencien els filtres FIR (Resposta Impulsional Finita) dels IIR (Resposta Impulsional Infinita, recursius). Els filtres FIR es descriuen mitjançant l'expressió en diferències següent :

$$y(n) = \sum_{k=0}^{M} b_k \cdot x(n-k) \qquad \{3.24\}$$

Els coeficients b_k corresponen a la resposta impulsional en el domini de temps deduïble de la resposta impulsional en el domini de freqüències (deduïbles d'aplicar enfinestrat, mostreig o l'aproximació de Chevyschev).

Aquests filtres es caracteritzen per poder gaudir de fase lineal i, per tant, d'una resposta sobre un senyal graó en el domini de temps molt regular. La seva limitació per al prefiltrat desenvolupat en el següent punt es troba en que necessita un major nombre de termes per a un bon filtrat amb el conseqüent retard. Per a les experiències desenvolupades en el present treball s'observa, veure figura n, que no hi ha pèrdua d'amplitud a partir d'uns 1000 termes del senyal manifestant un retard considerable; si es força un retard del filtre similar als filtres IIR, Butterworth per exemple, manifesta una important pèrdua d'amplitud. Es descarta el seu ús donat l'excessiu retard que dóna per a l'algorisme de segmentació en el màxims de la derivada (§3.3.2.5).

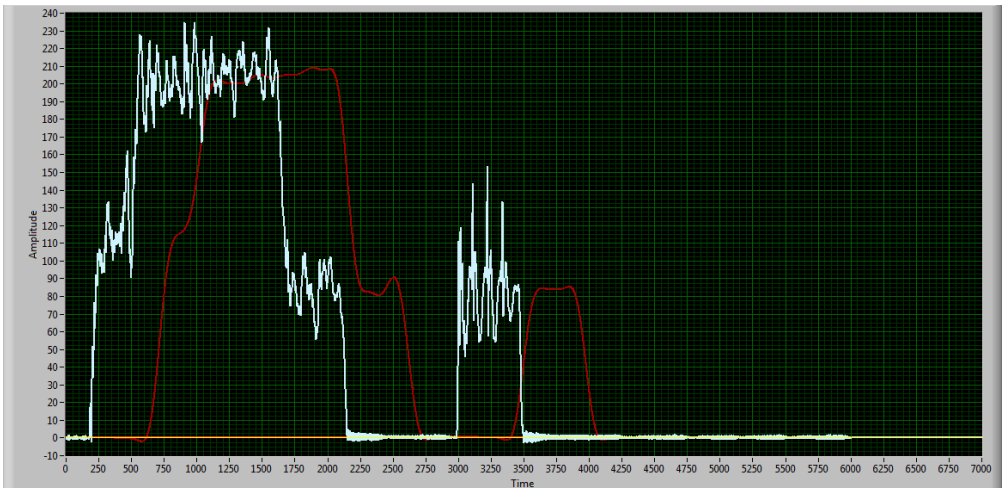


Figura 3.18 : Comparació al pas de verra i ramader, entre el senyal sense filtrar (blanc) i el filtrat (vermell) amb un filtre FIR amb enfinestrat Flat Top (N = 1000 termes, f_h = 0,8 Hz). Malgrat la resposta de filtrat és idònia, manifesta un excés de retard.

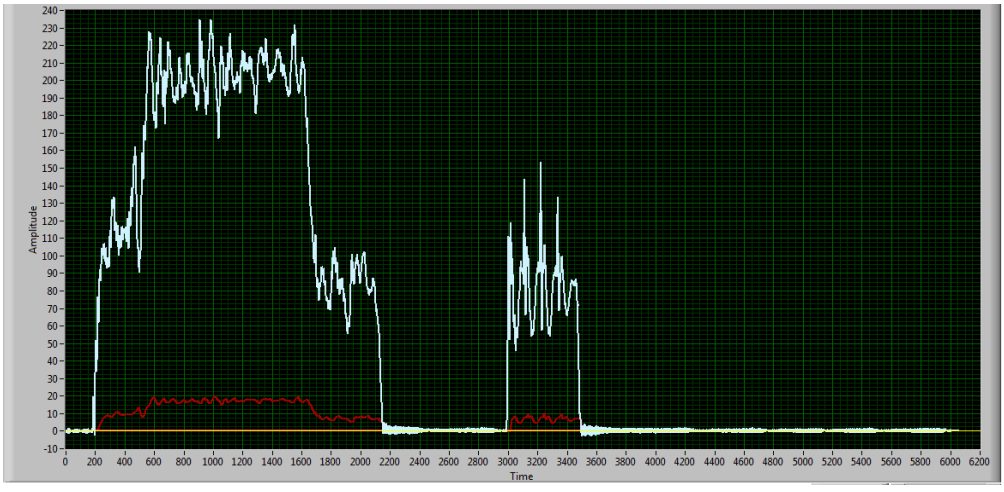


Figura 3.19 : Comparació al pas de verra i ramader, entre el senyal sense filtrar (blanc) i filtrat (vermell) amb un filtre FIR amb enfinestrat Flat Top (N = 50 termes, f_h = 0,8 Hz). Es posa de manifest la pèrdua d'amplitud a canvi d'una correcció en el retard.

Els filtres IIR més clàssics es solen desenvolupar a partir de filtres analògics equivalents, analitzats en el domini complex d'imaginaris purs S mitjançant la transformada de Laplace, comparats amb el domini Z mitjançant el teorema de transformació Z adaptada, i deduint-se d'aquest els paràmetres a_k i b_k per a obtenir, finalment, el senyal filtrat de l'expressió en diferències :

$$y(n) = -\sum_{k=1}^{N} a_k \cdot y(n-k) + \sum_{k=0}^{M} b_k \cdot x(n-k) \qquad \{3.25\}$$

Aquests filtres IIR necessiten un menor nombre de termes que els filtres FIR (donat l'important efecte dels pols) per a aconseguir l'efecte de filtrat desitjat, pel que també és menor l'efecte de retard, a canvi d'una major tendència a manifestar arrissat.

D'entre els diferents filtres digitals IIR disponibles dins el paquet Labview®, es comparen, en el present treball, els filtres Butterworth, Chevyshev i Bessel de segon ordre.

El filtre de Chevyshev amb mateix nombre de pols i mateixes especificacions de banda de pas i de refús manifesta una amplada de banda de transició petita per al senyal graó (d'interès en aquest treball) a canvi d'arrissat. En canvi, per a les mateixes especificacions el filtre Butterworth necessita d'un menor nombre de pols que el Chevyshev, o dit d'altra manera, per a una mida de filtre similar s'ajusta millor en les bandes de pas i refús que el primer. Finalment, els filtres de Bessel gaudeixen de linealitat de fase, per la qual responen al senyal graó de forma més regular i allisada, encara que les transicions en el domini de freqüències són quelcom més llargues (figura 3.20).

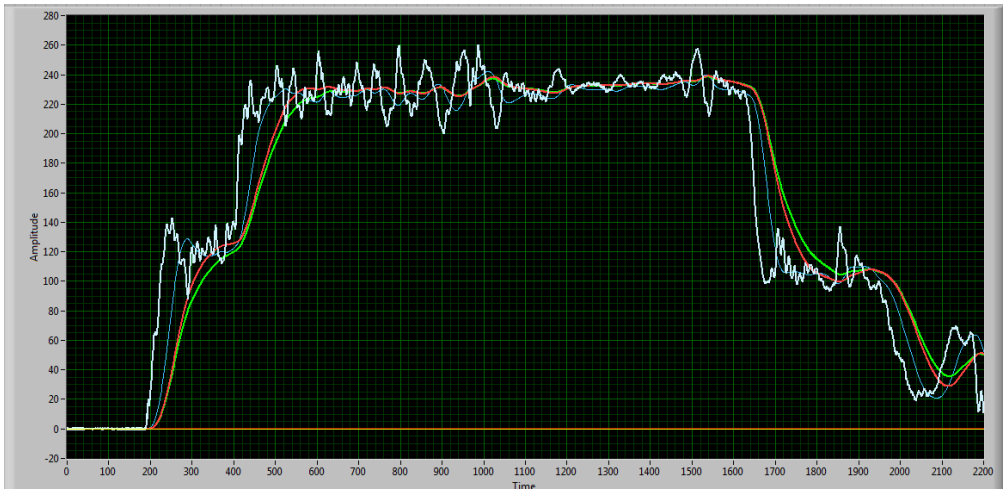


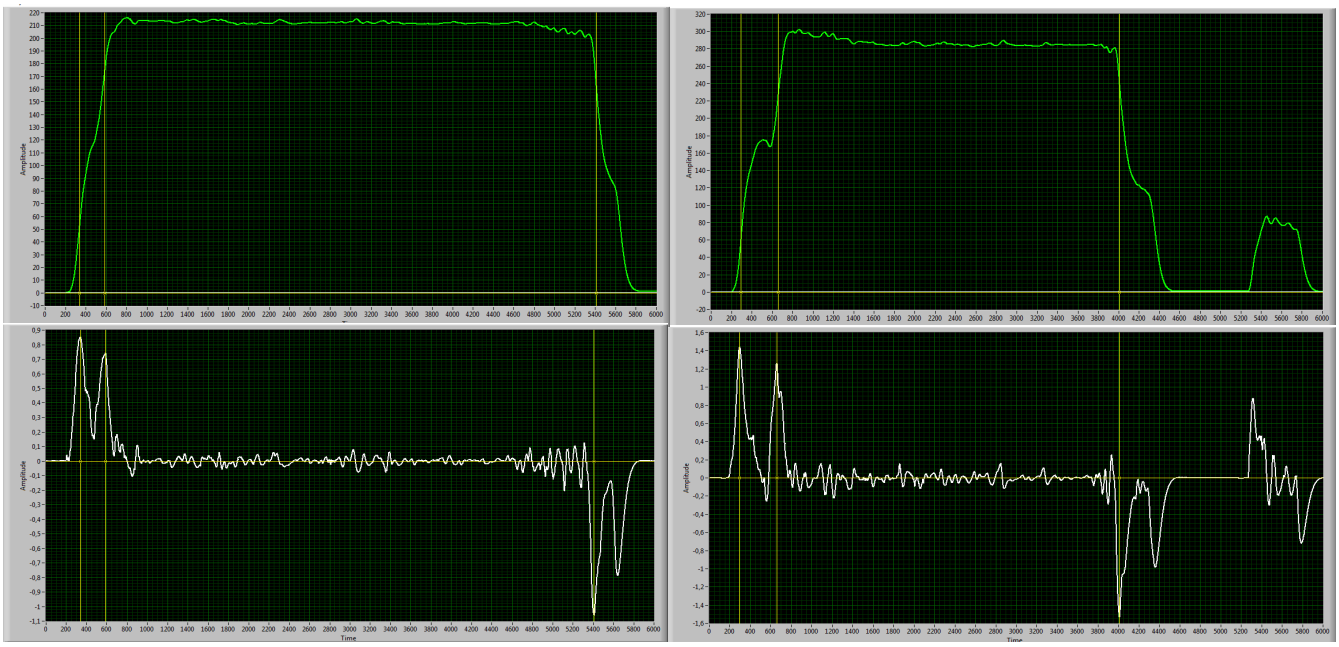
Figura 3.20 : Comparativa del senyal (blanc) amb el senyal filtrat passabaixos amb filtre Butterworth (vermell; 2^{on} ordre, f_l = 0,8 Hz), filtre Chevyshev (blau; riçat admissible 0,1 dB, 2^{on} ordre, f_l = 0,8 Hz) i filtre Bessel (verd; 2^{on} ordre, f_l = 0,8 Hz). S'observa un allisat de senyal més accentuat en el filtre Bessel.

Les figures 3.18 a 3.20 s'han obtingut a partir del programa Compara.vi (suport Labview®)

3.3.2.5 Informació rellevant del senyal

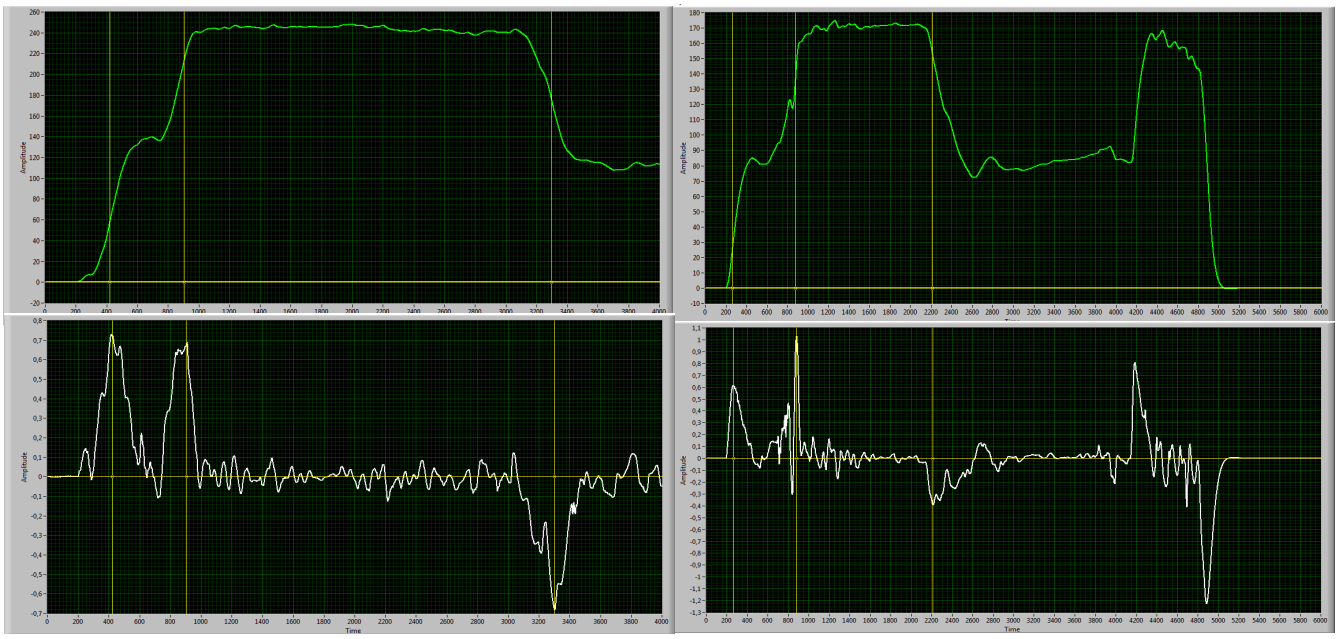
Per a procedir a la tria de la informació rellevant en el senyal (en aquest cas, Pes Viu) es realitza un prefiltrat amb un filtre Bessel de 2 ordre, donada la millor resposta en el domini temps (segons regularitat, suavitat i retard). Del senyal prefiltrat, s'analitza la seva derivada. Sobre la derivada del senyal prefiltrat es situen els màxims i mínims i s'inicia la seqüència de dades rellevants a partir del segon màxim relatiu corresponent a l'entrada successiva dels quarts de la verra. Les dades rellevants s'acaben en el següent màxim o mínim provocat per l'entrada del ramader o la sortida de la verra, o fins a final del registre.
S'observa, per als diferents passos de verra i ramader, els següents casos d'entrada seqüenciada (figures 3.21 a 3.24 (g)), és a dir, entrant la verra abans que el ramader sobre la plataforma.

(a) (b)



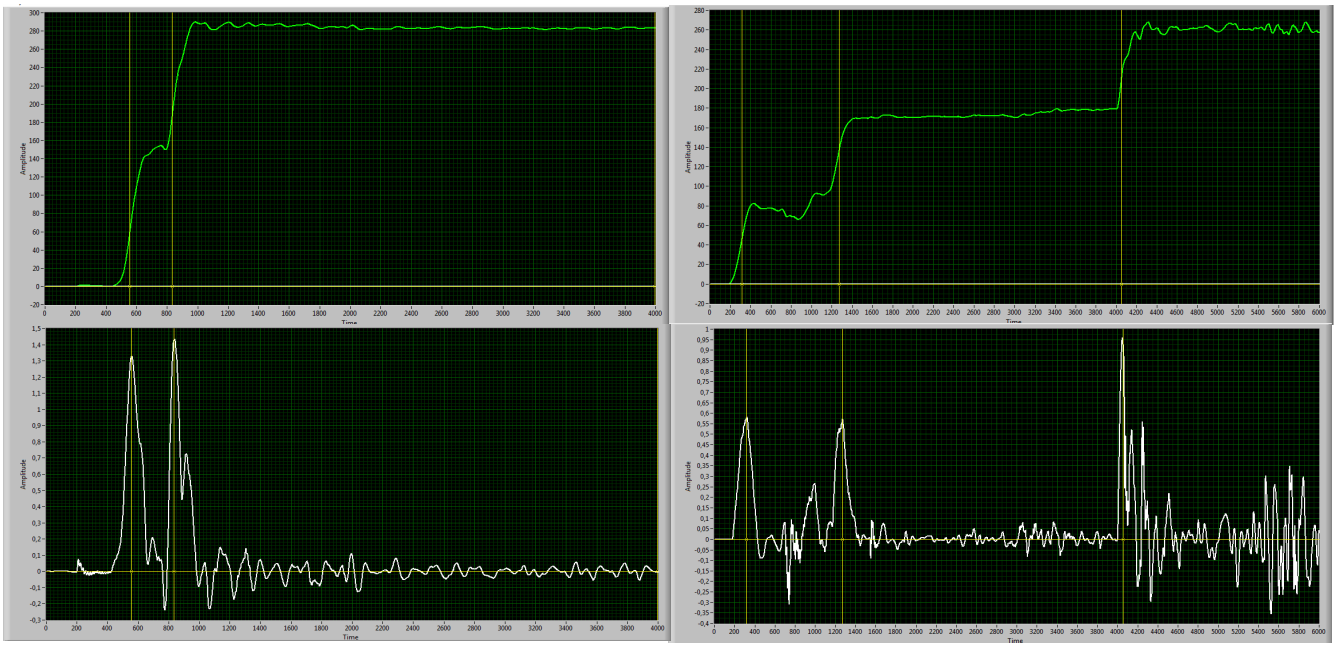
Figures 3.21 : Senyals seqüenciades i filtrades (verd, passabaixos Bessel, 2^{on} ordre, f_l = 0,8 Hz) amb derivada (kg/mostra) del senyal filtrat (a sota, blanc) : (a) Pas de verra sense aturar-se (b) Pas de verra sense aturar-se amb pas de ramader

(c) (d)



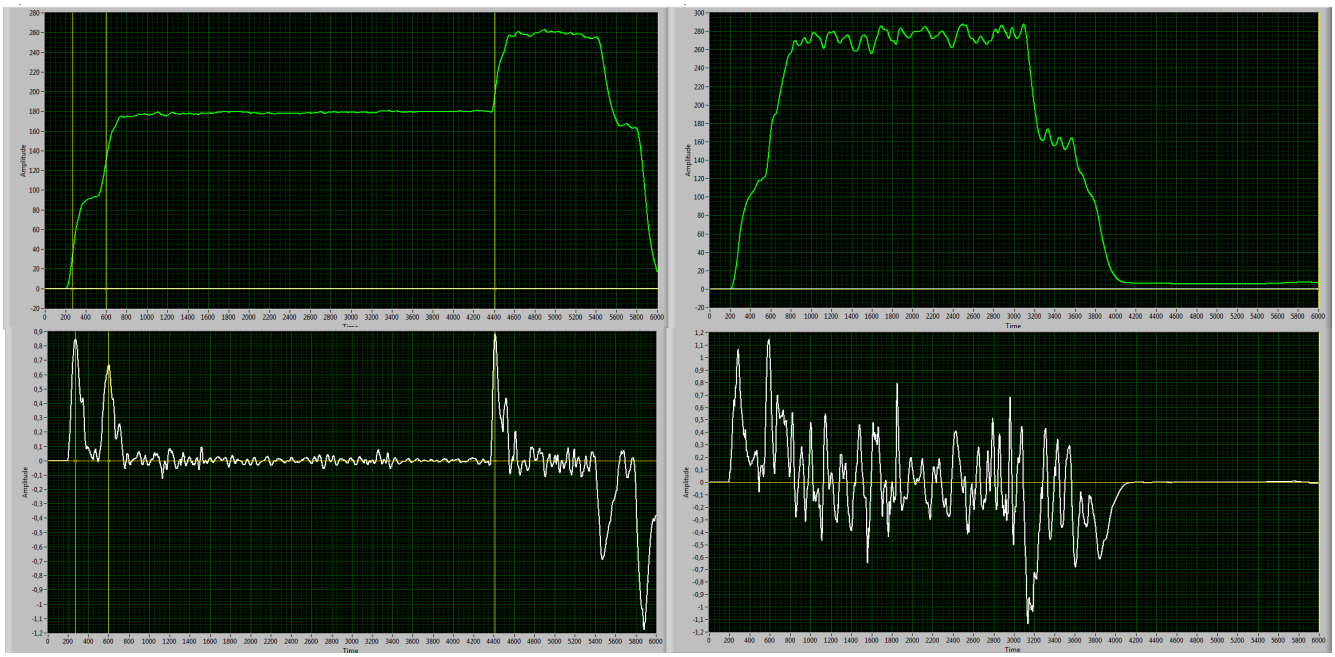
Figures 3.22 : Senyals sequenciades i filtrades (verd, passabaixos Bessel, 2^{on} ordre, f_l = 0,8 Hz) amb derivada (kg/mostra) del senyal filtrat (a sota, blanc): (c) Pas de verra amb quarts anteriors sortits (d) Pas de verra sense aturar-se amb entrada de ramader amb els quarts anteriors de verra sortits.

(e) (f)



Figures 3.23 : Senyals sequenciades i filtrades (verd, passabaixos Bessel, 2^{on} ordre, f_l = 0,8 Hz) amb derivada (kg/mostra) del senyal filtrat (a sota blanc): (e) Pas de verra aturant-se (f) Pas de verra aturant-se amb entrada de ramader.

(g) (h)



Figures 3.24 : Senyals seqüenciades i filtrades (verd, passabaixos Bessel, 2^{on} ordre, f_l = 0,8 Hz) amb derivada (kg/mostra) del senyal filtrat (a sota, blanc): (g) Pas de verra i entrada de ramader amb sortida conjunta (h) Entrada no seqüenciada.

Cal entendre que l'entrada no seqüenciada impedeix l'aplicació de la segmentació del senyal mitjançant la funció derivada (figura 3.24 (h)).
Una alternativa a la segmentació mitjançat la funció derivada del senyal filtrat correspon a la segmentació per màxims en els senyals de les cèl·lules de càrrega extremes (parell d'entrada-parell de sortida) per separat.

Aquesta opció pot arribar a ser interessant per al pas de l'animal sol; ara bé, l'entrada del ramader a la plataforma, quan hi és l'animal, dificulta l'apreciació del màxim de les cèl·lules de sortida (figura 3.25)

Una segona alternativa correspon al tractament de l'histograma del senyal, però tendeix a manifestar-se ambigüitat de la informació obtinguda quan apareix el ramader en el senyal, cosa que fa desestimar el seu ús.
L'algorisme plantejat anteriorment (filtrat i detecció de màxims en la derivada) necessita d'un ajust en els paràmetres de *freqüència de tall* del filtre Bessel de 2^{on} ordre (*fl*, cicles/s), *valor llindar* per a la detecció del màxim en la derivada del senyal prefiltrat (*th*, kg/mostra)) i *amplada d'interval* sobre el qual es defineix el màxim (*S*, nombre de mostres). Aquest ajust es realitza per a millorar la detecció d'aquells valors extrems de la funció derivada del senyal filtrat, entre els quals es troba la informació rellevant (pes viu).

(a) (b)

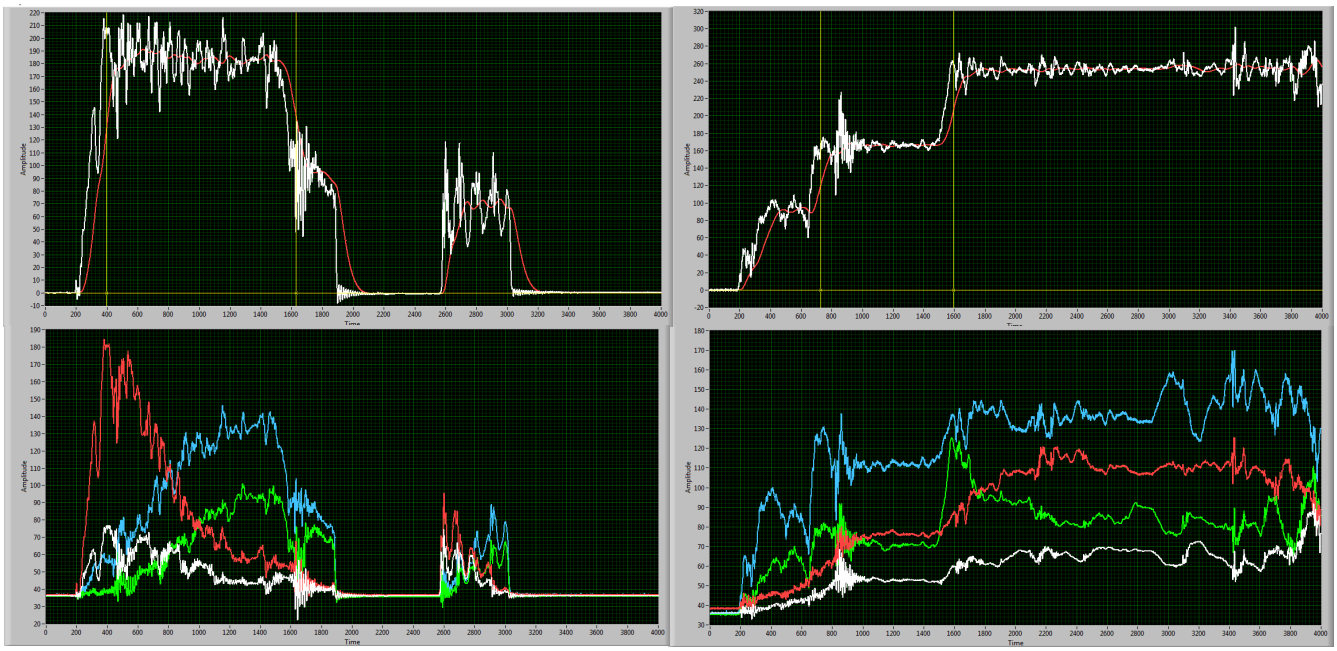


Figura 3.25 : (a) Pas de verra i ramaders per separat amb senyal sense filtrar (dalt) ;senyal de les diferents cèl·lules de càrrega (baix). (b) Entrada del ramader amb la verra sobre la plataforma.

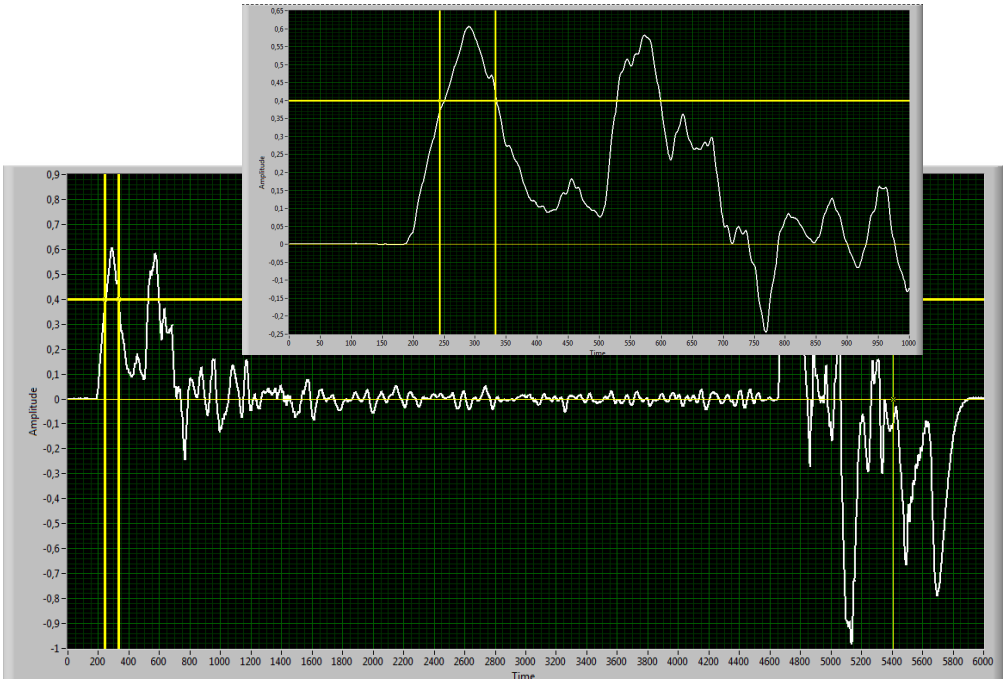


Figura 3.26 : Funció derivada del senyal (a dalt) i ampliació (a baix) marcant en groc el criteri per a la detecció d'extrems : amplada d'interval (S) per a la detecció d'un extrem (90 mostres) i valor llindar (th) a partir del qual es considera un extrem relatiu (0,4 kg/mostra)

En diferents assajos preliminars portats a terme, s'ha considerat que aquest procediment cal implementar-el amb la mediana (com alternativa, la mitjana amb extrems retallats) dels valors del senyal situats entre els extrems detectats; es comprova així si es tracta d'una vibració al pas de l'animal o ramader o bé d'una incorporació efectiva sobre la plataforma de força de major pes viu. Es desestimen els valors de mitjana i mitjana harmònica per conduir a pitjors resultats en termes de suma d'error quadràtic.
En cas que la mediana d'un tram (marcats per extrems relatius de la funció derivada) no fos superior en 50 kg a la mediana d'un tram contigu, ambdós trams de dades es concatenarien. En cas contrari, es consideraria que la plataforma es troba en una situació diferent de càrrega i per tant, caldria diferenciar del tram anterior del senyal. S'observa, en assajos preliminars, que la parametrització (en l'entorn de 50 kg) d'aquest criteri de concatenació no millora les estimacions. L'algorisme plantejat s'ha portat a terme mitjançant el programa Extracció Mediana.vi (Labview®).

3.3.2.6. Ajust de paràmetres i estimació de pes

Aquest ajust es realitza sobre 62 passades de verres (lot 1.7e, 2.2e, 1.4s i 1.8s) plantejant 1331 combinacions corresponents a combinar ordenadament els valors de *fl* entre 0,3 i 2,3 cicles/s cada 0,20 cicles/s (11 valors), *th* entre 0,3 i 1,3 kg/mostra cada 0,10 kg/mostra (11 valors) i *S* entre 10 i 210 mostres cada 20 mostres (11 valors). De les dades rellevants de cada passada es valora la mediana i s'extreu, de totes les passades per a cadascuna de les combinacions, la suma de l'error quadràtic mitjà respecte el pes estàtic. Un cop ordenades les combinacions de menor a major error quadràtic mitjà, es pren en consideració quins han d'ésser els valors de *fl, th i S* que millor ajusten el pes viu. El programa usat per a l'ajust del paràmetres s'anomena Est Error Comb.vi (Labview®).

3.3.2.7. Validació

De la resta de passades (369) es posa en pràctica l'algorisme, un cop ajustat el sistema (fl, th, S), aplicant el valor de mediana sobre les dades rellevants obtenides de cada passada. Tant per al pes estàtic com per al pes dinàmic es comprova la normalitat de la distribució dels valors extraient els "outliers" (més enllà de la mediana ± 3 vegades l'interquartil). A continuació, i per a valorar la qualitat de l'estimació de pes en tot el rang, es realitza una regressió simple entre els valors de pes estàtic i dinàmic. El tractament estadístic s'ha realitzat mitjançant el paquet estadístic R (versió 2.5.1, 2007, The R Foundation for Statistical Computing)

3.3.3. Ús de xarxes neuronals

3.3.3.1. Introducció

En la formulació de l'algorisme per a l'estimació de pes del capítol anterior s'ha passat d'un reconeixement del senyal a una formulació analítica per a la resolució del problema; prova d'aquest procés de reconeixement són la necessitat d'ajust i relaxació de l'algorisme i la presència d'"outlliers". El guany de precisió de les mesures es realitza a expenses de l'exclusió d'algunes.
En aquest capítol, es planteja l'ús de xarxes neuronals com a eina natural (**filtre**) per al reconeixement de les dades rellevants per a l'estimació de *pes viu*. S' introdueix l'histograma amb noves variables del senyal en una xarxa neuronal desfent la relaxació plantejada anteriorment amb l'objectiu de millorar els resultats del capítol anterior.
També s'usa xarxes neuronals per a valorar l'efecte de variables sobre el greix dorsal, la producció en termes de *pes dels garrins a final d'alletament* (Wl_f) o bé l'*interval desalletament-cubrició fèrtil* (IDCF), considerades com a variables dependents continues; es realitza una **anàlisi de sensibilitat** sobre el **components principals** de les variables explicatives un cop han passat per les xarxes neuronals.
Finalment, les xarxes neuronals serveixen com a **funció discriminant** classificant les variables depenents sobre el seus quartils. Les taules de contingència generades es representen sobre **gràfics ROC** (Receiver Operating Characteristic) i s'analitza, mitjançant les **el·lipses de concentració** (« intervals de confiança 2D»), si les variables explicatives discriminen els quartils plantejats.

3.3.3.2. Elecció de xarxa neuronal i entrenament

Una xarxa neuronal és un sistema que dóna una resposta :

- estable a possibles variacions dels valors de les variables numèriques d'entrada, a semblança del grau d'acondicionament d'un sistema d'equacions lineals. Té especial interès en el nostre cas ja que, per exemple, la identificació de màxims en la funció derivada del senyal gaudeix d'incertesa (veure capítol anterior) o bé, genèricament, la psicomotricitat de la verra planteja intrínsecament aquesta incertesa.
- sovint, de resposta no lineal o, fins i tot, categòrica, imprescindible per a la identificació de la condició corporal
- sense necessitar de model per a les variables definides
- i que té capacitat d'adaptar-se o "aprendre"

Aquestes característiques les aconsegueix, bàsicament, mitjançant la distribució de connexions (connectivisme) entre neurones i capes, i la funció d'activació de les mateixes neurones.

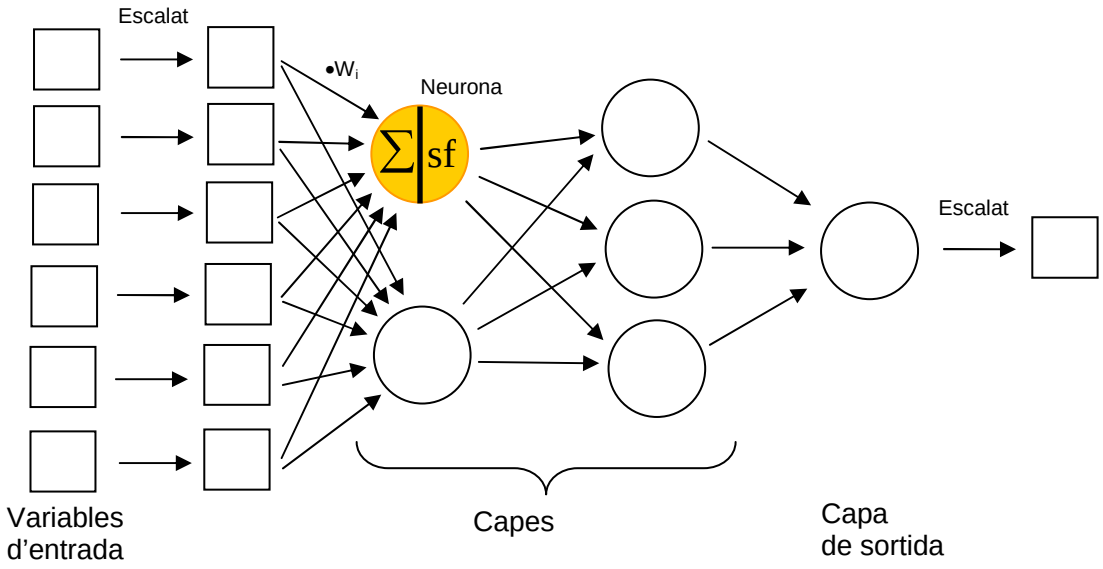


Figura 3.27 : Esquema d'una xarxa orientada i totalment interconnectada de variables d'entrada i una de sortida amb dos capes ocultes (de 2 i 3 neurones cadascuna)

La unitat bàsica d'una xarxa és la neurona (nus) i es compon de :

- una entrada (connexions) de diferents valors ponderats (pesos) provinents de les variables d'entrada a la xarxa o d'altres neurones disposades en capes anteriors
- una suma dels anteriors valors (Net). Aquest valor Net cal que no s'allunyi de 0 (Net dins l'interval ±4; [Zupan *et al.*, 1992]) per a no situar el valor de sortida de la neurona permanentment en 0 o en 1 (veure paràgraf següent) . Caldrà doncs tenir cura de quantificar inicialment els pesos (W_i) i valors provinents de l'entrada per a aquest objectiu :

$$Net = \theta + \sum_{i=1}^{m} W_i \cdot x_i \qquad \{3.26\}$$

on,

θ, biaix a sumar a Net, correspon al terme m+1 de x_i i evita que la xarxa s'encalli en determinats extrems locals
W_i, pesos que operen sobre els valors d'entrada x_i
x_i, valors provinents de l'entrada en xarxa o de neurones en capes anteriors
m, nombre de valors d'entrada o neurones en capes anteriors,

- una transformació mitjançant la funció d'activació o de transferència que expedeix un sol valor a les diferents neurones de les capes posteriors

En quant a la funció d'activació o de transferència existeixen diferents propostes (binària, bipolar, llindar, lineal, llindar-lineal, sigmoidal o logística, tangent hiperbòlica…). La major part d'elles tenen en comú valors extrems saturats. En aquest treball i per totes les capes de neurones s'ha usat la funció sigmoidal donat que la seva derivada és continua i facilita l'obtenció d'algorismes per a l'aprenentatge. La funció sigmoidal respon a l'expressió :

$$sf(Net) = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{i=1}^{m+1} wi \cdot xi}}$$

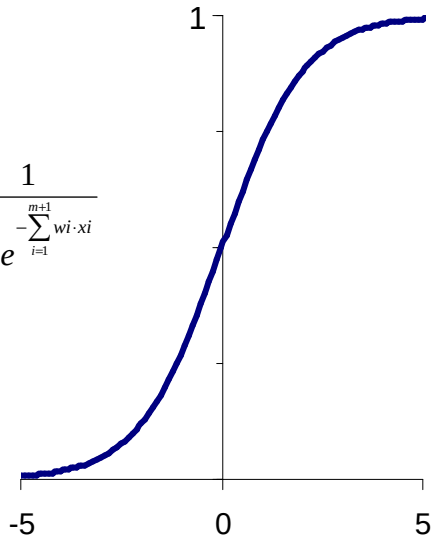


Figura 3.28 : Gràfica de la funció sigmoidal

on

sf : funció d'activació sigmoidal valors entre 0 i 1
Net : suma ponderada dels valors d'entrada

La distribució de les neurones, capes i connexions condicionaran tant el tipus de resposta com la velocitat d'aprenentatge. Sovint, però no sempre, les neurones es troben organitzades per capes tal que les neurones d'una capa reben la sortida de les neurones d'una altra capa.
De les diverses possibilitats que pot donar aquest connectivisme existeixen un important nombre de xarxes les quals gaudeixen de gran utilització per les seves característiques d'estabilitat i tenen alhora certa especificitat en el seu us. Les xarxes monocapa i bi-capa solen ser molt específiques en el seu us (per exemple, les xarxes Hopfield per a problemes d'autoassociació, les xarxes Kohonen, les xarxes RBL per als de regresió …..), necessitades d'un important nombre de neurones, però molt ràpides en l'aprenentatge. Les xarxes multicapa, pel contrari, gaudeixen de major versatilitat, però necessiten d'un major nombre d'iteracions per a corregir l'error sobre el conjunt de neurones que conformen la xarxa respecte a les xarxes monocapa. Les més simples, tant en la seva construcció com en l'aprenentatge, corresponen a aquelles en les quals la sortida de les neurones d'una capa es connecta a l'entrada de totes les neurones d'una altra capa en una sola direcció i sentit; aquestes s'anomenen "feedforward" o orientades endavant i, molt freqüentment, per als aprenentatges supervisats, s'usa l'algorisme d'aprenentatge "backpropagation" per a corregir els pesos.
Aquest consisteix en la correcció de pesos des de la darrera capa cap a enrera a partir de les següents expressions :

$$d_n^{j,k} = T^j - Y^{j,k} \qquad \{3.27\}$$

on

$d^{j,k}_n$: diferència entre el valor objectiu i el valor estimat de la neurona "j" en la capa de sortida "n" per a la iteració "k"
T^j : valor objectiu per a la neurona "j" de la capa de sortida "n"(valor transformat*)
$Y^{j,k}$: valor estimat obtingut per a la neurona "j" de la capa de sortida "n" i per a la iteració en curs "k"

Els "i" pesos que arriben a la neurona "j" es corregeixen mitjançant :

$$dW^{j,k}_{n,i} = LR \cdot d^{j,k}_n \cdot sf'\left(Net^{j,k}_n\right) \cdot sf\left(Net^{i,k}_{n-1}\right) \qquad \{3.28\}$$

on

$dW^{j,k}_{n,i}$: correcció del pes aplicat per al valor de sortida de la neurona "i" de la capa anterior que arriba sobre la neurona de sortida "j" (capa "n") en la iteració "k"
LR : paràmetre fixat o adaptable per a definir el ritme d'aprenentatge (normalment per sota de 1)
sf' ($Net^{j,k}_n$) : derivada de la funció d'activació (sigmoide) per a la neurona "j" per al valor de la suma ponderada obtinguda per a la iteració "k"

Per a la capa anterior a la de sortida i sota el supòsit de que l'error que es pot manifestar en una neurona de la capa anterior respecte el valor que hauria d'obtenir-se es reparteix de forma ponderada a la capa següent, es té :

$$d^{i,k}_{n-1} = \sum_j d^{j,k}_n \cdot W^{j,k}_{n,i} \qquad \{3.29\}$$

Per a una capa anterior de neurones s'aplica :

$$dW^{j,k}_{n-1,i} = LR \cdot d^{j,k}_{n-1} \cdot sf'\left(Net^{j,k}_n\right) \cdot sf\left(Net^{i,k}_{n-1}\right) \qquad \{3.30\}$$

Esmentar que la derivada de la funció d'activació quan aquesta és sigmoide val :

$$sf'\left(Net^{i,k}_n\right) = sf\left(Net^{i,k}_n\right) \cdot \left(1 - sf\left(Net^{i,k}_n\right)\right) \qquad \{3.31\}$$

S'aplica recursivament les anteriors expressions per a la correcció de tots els pesos en totes les capes. De tal forma que per a les successives iteracions es calculen els pesos mitjançant la següent expressió, introduint el factor moment (M) multiplicat per l'avanç dels pesos en les dues iteracions anteriors i així evitar que l'algorisme s'encalli en mínims locals :

$$W^{j,k+1}_{n-m,i} = W^{j,k}_{n-m,i} + dW^{j,k}_{n-m,i} + M \cdot \left(W^{j,k}_{n-m,i} - W^{j,k-1}_{n-m,i}\right) \qquad \{3.32\}$$

Cal tenir present que tant el valors d'entrada com els de sortida pateixen d'una transformació per a poder introduir el rang real de les variables al rang en que les funcions de transferència són capaces de treballar, tant en la seva entrada sense saturar-se com en la seva sortida, donat el rang de la imatge de les funcions de transferència.
Existeix un altre conjunt de xarxes anomenades "recurrents" en les quals existeix una retro-alimentació de les neurones. Aquestes poden presentar avantatges en la rapidesa d'aprenentatge, però d'una manera encara més obscura.

El present treball es centrarà en l'us de xarxes multicapa orientades endavant ("feedforward multilayer network") per la simplicitat, versatilitat i disponibilitat de programes. L'aprenentatge serà supervisat, és a dir, es corregirà l'error d'estimació respecte els valors considerats correctes del grup de passades destriades per a aquesta tasca. Un aprenentatge no supervisat centraria el seu interès en valorar el grau d'agrupament dels resultats no tant en el propi valor, d'altres vegades es parla de funció de cost.

S'observa que, a partir d'un nombre d'iteracions i ajustant els termes de LR i M (suficientment petits), l'evolució de l'error tant per a les dades d'aprenentatge com per a les dades de test (validació durant l'aprenentatge) passa a ser força monòtona, sense oscil·lacions importants, pel que aturar el procés quan el RMSE % s'iguala per als dos conjunts de dades és una manera d'evitar el sobre-entrenament (disminució de RMSE de les dades d'entrenament enfront a un augment de RMSE de les dades de test, és a dir, una pèrdua de generalització de la xarxa) i de valorar la capacitat predictiva sobre les variables explicades. Aquesta serà la manera de procedir per a concloure el procés d'aprenentatge sense produir sobre-entrenament. El nombre de capes i neurones serà tal que pugui provocar sobre-entrenament en un interval de temps prudencial i així poder concloure el procés d'aprenentatge. Per altra banda, la major mida de la xarxa neuronal possibilita implementar diverses solucions no lineals [Duin, 2008]

Altres cops, es valora el RMSE de les dades entrenades per a un nombre determinat d'iteracions; cal que aquest nombre d'iteracions es situï més enllà del sobre-entrenament (§3.3.3.3).

Per a variables explicades continues com és l'estimació de *Pes Viu*, es considera que el nombre de patrons és suficient per a triar unes per a validació i altres per a l'entrenament; la xarxa resultant de les darreres serà la usada per a valorar les escollides en validació. En casos en els quals el nombre de dades es consideri insuficient o bé es discretitzi la variable explicada en quartils, es procedeix a repetir el procés amb diferents tries de dades per a l'aprenentatge ja que la construcció d'aquestes xarxes pot dependre d'aquesta tria i s'analitzarà estadísticament.

Un altre dels aspectes a tenir en compte és que, de manera similar que en filtres LTI o descomposicions en sèries de Fourier, el senyals en graó (variable discreta ordenada) necessita d'un major nombre de neurones; conseqüentment, en el cas de sortida discreta, es procedirà a un repartiment aleatori de les passades.

La xarxa neuronal s'usarà de tres maneres diferents :

- Com a filtre, deixant passar la informació de pes viu a partir del senyal sumat i del seu histograma, no atenent al grau de responsabilitat de cadascuna de les variables en l'aprenentatge i, per tant, no necessitant específicament d'una entrada en components principals.
- Com a tècnica per a l'anàlisi de l'efecte de variables explicatives sobre variables explicades, pel que cal que les primeres estiguin poc correlacionades entre si [Mazurowski *et al.*, 2006]. Es procedeix a estandarditzar les variables de partida per a evitar l'efecte d'escala sobre la transformació en components principals i, així, finalment aconseguir variables ortogonals i valorar l'efecte independent de cadascuna d'elles. D'entre les diferents tècniques per a l'anàlisi d'efecte de variables, [Montaño, 2002], en la seva tesi, diferencia entre aquelles que analitzen la magnitud dels pesos i altres que ho fan a partir dels resultats obtinguts (**anàlisi de sensibilitat**). Per aquest segon grup, distingeix entre les metodologies que valoren la funció d'error (per tant, cal un valor patró de les variables explicades) i les que valoren la pròpia variació de les variables explicades respecte les variables explicatives (mètode analític o de la matriu Jacobiana i mètode numèric); tots aquests darrers mètodes usen la xarxa ja construïda.
  En concret i per a aquest us, donada la limitada quantitat de patrons, es proposa una metodologia d'anàlisi de sensibilitat basada en la funció d'error de l'aprenentatge [Frost *et al.*, 1999]: es compara l'error relatiu obtingut en l'entrenament per a la relació de variables desitjada i l'error obtingut d'eliminar alguna de les variables explicatives per a les dades d'entrenament. Així es pretén valorar l'existència d'efecte en l'estimació de les variables dependents.
  Tal i com s'ha esmentat anteriorment, es repeteix l'entrenament un nombre suficient de vegades (30) per a disminuir l'efecte de la tria aleatòria de dades per a test i de pesos de partida en les neurones. Amb aquest objectiu, cal, prèviament, ajustar el valor de LR i M tal que a partir d'un nombre determinat d'iteracions la funció d'error de les dades d'aprenentatge i de test es comportin de forma monòtona i aturar el procés quan s'entrecreuin les dues corbes, fixant com a error el resultant en aquell moment.

  Tant sols en el cas de veure l'efecte de les diferents variables sobre l' IDCF (*interval desalletament-cubrició fèrtil*), donat que la major part del valors d' IDCF es troben concentrats entorn a 5-6 dies i la resta, relativament pocs, s'allunya d'aquest valor concentrant-se entorn a 30 dies (encara que amb alguns valors bastant superiors), és preferible no usar dades per test i usar la totalitat de passades per a sobre-entrenar les xarxes a un nombre d'iteracions fix (25000 iteracions, LR 0,1). A més a més, la variable depenent IDCF es transforma, mitjançant logaritmes, per a aconseguir una distribució de valors més uniforme. L'inconvenient que té aquesta metodologia és que no es coneix realment el que es capaç d'explicar la xarxa.

- Com a **funció discriminant** quan les variables explicades es discretitzin; en el present treball es realitza una classificació binària (0,1) on la regla de decisió o classificació es troba sobre els quartils (25, 50 i 75%) de les variables dependents. Dels patrons disponibles, la meitat es destinen a l'entrenament per a diferent nombre d'iteracions fixes, és a dir, es sobre-entrenen les xarxes ja que s'observa que evitant sobre-entrenament per a una variable depenent o de sortida discreta sovint dona lloc a una falta d'eficàcia en la discriminació de la fracció més petita a favor de la discriminació eficaç de la fracció major, ja que la xarxa intenta aconseguir mitjançant aprenentatge disminuir l'error quadràtic mitjà. Això suposa considerar les funcions discriminants generades com massa "conservatives" o massa "lliberals" (amb la pretensió de generar pocs falsos positius, classifica pocs veritables positius o bé amb la pretensió d'aconseguir molts veritables positius, classifica també falsos positius) [Fawcett, 2006].

3.3.3.3. Programa per a la construcció de xarxes neuronals

El programa usat per a l'obtenció de l'estimació de *Pes Viu* i Condició Corporal a partir d'un desenvolupament en xarxa neuronal s'anomena "aNETka" v2.0 [Zurek, 2005]. Es tracta d'un programa elaborat mitjançant Labview® (versió 5.1., compatible amb versió 8.0) que es caracteritza per entrenar i activar una xarxa neuronal multicapa orientada endavant amb un màxim de 8 capes i 256 neurones per capa. Les funcions d'activació són la lineal, la sigmoide i la tangent hiperbòlica. Es tracta d'una xarxa totalment interconnectada amb un aprenentatge "backpropagation". Transforma les dades d'entrada linealment sobre l'interval 0,05 a 0,95 i els pesos inicials assignats a l'entrada de cada neurona són aleatoris sobre l'interval -0,1 a 0,1 i es revisen en cada iteració.

Així doncs, el valor de les variables d'entrada en l'entrenament de la xarxa ocuparà tot el possible rang de valors o, en tot cas, assumirà que la xarxa neuronal sols és capaç de predir el rang abastat per les variables. Per a aprofitar al màxim les passades realitzades es trien, per a l'aprenentatge de la xarxa, com a mínim les passades que contenen els valors màxims i mínims de totes i cadascuna de les variables. El valor d'entrada de les diferents variables es processen per a que es situï entre 0,05 i 0,95; la xarxa, per tant, no admet variables explicatives amb valors constants, ja que el valor d'entrada es modifica com segueix :

$$x_i^* = 0{,}05 + 0{,}90 \cdot \frac{\left(x_i - x_i^{\min}\right)}{\left(x_i^{\max} - x_i^{\min}\right)} \qquad \{3.33\}$$

on

x_i^* : valor transformat de la variable "i"
x_i : valor d'entrada de la variable "i"
x_i^{min} : valor mínim d'entre els diferents valors d'entrada de la variable "i"
x_i^{max} : valor màxim d'entre els diferents valors d'entrada de la variable "i"

El valor de sortida associat a l'aprenentatge i a la validació correspondrà a la transformació lineal anteriorment comentada, feta sobre els pesos estàtics de les passades patró.

L'entrada i emmagatzemament de dades es realitza en arxius de text amb separadors per tabulació i la primera fila correspon als títols de les variables.
En quant als paràmetres de *velocitat d'aprenentatge* (LR) i *moment* (M), aquests permeten evitar que el sistema s'aturi en mínims locals o divergeixi. Hi ha la possibilitat de fixar la velocitat d'aprenentatge LR o bé de situar-el inicialment en un valor (per exemple 0,1), deixant que el programa adapti (entre 0,05 i 0,8) aquest paràmetre en funció de l'evolució de l'error.
Per a prevenir el sobre-entrenament, el programa separa les dades d'entrada en dos parts, corresponents a l'entrenament i la validació durant l'aprenentatge (test). L'elecció de les dades d'aprenentatge i de test es realitza de forma aleatòria. Si en les successives iteracions, per al mode LR adaptatiu, el programa detecta que l'error sobre el grup de validació (test) augmenta, ralenteix el procés d'aprenentatge, fent més petit el valor LR. És rellevant especificar LR quan el que es controla per a construir la xarxa neuronal és el nombre d'iteracions.
El mateix manual del programa aconsella, per a una mateixa xarxa neuronal, la repetició de l'algorisme tres cops per a comprovar la no incidència excessiva dels valors de partida dels pesos (aleatoris entre -0,1 i 0,1).
La qualitat de l'estimació es valora mitjançant el percentatge de l'error quadràtic mitjà respecte a la *pesada estàtica* (W), *gruix de greix dorsal* (GD), *pes de la garrinada* (Wl_f) o *dies d'interval desalletament-cubrició fèrtil* (IDCF) :

$$RMSE = 100 \cdot \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum \left(\frac{T - Y}{T} \right)^2} \qquad \{3.34\}$$

on

T, valor objectiu de les variables dependents o explicades
Y, valor estimat de les variables dependents o explicades
N, nombre de passades comptabilitzades per a l'error

Cal anar en compte en situar el rang dels resultats per a les dades del grup de validació a l'interior dels resultats de les dades de l'entrenament, per a que, inicialment, l'error RMSE associat a les dades de validació sigui més petit que el d'entrenament i es pugui valorar el sobre-entrenament quan s'entrecreuen ambdós línies de valors.

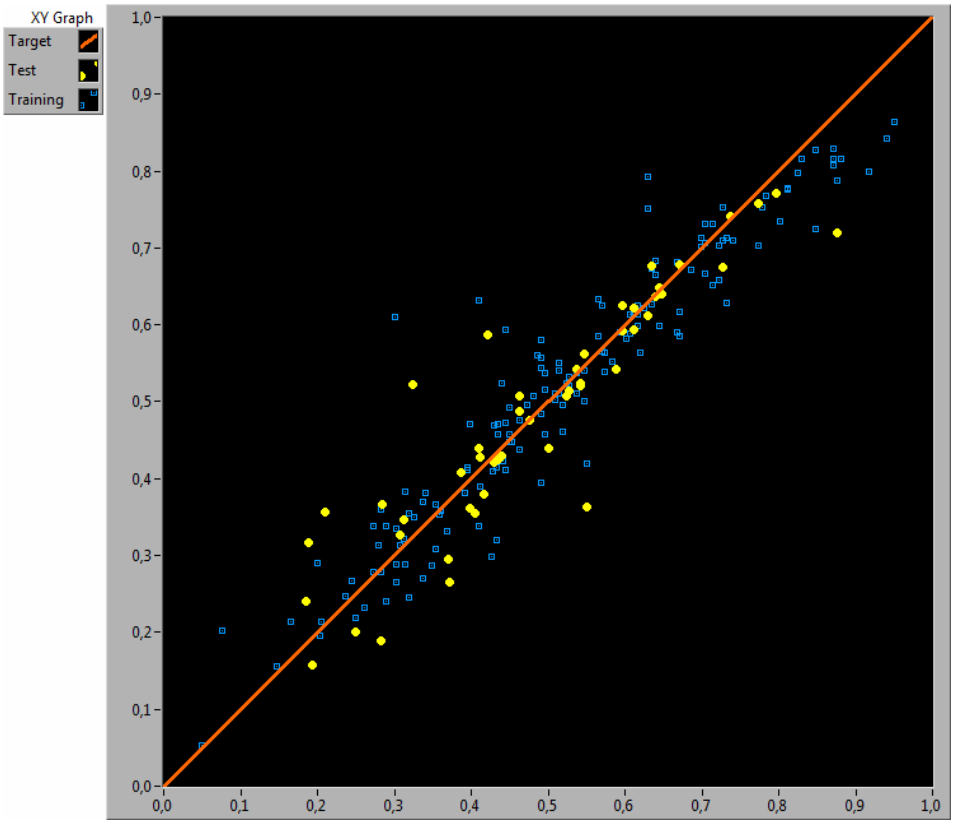


Figura 3.29 : Representació de l'error produït entre els valors de les variables estimats per la xarxa neuronal i els valors reals; en blau, el grup de dades d'entrenament i en groc, el grup de dades per a test.

Es valora, també, l'alineament dels resultats per ells mateixos mitjançant el terme de correlació lineal. Finalment, per a tenir present l'evolució dels errors, en tant que, un cop la xarxa ha après de les passades d'entrenament, tendeix a manifestar un major RMSE en les dades de test, el programa monitoritza l'evolució de l'error en les passades d'entrenament i les de test. Així, cal evitar el sobre-entrenament que provoca una disminució de l'error de les dades d'entrenament en detriment de les de test i futures passades.
Cal remarcar que l'error %RMSE obtingut de la fase d'entrenament o aprenentatge de la xarxa serà diferent al que correspon a la fase de validació, però coincidirà amb una estimació propera al mínim; la diferència rau en que, a la fase d'aprenentatge, totes les variables entren de forma estandarditzada i aquesta transformació lineal es veu alterada amb el valor quadràtic de %RMSE; en canvi, el programa de validació no modifica de dades de validació, obtenint normalment un %RMSE menor al dels valors normalitzats.

3.3.3.4.- Mètodes estadístics

Donat el caire observacional de les variables plantejades en aquesta tesi s'ha considerat prudent que la inferència estadística bàsica es plantegi mitjançant el test de rangs de Mann-Whitney (estadística no paramètrica).

La comparació de dos mostres independents tals com $\{x_1, x_2, x_3...x_{n1}\}$ i $\{y_1, y_2, y_3...y_{n2}\}$ es realitza a partir de la hipòtesi nula H_0 certa si $P(X<Y) = ½$; com es poden formar $n_1 \cdot n_2$ parells (X,Y), el nombre de parells esperat tals que X<Y és de $n_1 \cdot n_2/2$. L'estadístic U associat a aquesta propietat suposa que una desviació significativa d'U respecte de $n_1 \cdot n_2/2$ indica que s'ha de refusar la hipòtesi nula H_0. Aquest estimador U es calcula mitjançant :

$$U = \sum_{i=1}^{n1} \sum_{j=1}^{n2} u(x_i, y_j)) \quad \text{on} \quad u(x_i, y_j) = \begin{cases} 1 & \text{si } x_i < y_j \\ 0 & \text{en altre cas} \end{cases} \qquad \{3.35\}$$

Valorant la seva significació a partir dels valors en taula de Mann-Whitney-Wilcoxon per a un nivell de significació i mides mostrals.

Per altra banda, la discretització binària de les variables explicades enfront a variables explicatives associades als mateixos individus i valorades per a poder estimar la pertinença a algun d'aquest dos grups suposa poder construir una taula de contingència (taula 3.12). Si la mostra de la població és representativa, d'ella s'extreuen termes de probabilitat associats a l'encert o no de la tècnica estimativa.

Taula 3.12 : taula de Contingència binària

		Assignat		
		(1)	(0)	
Estimat	(1)	TP	FP	Q
	(0)	FN	TN	Q'
		P	P'	

On

P, proporció d'assignats positius
P', proporció d'assignats negatius
Q, proporció d'estimat positius
Q', proporció d'estimats negatius
TP, proporció d'estimats positius correctament segons assignació
FP, proporció d'estimats positius incorrectament segons assignació
TN, proporció d'estimats negatius correctament segons assignació
FN, proporció d'estimats negatius incorrectament segons assignació

Destacar l'interès pels termes d' *Eficiència* (%E), *Sensibilitat* (%SE) i *Especificitat* (%SP) corresponents a les següents relacions :

$$\%E = TP + TN \qquad \%SE = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{TP}{P} \qquad \%SP = \frac{TN}{FP + TN} = \frac{TN}{P'} \qquad \{3.36\}$$

Una de les representacions usades per a valorar una funció discriminant correspon als gràfics ROC (Receiver Operating Characteristic). Cada punt representa, per a una regla de decisió o classificació, la proporció (100-%SP) (falsos negatius front negatius) col·locat en abscisses i en ordenades la proporció de %SE (veritables positius front positius). En aquest treball l'assignació de classe o categoria és arbitrària pel que es poden intercanviar les consideracions com a positius i negatius de les classes o categories. Per a una funció discriminant, com pot ser una xarxa neuronal, i diferents regles de classificació es construeix l'anomenada corba ROC, sobre la qual es poden discutir diferents estadístics entorn a la idoneïtat de la funció discriminant.
La corba ROC te la interessant propietat [Fawcett, 2006] de que per a una funció discriminant determinada independentment de la proporció de positius i negatius en la mostra es manté inalterada. Ara bé, les xarxes neuronals són diferents per mostres de patrons d'aprenentatge diferents dins la mateixa població amb una regla de classificació concreta; cal esperar, doncs, que per a una determinada regla de decisió o classificació les variables associades a la taula de contingència responguin com a variables aleatòries.
Donat aquest caire bivariant dels punts (SE, (100-SP)) sobre el gràfic ROC resultant d'aplicar diferents xarxes neuronals, construïdes a partir de diferents grups de patrons d'aprenentatge, es poden definir, per a una regla de decisió en una població determinada, **el·lipses de concentració** (figura 3.30) amb un nivell de confiança α; aquestes tindran com a eixos principals els de màxima variància i ortogonals entre ells.

La distribució en probabilitat dels paràmetres extrets d'una taula de contingència responen a una distribució binomial; s'assumeix, però, que la mida de la mostra (nombre de passades) en cada cas, per a aquest treball, és suficient per a aproximar-la a una distribució normal, excepte per als casos on la regla de decisió o classificació sigui (percentils extrems) extrema, ja que la mida de la mostra hauria de ser massa gran per raons d'esbiaix en l'estimador de variància [Kallin Westin, 2007]; donat que les regles de decisió en aquest treball es situen sobre els quartils 25%, 50% i 75% no es veu afectat per aquesta situació.
En aquest treball, es consideren "positius" (1) en la taula de contingència als valors de mitjana alta a partir de la separació per percentil; així doncs, és natural que l'el·lipse de concentració corresponent a les xarxes neuronals construïdes a partir del percentil 25 % es situï amb un valor de falsos negatius sobre negatius alt i veritables positius sobre positius alt, és a dir, es situa a la part superior dreta del gràfic ROC; la millora de la funció discriminant, també de forma natural, tendirà a abaixar el nombre de falsos negatius sobre negatius i, per tant, desplaçar l'el·lipse a l'esquerra de la seva posició inicial. Fent una anàlisi similar per a la resta de percentils, la tendència a la millora de les

funcions discriminants suposa apropar-se a la zona de màxima discriminació representada en la figura 3.30

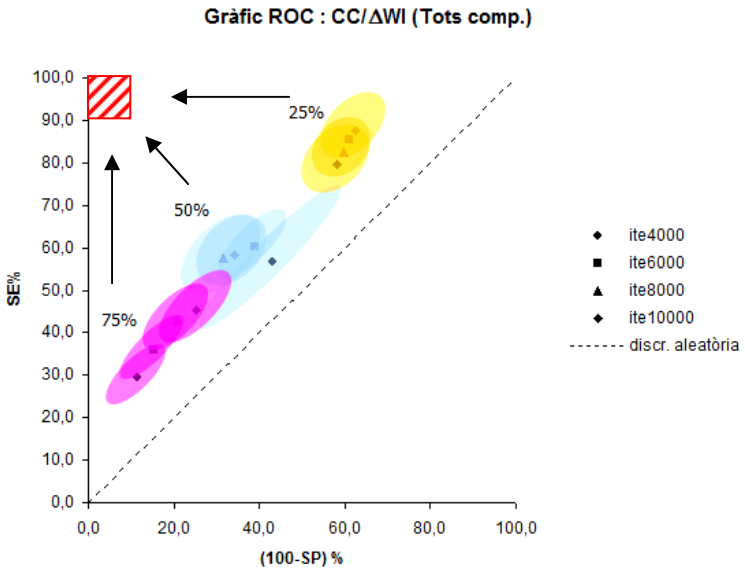


Figura 3.30 : Gràfica ROC amb representació de les el·lipses de concentració per a 30 xarxes neuronals per a cadascuna de les regles de classificació sobre el quartils 25, 50 i 75 % del valor de ΔWI respecte a les variables de CC i ingesta transformades a components principals. El quadre vermell simbolitza la zona de discriminació màxima i les fletxes la tendència de les el·lipses a situar-s'hi a partir de la millora de la funció discriminant.

Per a obtenir els eixos principals de màxima variància per a cada regla de decisió, es transforma les variables SE i (100-SP) en components principals. Cada component, mitjançant els seus coeficients, definirà la direcció de màxima variància, condicionada per l'ortogonalitat entre vectors.
Així doncs, per a obtenir la variància mostral en cadascun dels components principals, i per a cada regla de decisió, s'estableix la proporció de variància descrita per aquell component respecte a la variància total descrita per tots els components; donat que provenen d'una combinació lineal de variables estandarditzades, la variància total correspondrà al nombre de components. A continuació, es multiplica per la suma de les variàncies de les variables originals. Finalment, aquesta variància es projecta sobre l'eix del vector definit pels coeficients del component principal en qüestió.

$$\sigma^2_{(SE,100-SP)\max} = \left(\frac{\sigma^2_{CP1}}{N}\right)\cdot\left(\sigma^2_{SE} + \sigma^2_{(100-SP)}\right) \qquad \{3.37\}$$

on

$\sigma^2_{(SE,100\text{-}SP)max}$, variància màxima mostral observada en el pla (SE,(100-SP))
σ^2_{CP1} , variància mostral de la component principal 1
σ^2_{SE} , variància mostral del terme de sensibilitat
$\sigma^2_{(100\text{-}SP)}$, variància mostral del terme (100-SP)
N, nombre de components principals (2)

En la direcció de cadascun dels eixos descrits anteriorment es poden definir els intervals de confiança que, per a un nivell del 95%, correspondrien a la següent expressió :

$$IC_{X\,95\%} \approx \overline{X} \pm 1{,}96 \cdot \sigma \qquad \{3.38\}$$

on

X, mitjana en la direcció d'un dels components principals
σ, desviació típica en una de les direccions dels components principals

La manera d'obtenir l'orientació real d'aquests eixos és a partir de la matriu de coeficients per a la transformació en components principals de les variables SE i (100-SP). Aquests es corresponen als vectors directors de màxima variació [Cuadras, 1981]

En el present treball, aquestes el·lipses de concentració es construeixen tal i com es mostren en la seqüència de figures 3.31 a 3.33 a partir del recurs informàtic Excel®.

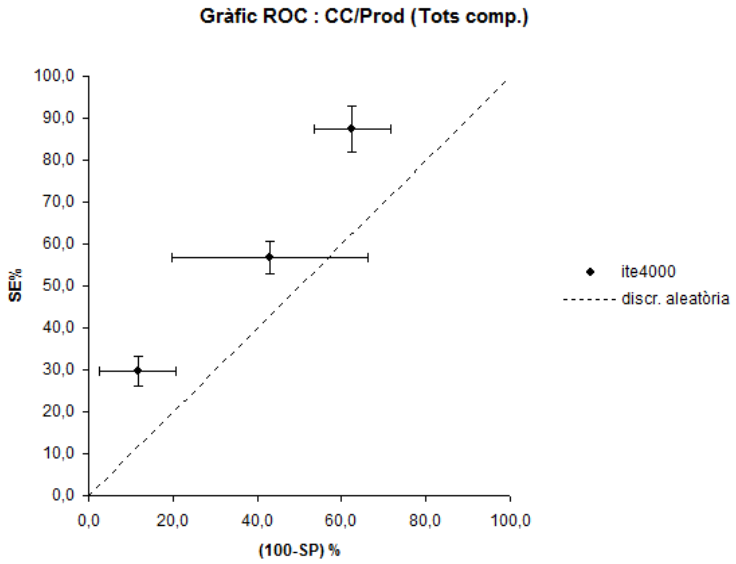


Figura 3.31 : Variància dels components principals no orientada (mitjançant el recurs informàtic de gràfics en Excel® : format de la sèrie de dades→barres d'error)

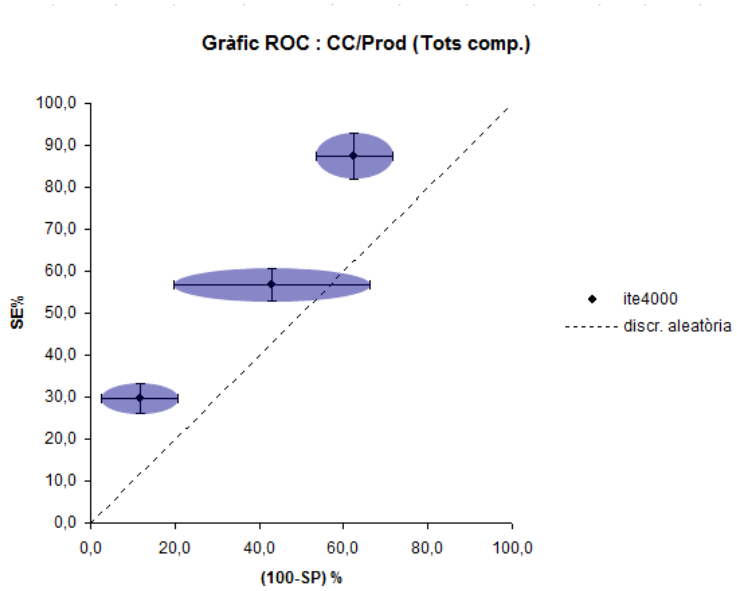


Figura 3.32 : Superposició el·lipses sobre els intervals de confiança

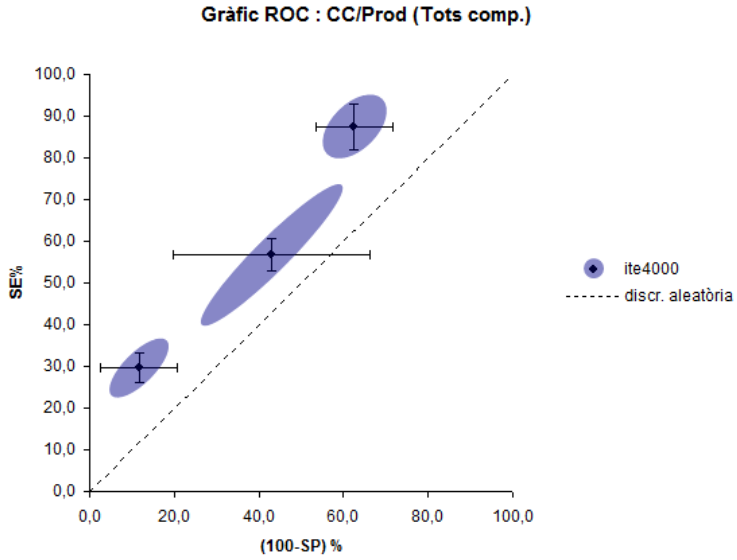


Figura 3.33 : Orientació real de les el·lipses de concentració

La diferenciació significativa entre funcions discriminants es realitzarà de forma qualitativa observant si l'el·lipse de concentració d'una de les funcions no es superposa a l'el·lipse de l'altra.

3.3.3.5. Efecte de la condició corporal sobre el resultats productius i reproductius

Es pretén valorar l'influència de determinades variables a l'entrada de les verres a parideres (*pes viu, greix dorsal, garrins parits*), durant l'alletament (*consum de pinso*) i a sortida d'alletament (*pes viu, greix dorsal*) en front de la producció valorada en *pes dels garrins a final d'alletament* (Wl_f, kg) i la reproducció valorada en l'*interval desalletament-cubrició fèrtil* (IDCF, dies). Es duu a terme aquest valoració a partir d'una anàlisi de sensibilitat sobre xarxes neuronals i una anàlisi discriminant, classificant, per a aquesta darrera, les variables explicades segons regles de decisió sobre els quartils 25%, 50% i 75%.

Per a l'estimació de l'efecte de les variables esmentades sobre la producció (**anàlisi de sensibilitat**) es té en compte sols aquelles verres que hagin alletat entre 9 i 11 garrins i els dies d'alletament es situïn entre 18 i 23 dies. D'aquests casos es treu un promitg de pes de garrí alletat per verra i s'estima el pes a 21 dies amb el supòsit de que el guany mitjà diari de la tercera setmana és doble al de la primera. Les variables d'entrada són 10 (part, 1ªingesta, 2ªingesta, Pes viu previ al part, Pes Viu al part, Pes Viu al desalletament, Greix Dorsal al part i Greix Dorsal al desalletament, nombre de garrins alletats, dies d'alletament) i la de sortida correspon al pes dels garrins, segons els criteris marcats en el paràgraf anterior. Donat l'important grau de correlació observat entre les variables es procedeix a transformar, prèviament, les mateixes en components principals. El nombre de verres a estudiar és de 109 i 54 (50 %) són per al test durant l'aprenentatge.

Es construeixen 30 xarxes diferents (amb elecció aleatòria de les passades per a l'aprenentatge) per a cadascun dels casos :

- amb tots els components principals.
- eliminant alternativament 1 a 1 cadascun dels components; això suposa la construcció de 330 xarxes neuronals. L'arquitectura usada és de 10x10x10x1 amb un LR = 0,02 i M = 0,8.

Finalment, es valora l'error quadràtic mitjà (%RMSE) de l'aprenentatge per a evitar el sobre-entrenament i es comparen els diferents casos segons el test de rangs de Mann-Whitney. De l'anàlisi de sensibilitat s'extreu quines són les variables analitzades que més influencien sobre els resultats productius (pes de la garrinada).
Per a obtenir un ordre de magnitud de l'error en termes absoluts de l'anàlisi de sensibilitat es reintrodueixen les dades sobre els pesos obtinguts en la fase d'aprenentatge.

Per a l'**anàlisi discriminant**, amb les mateixes verres i dades d'abans es procedeix a la classificació binària (0, 1) de la producció en cadascun de quartils (25, 50, 75%) i es consideren dos casos :

- amb tots els components
- sense el components associats al *greix dorsal* (GD).

Es sobreentrenen les xarxes 10x10x10x1 (tots els components) a 4000, 6000, 8000, i 10000 iteracions i les xarxes 2x4x4x1 (sense GD) a 10000, 12000, 14000 i 16000 iteracions amb un LR = 0,02 i M = 0,8. Aquestes disposaran de la meitat de verres (54) per a l'aprenentatge i l'altra meitat per a test. Per a cadascuna de les combinacions (3 nivells de quartil, 2 situacions amb/sense components, 4 nivells de sobre-entrenament) s'escull 10 grups de patrons per l'aprenentatge (en cada grup de patrons, s'escull aleatòriament 54 verres de les 109) i es construeixen, per a cada grup, 3 xarxes (per a tenir en compte els pesos inicials assignats a les neurones); això suposa la construcció de 720 xarxes neuronals diferents.
Dels diferents casos plantejats es construeixen les taules de contingència i es col·loquen, sobre gràfics ROC, els punts associats a les regles de classificació sobre els quartils 25%, 50 % i 75 % (3.3.3.4). Finalment, es comparen les el·lipses de concentració per als diferents casos.

Per realitzar una prospecció de l'efecte de la Condició Corporal sobre l'IDCF (**anàlisi de sensibilitat**) s'exclouen les verres primales (per evitar un possible efecte d'immaduresa i no tan a la condició corporal) i les que no tenen un registre d'interval de Desalletament-Cubrició Fèrtil degut a que han estat eliminades. Es procedeix de forma similar al cas anterior. Les variables d'entrada són les mateixes afegint el pes final de la camada (11).

La variable de sortida per al tractament en anàlisi de sensibilitat correspon al ln(IDCF), per a donar una major continuïtat de la mateixa. S'actua de dues maneres diferents :

- Es valora el % RMSE de l'entrenament, disposant per a aquest fet totes les disponibles (180). Es construeixen 30 xarxes 11x11x11x1 (tots els components) sobre-entrenades a 25000 iteracions amb LR=0,1; l'error quadràtic mitjà resultant no descriu el possible error en un nou grup de patrons.
- Es separa el 50 % de les verres disponibles (180) per a l'entrenament; s'escull 10 grups de patrons diferents per a l'aprenentatge (amb 90 verres) i es construeixen 3 xarxes per cada grup de patrons. No es sobre-entrenen les xarxes (11x11x11x1) amb LR = 0,02 i M = 0,8 i es valora el %RMSE.

Es pretén valorar quines són les variables analitzades que més influeixen en la manifestació d'un retràs en la cubrició fèrtil (IDCF).
Per a obtenir un ordre de magnitud de l'error, en termes absoluts, de l'anàlisi de sensibilitat es reintrodueixen les dades sobre els pesos obtinguts en la fase d'aprenentatge.

La variable de sortida per al tractament en **anàlisi discriminant** correspon a l'assignació binària : 0, si el nombre de dies IDCF és menor de 10 dies i 1, si és superior. Les xarxes 11x11x11x1 es saturen a 4000, 6000, 8000 i 10000 iteracions. S'escull 10 grups de patrons diferents per a l'aprenentatge (amb 90 verres).

Es construeixen 3 xarxes (11x11x11x1) per cada grup de patrons i no es sobre-entrenen. En total, per a l'anàlisi discriminant de la Condició Corporal sobre l'IDCF es generen 180 xarxes neuronals.
Dels diferents casos plantejats es construeixen les taules de contingència i es col·loquen sobre gràfics ROC els punts (SE, (100-SP)) provinents del diferent grau de sobre-entrenament de les xarxes. Finalment, es comparen les el·lipses de concentració per als diferents casos.

3.3.3.6. Estimació de pes viu

En el procés de reconeixement de les dades rellevants del senyal apareix un tractament en les dues direccions dels eixos en el pla :

(a) Visual vertical : tractant el senyal com una funció del temps i entenent que és normalment sobre el segon pendent màxim (entrada de quarts posteriors) del senyal filtrat (passabaixos) el que marcarà l'entrada de la verra i és el següent pendent extrem el que dirà sobre la sortida de la verra (quarts anteriors) o l'entrada del ramader. La pròpia diversitat d'entrades d'animal i ramader associada a un determinat grau de filtrat o l'elecció d'extrems dóna lloc a una imprecisió en la determinació de l'interval de dades rellevants (provocant els esmentats "outliers" del capítol anterior).

(b) Visual horitzontal : detectant els màxims relatius de l'histograma del senyal; en aquest cas, algorísmicament parlant, l'histograma té similituds al filtre de l'anterior aplicació en tant en quant l'amplada de les classes del histograma "I" detecta o amaga màxims de freqüència, com el paràmetre "fl" (freqüència de tall) per al filtre passabaixos. En aquest cas també, l'elecció dels extrems té una certa variabilitat de criteri associada als diferents casos. Per a l'entrada i sortida de la verra sola, mitjançant l'histograma és relativament fàcil l'estimació de pes en tant que correspon al segon dels valors màxims en freqüència (descomptant el valor nul; figura 3.36). L'entrada del ramader sortits els quart anteriors de la verra o de tota la verra quan encara hi ha captura de senyal pot provocar estimacions errònies. En aquest segon cas, és relativament senzill el retall de la informació. Les diferents situacions de pesada provoquen també imprecisió en l'estimació del pes.

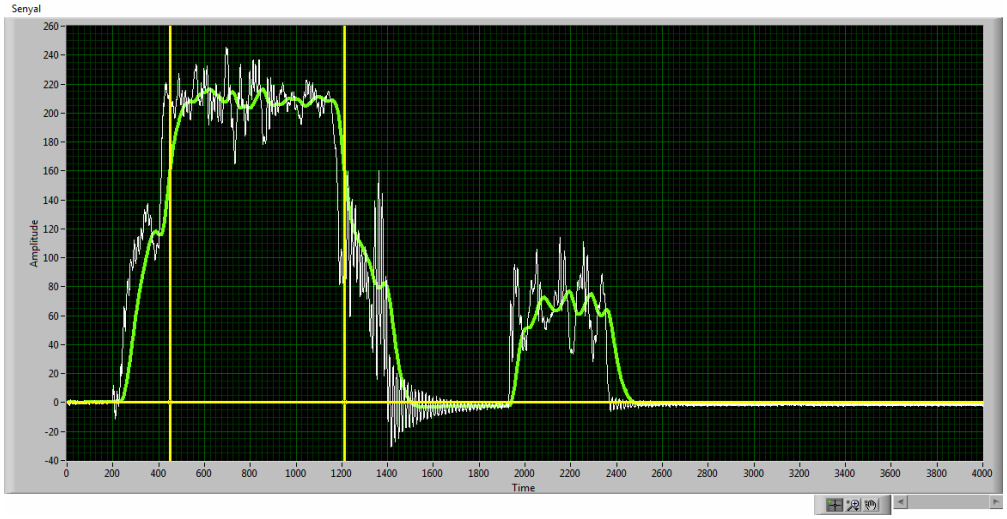


Figura 3.34 : Senyal sumat (passada c1251e del lot 1808elot6 de la 2ªfornada) sense filtrar (blanc) i filtrat (verd, passabaixos fl=0,8 Hz) del pas de verra i posterior ramader. L'interval rellevant es situa entre les dues barres verticals.

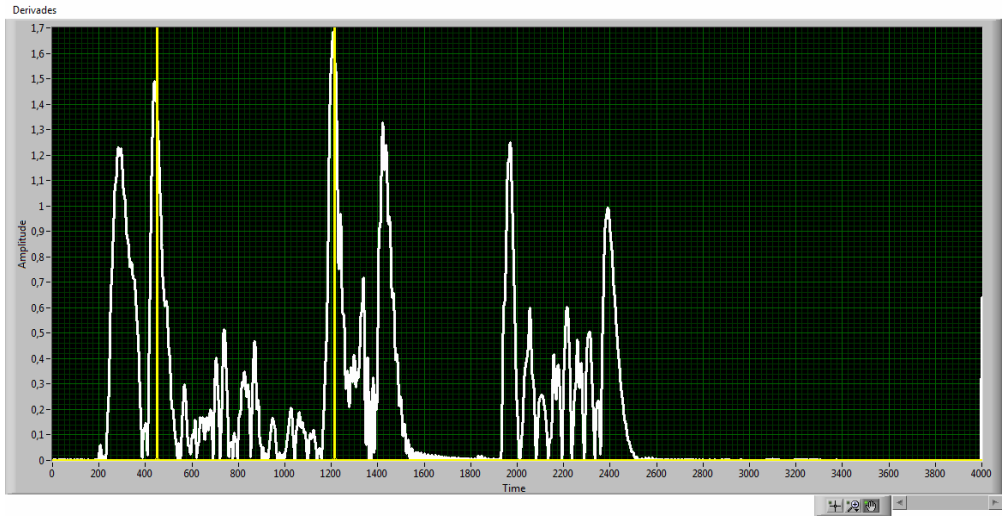


Figura 3.35 :. Derivada (valor absolut) del senyal sumat i filtrat amb un filtre passabaixos Butterworth del pas de verra i posterior ramader de la figura 3.34.

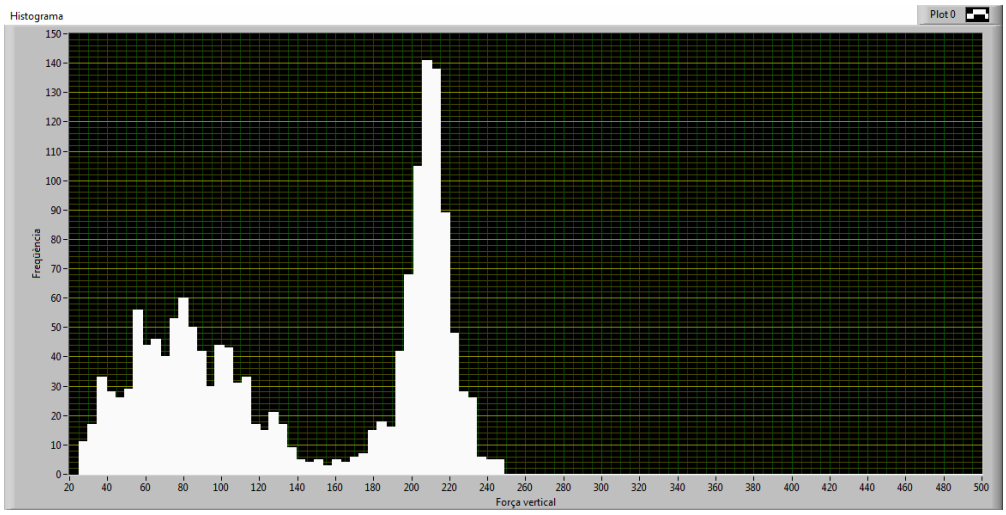


Figura 3.36 : Histograma del senyal sumat (descomptant el valor per sota de 25 kg) del pas de la figura 5.4. . En el primer "màxim" de l'histograma es confon els quarts de l'animal amb l'entrada del ramader

Conjuminar aquestes dues maneres de veure el senyal és el treball que s'encomana a la xarxa neuronal per a l'obtenció de l'estimació de pes.

A partir d'un filtrat del senyal (passabaixos Bessel de 2on ordre) es localitzen els extrems relatius de la funció derivada del mateix. La combinació de paràmetres (fl entre 1,1 i 1,3 cicles/s, th entre 0,4 i 0,5 kg/mostra i S entre 85 i 90 mostres) correspon a aquella en que s'obté el percentil 95% del diferents valors de mediana del tercer tram entre extrems (veure capítol 5). Es retallen els diferents trams del senyal sense filtrar marcats pels extrems en la combinació de paràmetres anterior. De tots els trams s'extreu les següents variables : la *mediana, la desviació típica i longitud de cada tram i el valor de la derivada* en que es produeix l'extrem.
Com a molt es defineixen un nombre de cinc trams i en tot cas, si el nombre de trams detectats fos menor, es completaria la matriu amb el darrer tram de forma repetida.

A més a més, a l'histograma es localitzen els màxims de freqüència. La combinació de paràmetres per aquesta localització es dóna amb un nombre de classes entre 70 i 110 per a l'interval compres entre 25 i 500 kg, un valor llindar de freqüència en el pic entre 13 i 21 valors i una amplada de pic entre 10 i 16 kg; s'escull la combinació que produeix el percentil 95% en el valor abscisses de l'histograma per al segon pic (descomptat el pic del valor nul del senyal). De la combinació de paràmetres escollida, s'extreu les següents variables : la *posició dels màxims de freqüència* en l'histograma (valor del senyal sumat) i el valor de *freqüència de la classe* en qüestió. Com a màxim es defineix un nombre de tres màxims i, en tot cas, si fossin menys, es completaria la matriu amb el darrer extrem.

Així doncs, el nombre de variables a entrar per a cada passada és de 26 que, naturalment, coincidirà amb el nombre de neurones d'entrada. L'extracció d'aquestes dades s'ha realitzat mitjançant el programa elaborat a tal efecte "Aconddades.vi" (soport Labview®). Aquest està implementat amb algorismes similars al programa usat a (3.3.2), afegint l'extracció dels màxims sobre l'histograma.

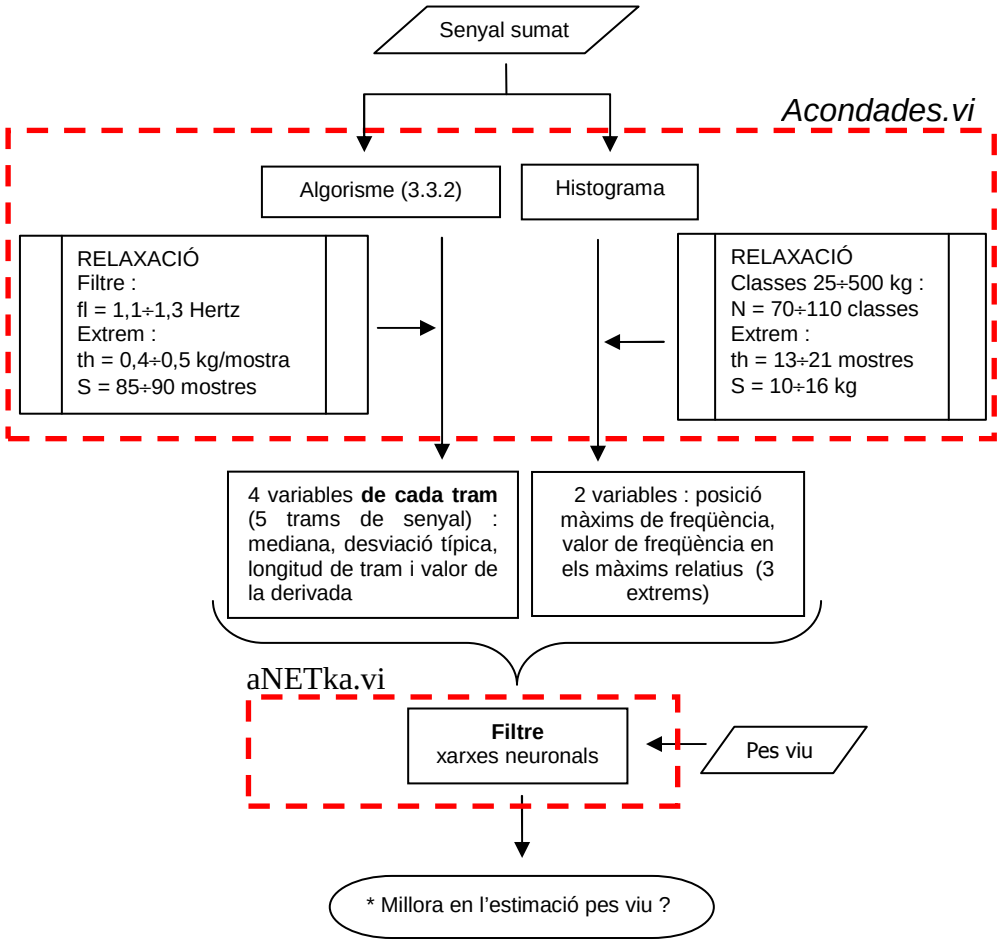


Figura 3.37 : Diagrama de flux per a l'estimació de pes

Així doncs, l'elecció de les passades per a l'entrenament s'ha procurat que abasti tot el presumible rang de cadascuna de les variables i, per tant, les noves pesades han de situar el valor de les variables en el mateix rang per a que l'estimació sigui correcta. El nombre de passades escollit per a l'entrenament és de 200 (deixant 234 passades per a la validació),de les quals el programa en pot reservar unes quantes per anar monitoritzant el risc a sobre-entrenament de la xarxa; en el nostre cas, s'han separat 50 passades, que suposa un 25 % del total de passades, per a l'entrenament de la xarxa.

Durant la realització d'assajos previs, s'observa que el nombre de capes amagades no hauria de ser superior a dues doncs impedeix l'aprenentatge de la xarxa en un temps raonable. La funció de transferència del conjunt de neurones és sigmoidal.

A partir de les proves prèvies, es considera suficient una xarxa de 26X6X1, fet esperable en tant que la informació bàsica es troba en 6 variables repetides per als diferents trams. No s'atendrà al grau de correlació entre les variables descrites doncs la xarxa neuronal actua com tant sols com a filtre per a la tria del tram rellevant.

3.3.3.7. Avaluació del gruix de greix dorsal a partir de l'efecte ressonant de la plataforma

Una altra de les aplicacions plantejades amb l'ús de xarxes neuronals sobre el senyal sumat de la plataforma de força correspon a l'estimació de l'efecte de les variables extretes del senyal sumat i filtrat rastrejant entre 2 i 10 Hz, 10 i 20 Hz, i finalment 20 i 30 Hz sobre els valors de Condició Corporal segons l'estat de l'art (*pes viu i gruix de greix dorsal*). Aquesta pretén substituir la mesura addicional de Greix Dorsal per a avaluar la Condició Corporal segons l'estat de l'art.

[Mansfield *et al.*, 1999] observaren que el cos humà, sotmès a una vibració a diferents freqüències amb desplaçament horitzontal, manifestava freqüències diferents (magnitud i posició en el domini de freqüències) en funció de la zona i de les característiques del cos de la persona (home/ dona).

També [Mansfield *et al.*, 2006] assajaren sobre persones la resposta vibracional del cos sotmès a diferents freqüències amb desplaçament vertical; observaren una freqüència predominant entorn a 5 Hz i que, en funció del estat tensional muscular, s'alterava la posició del pic en el domini de freqüències.

Es considera aplicable un model biomecànic similar al desenvolupat per [Nigg *et al.*, 2000], doncs la verra es situa com a massa permanentment vinculada a la plataforma i amb una certa oscil·lació elàstica amortiguada (figura 3.38); la existència d'una massa "tova" (wobbling) M_4 important pot provocar un canvi en la força vertical al pas per la plataforma: es d'esperar que determinades masses toves ressonin amb la plataforma (freqüència natural entorn a 15 Hz) produint, en un entorn determinat, una freqüència predominant del sistema. La hipòtesi de partida planteja que verres magres tindrien pics de ressonància diferents als de verres més grasses i també entre aquelles que són majors o menors. Donat que es parla de masses toves, cal diferenciar l'entrada de verres a paridera i la sortida.

Un altre exemple vinculat a l'anàlisi del component vertical de força sobre una plataforma de força correspon a la patent desenvolupada per [Clark, 1989], on es categoritza 9 nivells d'engreix en humans a partir de la anàlisi del component vertical manifestat amb el moviment de la persona.
El pendent del senyal entre els valors màxim i mínim consecutius va associat al grau d'engreix. El pes és l'altra de les variables quantificades i necessària per a l'estimació.

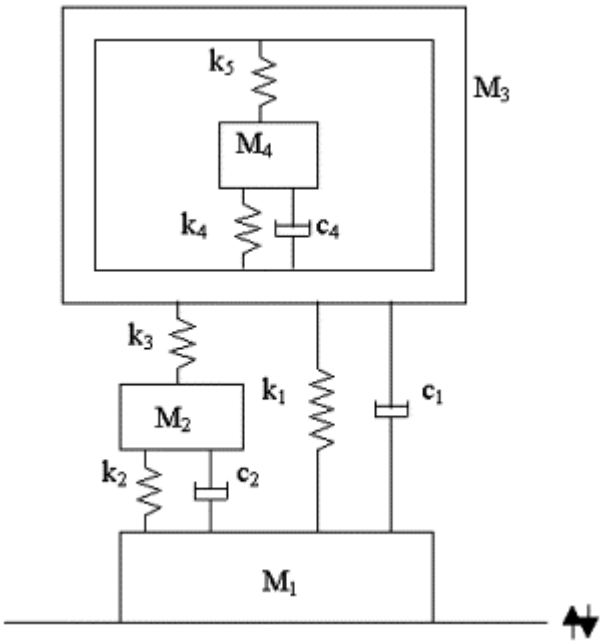


Fig. 3.38 : Model elàstic amortiguat de masses interconnectades [Liu and Nigg, 2000] on M_1 simula la plataforma que vibra i M_2 juntament amb M_3 i M_4 simulen les masses més rígides i les més tobes de la verra passant per la plataforma

Donat que es tracta d'un senyal finit, es procedeix a la seva anàlisi en el domini de temps amb un filtrat passabanda. Les variables d'entrada en el domini temps del senyal filtrat (suficientment allunyat de la freqüència de pas) per al tram rellevant correspondran als valors de :

- *longitud del tram rellevant considerat del senyal* (Long, S o nombre de mostres).
- *mediana del pendent màxim entre extrems relatius del senyal o mediana dels extrems relatius en la derivada del senyal* (pendents positius, Pendp i pendents negatius, Pendn en kg/S).
- *mediana de la derivada segona en cada extrem relatiu del senyal* (màxims, D_2p i mínims, D_2n en kg/S^2).
- *mediana de la distància entre extrems relatius* (màxims, Distp i mínims, Distn en S).
- *mediana de la derivada segona/amplitud* (màxims, D_2p/ampl i mínims, D_2n/ampl en S^{-2}).
- *mediana d'amplitud del senyal* (Ampl en kg)

A aquestes s'hauran d'afegir les variables de *pes viu* i, per a les passades d'entrada en paridera, el *nombre de garrins*. S'extrauran d'aplicar el programa Ressona.vi sobre el senyal sumat al pas de la verra per la plataforma. Prèviament a l'entrada en xarxes es transformen en components principals (12, entrant; 11, sortint). La variable de sortida correspondrà al *gruix de greix dorsal*.

A l'entrada de parideres, donat que la pesada es dóna abans del part i aquella difícilment es pot donar després sense alterar la dinàmica productiva, s'introdueix com a variable depenent el *nombre de garrins nascuts* juntament

amb el *pes viu* abans del part i el *greix dorsal*. És per aquest motiu que en l'annex C es presenten els resultats tant de correlacions com de components principals i de sensibilitat sobre xarxa neuronal per separat entre el que són entrades i sortides a parideres.

Fig 3.39 : Vibració del sistema plataforma-verra per a freqüències entre 10 i 20 Hz en el tram rellevant del pas de verra corresponent a la fig 5.4. Longitud del tram (acotació horitzontal vermella). Amplitud (acotació vertical blava). Distància entre extrem (acotacions horitzontals groga i taronja). Màxims relatius del senyal (cercle verd). Mínims relatius del senyal (cercle groc). Recta tangent amb pendent màxim (línies discontinues)

Per a l'**anàlisi de sensibilitat**, es construeixen 10 xarxes diferents (amb elecció aleatòria de les passades per a l'aprenentatge) per a cadascun dels casos :

- per a diferents rangs de frequències 2-10 Hz, 10-20 Hz i 20-30 Hz
- entrant i sortint de parideres
- amb tots els components principals i eliminant, alternativament, 1 a 1 cadascun dels components (12)

Això suposa la construcció de 780 xarxes neuronals diferents. L'arquitectura usada és de 12x12x12x1 (11x11x11x1) amb un LR = 0,02 i M = 0,8, apartant el 25% del total de passades (entorn a 200, en funció de cada cas).
Finalment, es valora l'error quadràtic mitjà (RMSE) de l'aprenentatge per a evitar el sobre-entrenament i es comparen els diferents casos segons el test de rangs de Mann-Whitney. Així es pretén valorar quines són les variables que més bé descriuen el gruix de greix dorsal (GD).
Per a obtenir un ordre de magnitud de l'error en termes absoluts de l'anàlisi de sensibilitat es reintrodueixen les dades sobre els pesos obtinguts en la fase d'aprenentatge per al cas 2-10 Hz.

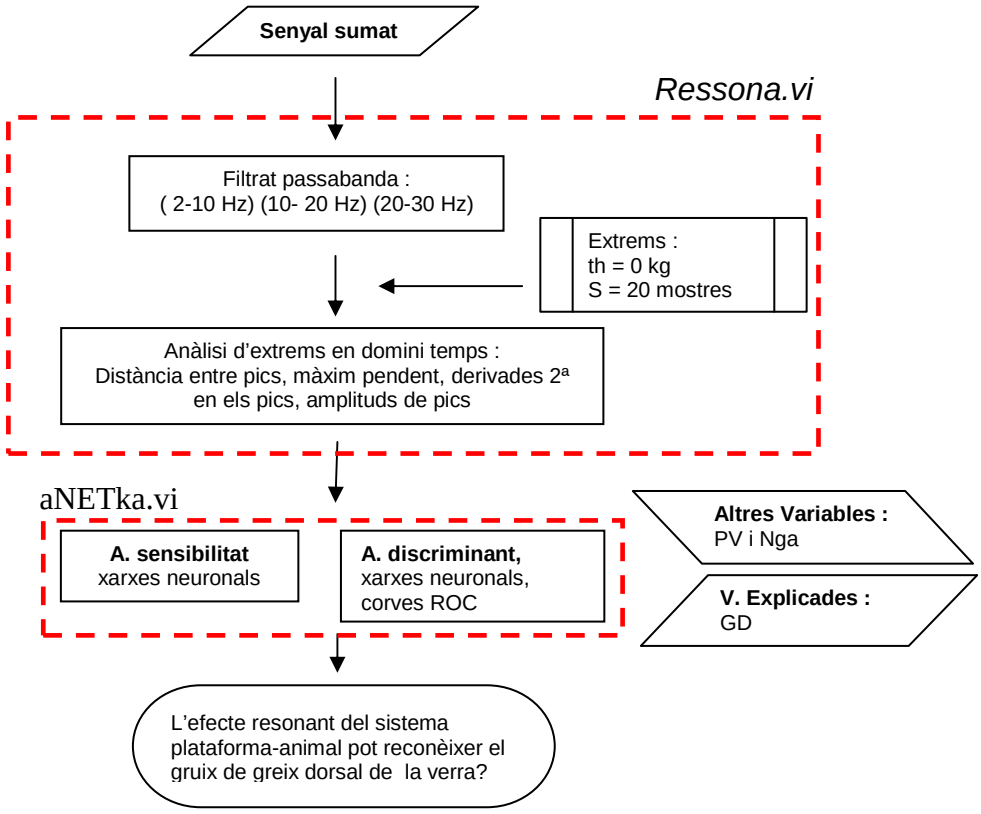


Figura 3.40 : Diagrama de flux per a l 'anàlisi de sensibilitat dels paràmetres de vibració en la plataforma sobre la predicció del Greix Dorsal mitjançant xarxes neuronals

Per a l'**analisi discriminant**, amb les mateixes verres i dades d'abans es procedeix a la classificació binària (0, 1) del *gruix de greix dorsal* en cadascun de quartils (25, 50, 75%) i es consideren dos casos :

- per a diferents rang de frequències 2-10 Hz, 10-20 Hz i 20-30 Hz
- entrant i sortint de parideres

Es sobreentrenen les xarxes 12x12x12x1 (entrant) i 11x11x11x1 (sortint) a 4000, 6000, 8000, i 10000 iteracions amb un LR = 0,02 i M = 0,8. Aquestes disposaran de la meitat de verres (entorn a 100, en funció de cada cas) per a l'aprenentatge i l'altra meitat per a validació. Per a cadascuna de les combinacions (3 nivells de quartil, 3 rangs de freqüència, 4 nivells de sobre-entrenament) s'escull 10 grups de patrons per l'aprenentatge (en cada grup de patrons, s'escull aleatòriament les verres per a l'aprenentatge) i es construeixen, per a cada grup de patrons, 3 xarxes (per a tenir en compte els pesos inicials assignats a les neurones); això suposa la construcció de 1080 xarxes neuronals diferents.
Dels diferents casos plantejats es construeixen les taules de contingència i es col·loquen sobre gràfics ROC els punts associats a les regles de classificació

sobre els quartils 25%, 50 % i 75 % (§3.3.3.4.). Finalment, es comparen les el·lipses de concentració per als diferents casos.

3.3.3.8. L'efecte ressonant de la plataforma sobre els resultats productius i reproductius

Finalment, en aquest punt es planteja anar més enllà, en tant que pretén esbrinar, a partir de l'ús de xarxes neuronals, si la substitució de la mesura de greix dorsal per l'efecte ressonant pot arribar a millorar la predicció de potencialitat productiva (Wl_f) i reproductiva (IDCF).

Per això, es compara l'error %RMSE obtingut en la predicció en productivitat d'ambdues situacions; per a portar a terme aquesta comparació s'han construït 30 xarxes sense sobre-entrenament 25x25x25x1 a partir de mostrejar aleatòriament el 50 % de les verres disponibles (42 verres) que es destinen a aprenentatge de xarxa i l'altre 50 % s'usen com a test. Es treballa amb els paràmetres fixats a LR=0,02 i M=0,8. Aquest procés s'ha repetit per a les tres franges de freqüència (2-10 Hz, 10-20 Hz i 20-30 Hz). Les variables d'entrada corresponen a les plantejades per a la predicció del greix dorsal entrant i sortint, juntament amb les estimacions de pes viu entrant i sortint de parideres i l'ingesta durant el període d'alletament. Es transformen les variables explicatives a components principals. El pes dels garrins s'ajusta a 21 dies i garrinada de 10 garrins. La comparació de %RMSE es porta a terme mitjançant el test de Mann-Whitney (estadística no paramètrica).

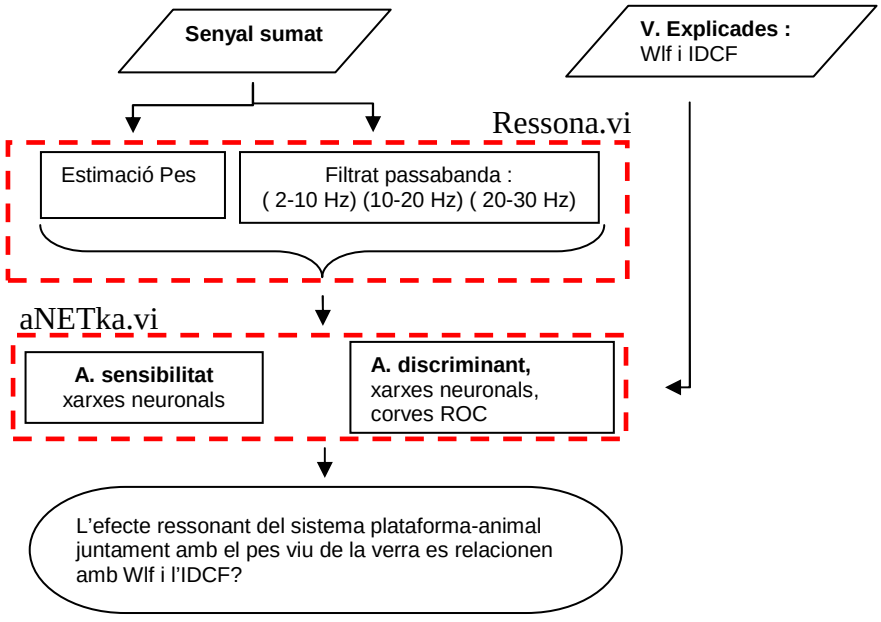


Figura 3.41 : Diagrama de flux per a l' anàlisi de sensibilitat dels paràmetres de vibració en la plataforma sobre la Producció i Reproducció mitjançant xarxes neuronals

Per a l'**anàlisi discriminant**, amb les mateixes verres i dades d'abans, es procedeix a la classificació binària (0, 1) del pes de la garrinada en cadascun de quartils (25, 50, 75%) i per a diferents rangs de freqüències 2-10 Hz, 10-20 Hz i 20-30 Hz.

Es sobreentrenen les xarxes 25x25x25x1 a 1500, 2500, 3500, i 4500 iteracions amb un LR = 0,02 i M = 0,8. Aquestes disposaran de la meitat de verres (entorn a 42, en funció de cada cas) per a l'aprenentatge i l'altre meitat per a validació. Per a cadascuna de les combinacions (3 nivells de quartil, 3 rangs de freqüència, 4 nivells de sobre-entrenament) s'escull 10 grups de patrons per l'aprenentatge (en cada grup de patrons, s'escull aleatòriament les verres per a l'aprenentatge) i es construeixen, per a cada grup de patrons, 3 xarxes (per a tenir en compte els pesos inicials assignats a les neurones); això suposa la construcció de 1080 xarxes neuronals diferents.
Dels diferents casos plantejats es construeixen les taules de contingència i es col·loquen sobre gràfics ROC els punts associats a les regles de classificació sobre els quartils 25%, 50 % i 75 % (§3.3.3.4). Finalment, es comparen les el·lipses de concentració per als diferents casos.

Sobre els resultats reproductius, tan sols es realitza una anàlisi discriminant, doncs s'observa en el punt que la variable explicada (IDCF) es comporta com si fos discreta. La variable de sortida per al tractament en **anàlisi discriminant** correspon a l'assignació binària : 0, si el nombre de dies IDCF és menor de 10 dies i 1, si és superior. En tal cas es sobre-entrenen xarxes de 25x25x25x1 a 1500, 2500, 3500 i 4500 iteracions amb LR = 0,02 i M=0,8. Aquestes disposaran de la meitat de verres (entorn a 30, en funció de cada cas) per a l'aprenentatge i l'altra meitat per a validació. Per a cadascuna de les combinacions (3 rangs de freqüència, 4 nivells de sobre-entrenament) s'escull 10 grups de patrons per l'aprenentatge (en cada grup de patrons, s'escull aleatòriament les verres per a l'aprenentatge) i es construeixen, per a cada grup de patrons, 3 xarxes (per a tenir en compte els pesos inicials assignats a les neurones); això suposa la construcció de 360 xarxes neuronals diferents.
Dels diferents casos plantejats es construeixen les taules de contingència i es col·loquen sobre gràfics ROC els punts associats (§3.3.3.4.). Finalment, es comparen les el·lipses de concentració per als diferents casos.

3.3.4.- Posicionament del cdg i trajectòria

L'anàlisi de la marxa en un context de granja resulta complicat donat que existeixen pocs plànols d'observació visual adequats. Es proposa fer-ho a través de la anàlisi de la força aplicada per les petjades al pas sobre una plataforma de força. Resulta òbvia la major resolució que aporta la tecnologia de matrius de sensors com la gran inversió que suposa i la durabilitat limitada, encara més en el propi medi ramader (§1.4). És per això que es proposa la solució de plataforma de força amb quatre cèl·lules de càrrega (una en cada aresta) com a recolzaments.
A partir d'aquest dispositiu es pot localitzar la posició del centre de gravetat de l'animal i interpretar la trajectòria del mateix sobre la plataforma.
En quant a la posició del cdg en cada instant, tan sols cal formar eixos cartesians a partir dels senyals per separat, sota el supòsit de repartiment isostàtic de la força en ambdues direccions ortogonals. Suposant que l'origen dels eixos coordenats es situa a la cèl·lula de carrega 1, segons l'esquema de la figura 3.42, es valora que la posició del c.d.g. val :

$$X_i = X_{\max} \cdot \frac{[(F_2 + F_4) - 0{,}5 \cdot P]}{[F_T - P]} \quad \{3.39\}$$

$$Y_i = Y_{\max} \cdot \frac{[(F_3 + F_4) - 0{,}5 \cdot P]}{[F_T - P]} \quad \{3.40\}$$

$$P_T = \sum_{1}^{4} P_i \quad \{3.41\}$$

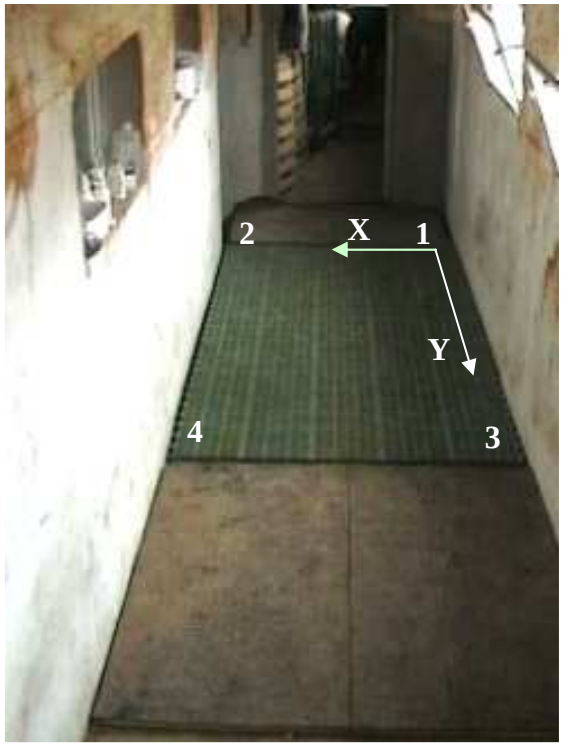


Figura 3.42 : Eixos coordenats sobre la plataforma de força

Essent

X_i , abcisa en l'instant i , cm
X_{max} , abcisa de cèl·lula de càrrega oposada a 1, 145 cm
Y_i , ordenada en l'instant i, cm
Y_{max} , ordenada de cèl·lula de càrrega oposada a 1, 295 cm
F_1 , força vertical en l'instant i sobre cèl·lula de càrrega 1, kg
F_2 , força vertical en l'instant i sobre cèl·lula de càrrega 2, kg
F_3 , força vertical en l'instant i sobre cèl·lula de càrrega 3, kg
$F_{4\ ,}$, força vertical en l'instant i sobre cèl·lula de càrrega 4, kg
P, pes plataforma, kg
F_T, , força vertical total en l'instant i, kg

Es duu a terme un prefiltrat del senyal de les quatre cèl·lules de càrrega per separat amb un filtre passabaixos Butterworth a 25 Hz del senyal, provocant un mínim retràs del mateix i un filtrat posterior dels valors X i Y per separat mitjançant una mitjana mòbil (20 termes) que dóna un bon allisat en el domini temps; aquest procés suavitza la traça del cdg i elimina les posicions "outliers" que resulten d'aplicar l'algorisme anterior. L'extracció de la posició del cdg i els esmentats filtrats es realitza amb el programa "Visualitza traj.vi" elaborat a tal efecte mitjançant Labview®.

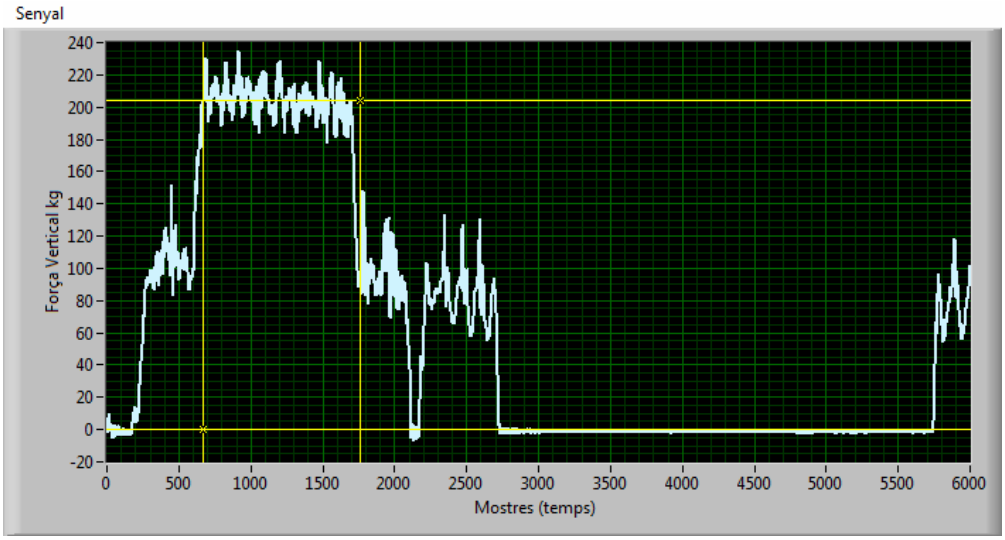


Figura 3.43 : Senyal sumat del pas d'una verra sobre la plataforma, amb el tram rellevant entre marques grogues

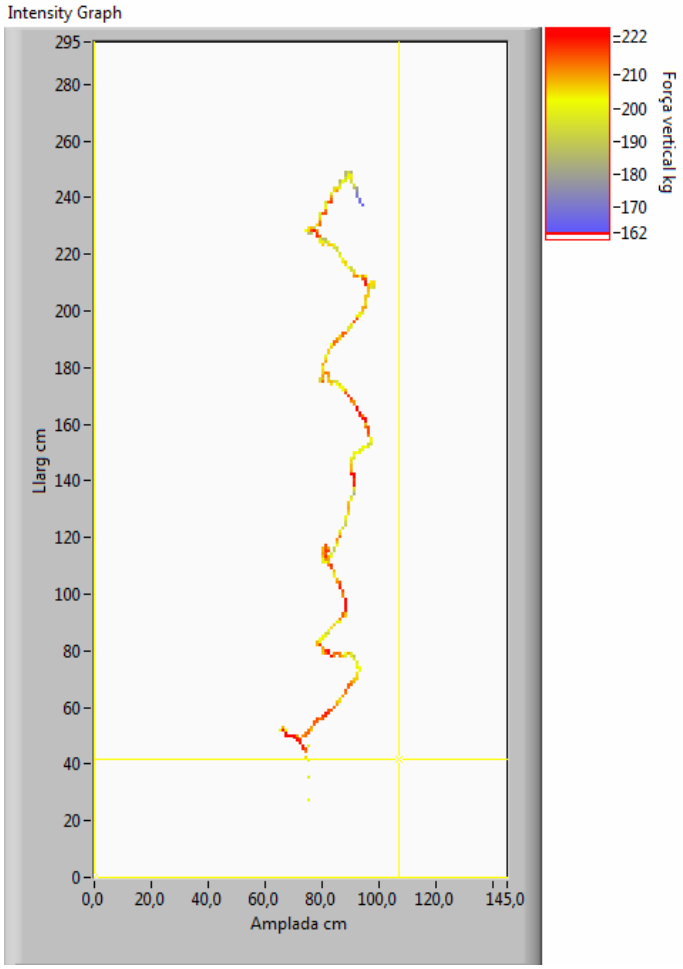


Figura 3.44 : Posició instantània i força vertical del cdg de verres

La traça observada en el diagrama d'intensitat (figura 3.44), amb la força vertical com a variable d'intensitat, facilita l'observació de patrons de marxa. El rang de colors es planteja per a l'interval ± desviació estàndard entorn a la mitjana de força vertical en el tram rellevant (figura 3.43). Es detecten, d'aquesta manera, el cops propiciats per cadascuna de les petjades.

En aquest treball, es defineix com a trajectòria de l'animal al recorregut que es forma per les diferents tangències del vector animal (direcció sobre l'eix longitudinal del mateix, sentit de cua a cap). Donat que l'animal disposarà de prou espai sobre la plataforma i, tenint en compte el seu propi comportament neurofisiològic, cal tenir present que aquesta trajectòria no té perquè ser recta.
De la traça del c.d.g. no es pot extreure directament la trajectòria de l'animal però es pot interpretar que, un cop filtrat el moviment transversal propi del desplaçament, la trajectòria resultant és una corba suau situada entre les diferents posicions del cdg.

El filtrat sobre les coordenades X i Y per separat, mitjançant filtres passabaixos F.I.R. necessita d'un gran nombre de termes per a un correcte allisat de la zona "passa", que escurça excessivament la definició de trajectòria de l'animal a partir del senyal disponible. Per altra banda, el filtrat I.I.R., tot i realitzar un molt bon filtrat en el domini de freqüències, no aconsegueix un correcte filtrat en el domini temps. Ambdós filtrats són susceptibles a les convexitats i acumulació de punts.
Es proposa partir el senyal en trams, extreure els valors extrems per a cada direcció en cada tram i promitjar els mateixos. D'aquesta manera s'anul·la l'efecte de concentració de punts en determinades zones i s'aconsegueix centrar la trajectòria (figura 3.45).

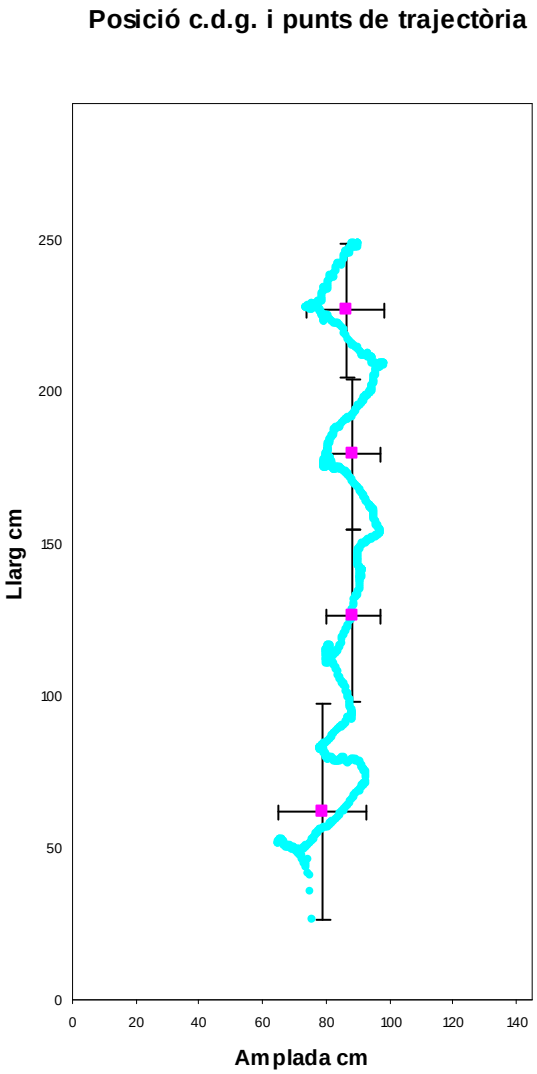


Figura 3.45 : Posició dels centroïds per a definir la trajectòria mitjançant spline.

A continuació, es construeix una línia "spline" per al diferents valors d'Y, aconseguint suavitzar la trajectòria. Caldrà establir el major nombre de trams possibles sense que l'"spline" manifesti oscil·lacions al llarg de la trajectòria (figura 3.46).

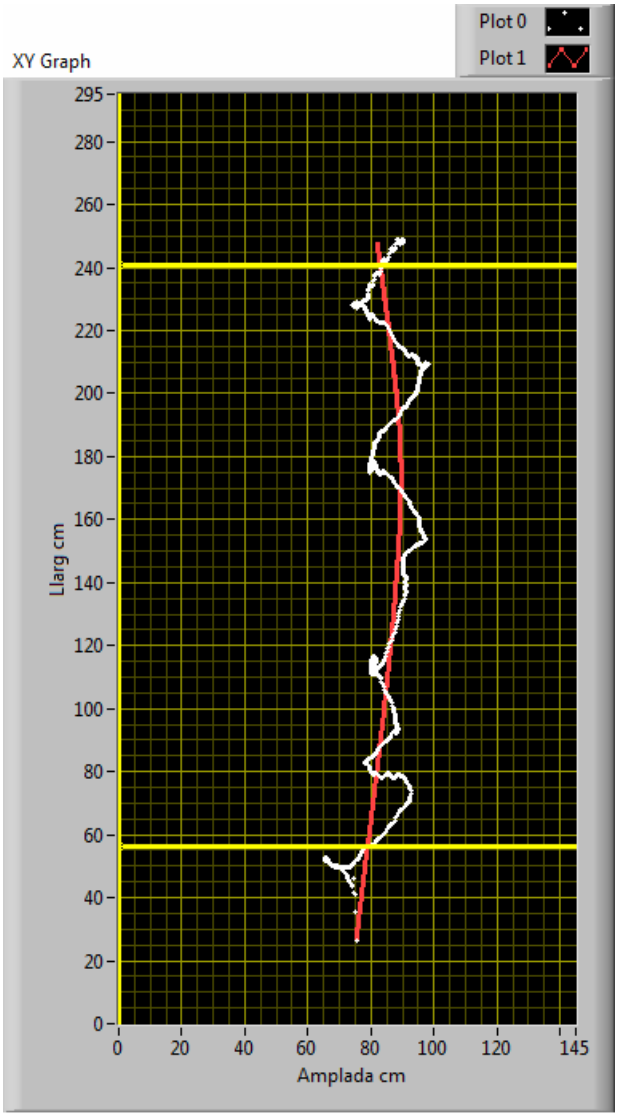


Figura 3.46 : Traça del "spline" (trajectòria de l'animal) sobre els punts centroids de la figura 3.45

Un cop definida la trajectòria de l'animal s'extreu les següents variables de l'anàlisi de la marxa sobre cicles complets :

- *Mitjana de velocitat*, cm/s
- *Mitjana d'avanç/cicle*, cm/cicle
- *Balanç d'impuls/pes*, kg·s/kg
- *Amplada màxima del moviment transversal*, cm

S'entén per cicle al format per les diferents posicions del cdg sobre la trajectòria de l'animal. Per altra banda, s'entén com a *balanç de l'impuls* a l'integral del producte força·temps al llarg de la trajectòria, considerant un producte positiu per aquells moments en que el cdg es situa a l'esquerra de la trajectòria de l'animal i negatiu a la seva dreta.

Aquest esmentat treball es realitza mitjançant el programa "Analitza traj.vi" elaborat, a tal efecte, mitjançant Labview®.

Malgrat s'observen patrons de marxa mitjançant l'ús del programa "Visualitza traj.vi", es realitza una classificació no supervisada mitjançant agrupament difús o continu (fuzzy clustering) donada la naturalesa continua de les variables i la incertesa generada per la pròpia definició de trajectòria a partir de la qual s'extreuen les variables plantejades [Fridgen *et al.*, 2004]. Per a l'elaboració d'aquests "clusters" s'ha usat el programa Management Zone Analyst versió 1.0 del mateix grup d'investigadors anteriorment citats
L'agrupament difús assigna a cada individu el grau de pertinença a un "cluster" mitjançant un coeficient u_{ik} que es caracteritza per :

$$u_{ik} \in [0,1] \quad \text{i} \quad \sum_{i=1}^{c} u_{ik} = 1 \qquad \forall k \qquad \{3.42\}$$

Aquest grau de pertinença s'obté de minimitzar la següent funció objectiu :

$$J_m(U,v) = \sum_{k=1}^{n} \sum_{i=1}^{c} (u_{ik})^m \cdot (d_{ik})^2 \qquad \{3.43\}$$

Essent

u_{ik}, coeficient de pertinença de l'individu "k" al culster "i"
m exponent fuzzy
d_{ik}, distància dels diferents individus "k" i sobre el centroid del cluster "i"
n, nombre d'individus a agrupar
c, nombre d'agrupaments o clusters

Amb l'exponent fuzzy "m" proper a 1, l'assignació dels individus a varis "clústers" s'endureix, és a dir, un individu queda assignat a un sol "clúster"; mentre que amb exponents "m" alts, un individu pot ser assignat a diversos "clústers" amb una probabilitat associada a u_{ik}.

La distància dels individus al centroid d_{ik} del "clúster" es pot calcular, per a diferents criteris de distància, segons :

$$(d_{ik})^2 = \|y_k - v_i\|^2 = (y_k - v_i)^t \cdot A \cdot (y_k - v_i) \qquad \{3.44\}$$

Essent

y_k , vector de variables per a cada individu "k"
v_i , vector de variables per al centroid "i"

D'entre els diferents criteris de distància que es plantegen variant la matriu de pesos "A", s'escull la distància de Mahalanobis, que introdueix la matriu de covariàncies en "A" i així es té en compte la correlació de variables, apropant individus de "forma" similar (associació de variables) [Peña, 2002].
Mitjançant el *coeficient de pertinença*, u_{ik}, es construeixen els índex FPI (Fuzziness Performance Índex) i el NCE (Normalized Classification Entropy). Mentre que FPI avalua el grau de separació entre grups, NCE valora el grau de desorganització a partir de les agrupacions fetes; ambdós índex propers a zero descriuen uns grups més diferenciables.

$$FPI = 1 - \frac{c}{(c-1)} \cdot \left[1 - \sum_{k=1}^{n} \sum_{i=1}^{c} \frac{(u_{ik})^2}{n} \right] \qquad \{3.45\}$$

$$NCE = -\frac{\sum_{k=1}^{n} \sum_{i=1}^{c} u_{ik} \cdot \log_a (u_{ik})}{n \cdot [1 - (c/n)]} \qquad \{3.46\}$$

Escollint en nombre de "clústers" òptim per als coeficients FPI i NCE, es procedeix mitjançant el paquet estadístic "R" versió 2.5.1. de "the R Foundation for Statistical Computing" a realitzar una ANOVA per a valorar si existeixen diferències significatives entre grups o "clústers" per a les diferents variables usades en la formació dels mateixos. D'aquesta manera, amb l'ajut d'una separació de mitjanes poc exigent com suposa el contrast de Tukey, es duu a terme una caracterització de patrons de locomotricitat associada a cada grup.

4

Resultats i discussió

A continuació es detallen els resultats amb la seva discussió entorn al concepte de Condició Corporal com a previ per a l'ús de la plataforma de força com a eina de gestió en granges de producció de garrins. Aquesta es porta a terme mitjançant una meta-anàlisi i es compara amb les dades observades en granja. Més endavant, es discuteix els resultats obtinguts a partir del pas de les verres sobre la plataforma i dels seus possibles usos com bàscula, avaluador de greix dorsal i de l'anàlisi de la marxa.
Finalment, s'exposen les conclusions entorn als objectius definits en el punt 2.

4.1.- LA CONDICIÓ CORPORAL COM A EINA DE GESTIÓ

4.1.1.- Meta-anàlisi

4.1.1.1.- Resultats

Del conjunt d'articles revisats al que es fa referència en el punt 3.2.1. i extretes les dades d'aquells segons la metodologia plantejada en el punt 3.3.1., s'han processat les mateixes en termes de correlació, obtenint els resultats exposats en la taula 4.1.

En general, s'observa un risc de major *heterogeneïtat* (Q_T) per al terme de correlació en aquell conjunt d'articles que el seu nombre és major; a canvi, es manifesta una major significació en el propi terme de correlació. En el següent punt, es pretén la millora de la homogeneïtat a partir de l'eliminació de determinats articles seleccionats en l'anàlisi de sensibilitat.

Resulten evidents les altes correlacions entre el racionament (*ingesta diària d'energia digestible* ED, MJ/d, o *proteïna bruta* PB, g/d) i l'*increment de pes* (ΔW, kg) o de *gruix de greix dorsal* (ΔGD, mm) de les verres durant la gestació. Remarcar el major vincle existent entre l'increment de gruix de greix dorsal i el racionament en termes d'energia digestible ($r_{\Delta GD/ED}$ =0,86 p=10^{-6}) que no pas de proteïna bruta ($r_{\Delta GD/PB}$ = 0,64 p=0,062), tot i que sovint resulten difícilment separables.

Malgrat la falta d'homogeneïtat en les correlacions amb l'*increment de pes dels garrins* (ΔWl) durant l'alletament, s'observa una major incidència de l'ingesta de les verres ($r_{ED/\Delta Wl}$=0,77 i $r_{PB/\Delta Wl}$=0,75) que no pas dels termes lligats a la Condició Corporal de les mateixes, ja sigui a l'inici de l'alletament ($r_{Wi/\Delta Wl}$=0,01; $r_{GDi/\Delta Wl}$=-0,01) o com a pèrdua durant aquest període ($r_{\Delta W/\Delta Wl}$=0,26; $r_{\Delta GD/\Delta Wl}$ =0,09). Sembla raonable el fet que, per a les lactacions curtes plantejades (3-4 setmanes), la verra que manifesta una major ingesta posa a disposició, en més quantitat i més ràpid, els nutrients als garrins, millorant el seu creixement. Cal esperar, doncs que els termes de pes viu i greix dorsal siguin considerats, més aviat com a paràmetres de diagnòstic en la uniformitat de l'alimentació durant la gestació que no pas com a precursors d'uns resultats productius.

No es disposa de prou articles per a evidenciar correlació entre el *pes viu* (W_f) o el *gruix de greix dorsal* (GD_f) *a final d'alletament* amb l'*interval desalletament-detecció de zel* (IDDZ, d). Per altra banda, sí que s'observa correlació, encara que baixa, entre la *pèrdua de pes viu* (ΔW) o *gruix de greix dorsal* (ΔGD) durant l'alletament i el període IDDZ. Mentre que en primales aquesta correlació és positiva ($r_{\Delta W/IDDZ}$=0,37 p=0,075 ;$r_{\Delta GD/IDDZ}$=0,43 p=0,048) el que suposa associar un major període IDDZ a una menor pèrdua de pes o gruix de greix dorsal, en multípares s'observa en sentit contrari ($r_{\Delta W/IDDZ}$=-0,25 p=0,89; $r_{\Delta GD/IDDZ}$=-0,29 p=0,91) amb, en conjunt, una important homogeneïtat entre articles.

Taula 4.1 : Correlacions entre les variables de Condició Corporal i les de Producció i Reproducció. Veure notació en el punt 3.3.1.

Correlació	Observ.		Correlació r	$IC_{95\%}$	p	N Articles	Heterogeneïtat Q_T	p
ED/∆W	Durant gestació		0,98	0,92÷0,99	10^{-13}	5	59,34	10^{-12}
PB/∆W			0,82	0,34÷0,96	0,0024	5	8,39	0,078
ED/∆GD			0,86	0,61÷0,96	10^{-6}	5	18,19	0,0011
PB/∆GD			0,64	0,16÷0,87	0,0062	5	7,45	0,11
W_i/∆Wl	Durant alletament		0,01	-0,32÷0,34	0,48	5	7,49	0,11
GD_i/∆Wl			-0,01	-0,28÷0,26	0,53	10	15,71	0,073
∆W/∆Wl			0,26	0,08÷0,43	0,0027	31	109,16	10^{-11}
∆GD/∆Wl			0,09	-0,10÷0,28	0,17	31	100,96	10^{-9}
ED/∆Wl			0,77	0,68÷0,84	0	23	158,54	10^{-22}
PB/∆Wl			0,75	0,65÷0,83	0	24	165,09	10^{-23}
W_f/IDDZ	Durant alletament	Primípares	-0,70	-0,98÷0,48	0,89	1	1,30	0,25
GD_f/IDDZ			0,69	-0,13÷0,95	0,045	1	1,85	0,17
∆W/IDDZ			0,37	-0,13÷0,72	0,075	8	18,34	0,031
∆GD/IDDZ			0,43	-0,08÷0,76	0,048	7	19,71	0,011
W_f/IDDZ		Multípares	-0,67	-0,02÷-0,92	0,98	2	3,53	0,06
GD_f/IDDZ			0,19	-0,25÷0,57	0,20	5	13,15	0,011
∆W/IDDZ			-0,25	-0,57÷0,16	0,89	7	7,82	0,25
∆GD/IDDZ			-0,29	-0,62÷0,13	0,91	6	6,55	0,26

4.1.1.2.- Anàlisi de sensibilitat

A continuació es detalla una anàlisi de sensibilitat en el terme de correlació, mitjançant l'eliminació d'una quarta part dels articles que de la seva eliminació un a un provoca una menor dispersió Q_T en les correlacions observades en la resta d'articles (Annex B). Per al nou conjunt d'articles, es valora el factor de correlació, la seva significació i la tendència del mateix, un cop millorada la homogeneïtat entre articles (taula 4.2).

Dels articles que entren en l'avaluació de la correlació entre la ingesta diària (*energia digestible* ED, MJ/d; *proteïna bruta* PB, g/d) i l'*increment de pes viu* (∆W, kg) i *gruix de greix dorsal* (∆GD, mm) *de la verra durant la gestació*, es detecta una important heterogeneïtat, tant en els termes de Condició Corporal com en el de correlació (§annex B). Esmentar que els valors mínims, fins i tot negatius, dels increments de pes (taula 4.2) corresponen a períodes curts al llarg de la gestació.

Taula 4.2 : Correlacions entre les variables de Condició Corporal i les de Producció i Reproducció descomptant un 25% dels articles per a la millora d'homogeneïtat. Veure notació en el punt 3.3.1.

Correlació	Observ.		Correlació r	$IC_{95\%}$	p	N (* Articles	Heterogeneïtat Q_T	p
ED/∆W	Durant gestació		0,91	0,58÷0,98	10^{-4}	3	9,78	0,0075
PB/∆W			0,72	0,02÷0,94	0,022	3	3,11	0,21
ED/∆GD			0,75	0,22÷0,94	0,0053	3	6,18	0,046
PB/∆GD			0,42	-0,28÷0,83	0,12	3	0,60	0,74
W_l/∆Wl	Durant alletament		0,10	-0,27÷0,45	0,29	3	1,94	0,38
GD_l/∆Wl			0,03	-0,28÷0,32	0,43	7	5,38	0,50
∆W/∆Wl			0,00	-0,22÷0,22	0,50	24	29,34	0,17
∆GD/∆Wl			0,03	-0,19÷0,24	0,40	24	28,88	0,18
ED/∆Wl			0,64	0,48÷0,76	10^{-10}	17	60,28	10^{-7}
PB/∆Wl			0,64	0,48÷0,77	10^{-10}	18	57,42	10^{-6}
W_f/IDDZ	Durant alletament	Primípares	-	-	-	-	-	-
GD_f/IDDZ			-	-	-	-	-	-
∆W/IDDZ			0,07	-0,53÷0,62	0,42	6	2,53	0,77
∆GD/IDDZ			0,45	-0,24÷0,84	0,097	5	3,88	0,42
W_f/IDDZ		Multípares	-	--	-	-	-	-
GD_f/IDDZ			0,21	-0,36÷0,66	0,24	3	4,33	0,11
∆W/IDDZ			-0,34	-0,67÷0,11	0,93	5	4,11	0,39
∆GD/IDDZ			0,15	-0,39÷0,62	0,30	4	1,04	0,79

(* Extrets el 25% d'articles que redueixen més Q_T

4.1.2.- Resultats observats en granja

Es contrasta els resultats obtinguts en la meta-anàlisi amb els observats en granja per a la Condició Corporal segons l'estat de l'art i usant una metodologia amb components principals, xarxes neuronals i anàlisi de sensibilitat, d'acord amb la proposta del punt 3.3.3. En aquest cas, es pot realitzar un tractament bivariant no lineal de la Condició Corporal, és a dir, *pes viu* i *greix dorsal* alhora i no per separat, donat que les dades d'ambdues variables són individuals i no estimadors poblacionals.

4.1.2.1.- La condició corporal en front al guany de pes de la garrinada durant l'alletament

S'han exclòs les verres que no disposen de dades en totes les variables analitzades, tant en l'entrada com la sortida a parideres. El nombre de verres per a aquest estudi és de 109. Les variables a analitzar es caracteritzen segons el punt 3.2.1.
Donat que les variables esmentades estan molt correlacionades (taula 3.4), cal, prèviament, processar-les en components principals per a poder obtenir variables ortogonals (base canònica), i, així, poder fer una correcta avaluació en anàlisi de sensibilitat per a la xarxa neuronal :

Taula 4.3 : Components principals per a les variables anteriorment citades. Les variables originals s'entren estandaritzades

	Components Principals					
	1	**2(***	**3**	**4**	**5**	**6(***
W_i	-0,55	0,02	-0,44	0,05	-0,09	-0,70
W_f	-0,53	0,22	-0,43	-0,05	0,00	0,70
GD_i	-0,44	-0,03	0,57	0,61	-0,33	0,08
GD_f	-0,45	0,01	0,53	-0,64	0,32	-0,07
Ing_1	0,12	0,68	0,10	-0,31	-0,64	-0,08
Ing_2	0,05	0,70	0,07	0,35	0,61	-0,11

(* Components principals que afecten significativament a l'engreix dels garrins durant l'alletament

Una possible interpretació de les noves variables resultants dels components principals, tot veient els coeficients de la taula 4.3, respon a :

- 1ª component → Volum absolut de masses de reserva
- 2ª component → Ingesta
- 3ª component → Verres més magres o grasses (Condició Corporal)
- 4ª component → Perdua de Greix Dorsal
- 5ª component → Recuperació de l'ingesta
- 6ª component → Pèrdua de pes

La 1ª i 3ª components es refereixen a les condicions en que entren o surten les verres, i la resta de components van referides a l'evolució de les verres durant el període d'alletament.

La variància relativa generada pel diferents components s'especifica en la següent taula 4.4 :

Taula 4.4 : Taula de variàncies i percentatge sobre la variància total dels components principals (σ = n = 6)

	Components Principals					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Variancies	2,65	1,67	0,87	0,46	0,33	0,04
%	44,09	27,77	14,46	7,61	5,46	0,60

Els valors de les noves variables sorgeix d'operar linialment els valors de les variables originals (estandaritzades) amb els coeficients de la taula 4.27. S'entra aquells, juntament amb el valor de producció (pes de la garrinada a desalletament rectificat a alletament de 21 dies i nombre de garrins de 10 garrins d'entre les verres que han alletat entre 9 i 11 garrins i que han tingut un periode d'alletament entre 19 i 23 dies) en l'aprenentatge d'una xarxa neuronal de 6x6x6x1 (5x5x5x1, per a les xarxes sense algun component). Alternativament, s'extreu cadascuna de les variables explicatives i s'observa l'influència en l'aprenentage (M=0,8 , LR=0,02, 50% test) :

*Taula 4.5 : Anàlisi de sensibilitat dels diferents components principals sobre la **producció en pes de la camada a 21 dies d'alletament i 10 garrins per camada** (30 anàlisis per variable extreta $\Rightarrow$ n1 = 30 i n2 = 30). Valor de mediana de percentatge de l'error mig quadràtic (RMSE% sobre dades estandarditzades). Desviació estàndard (δ).*

V. extreta	**RMSE%**	**δ**	**p**
-	45,40	11,06	
Comp. 1	47,03	7,23	0,2722
Comp. 2	63,50	10,79	$4{,}360 \cdot 10^{-8}$ (**
Comp. 3	40,86	11,44	0,2210
Comp. 4	48,16	10,54	0,1306
Comp. 5	48,14	12,12	0,1682
Comp. 6	48,97	9,60	0,0292 (*

Significació (p = 0,05 i (** p = 0,005*

La hipòtesi nula que es planteja és que la probabilitat de que el RMSE% de la combinació dels sis components principals per a explicar la producció en pes de la camada al final d'alletament no sigui més petit (més gran) que el de la combinació, extraient alternativament un component, és igual al 50 %. La inferència es realitza a partir del test de Mann-Withney.

S'observa que el component principal amb major significació ($p = 4{,}360 \cdot 10^{-8}$) correspon al d'ingesta (Comp. 2), fet raonable donat l'alletament de curt període (21 dies). El component principal associat a la pèrdua de pes (Comp 6) durant l'alletament és una altra de les variables amb significació (p = 0,0292) i no el de pèrdua de greix dorsal (Comp 4). Ni el volum de masses de reserva ni la pròpia Condició Corporal en un moment determinat semblen incidir directament en la capacitat productiva de les verres, pel que cal restringir el seu interès com a diagnòstic d'una correcta gestió alimentària durant la gestació.

Les xarxes neuronals construïdes (30) sobre el conjunt de verres controlades a partir de totes les components que intenten explicar el pes de la garrinada manifesten una mediana, per als següents estadístics, de :

Taula 4.6 : Distribució de l'error per a les xarxes neuronals (N =30) que estimen el pes de la garrinada a final d'alletament (Wl_f) a partir de tots els components (109 passades)

Mediana, kg	**$Error_{mediana}$, kg**	**% RMSE**	**$Q_{25\%}$, kg**	**$Q_{75\%}$, kg**	**IQ, kg**	**%IQ/M**
55,74	-0,26	12,35	-4,10	3,40	7,53	13,51

Això suposa, per exemple, un interval interquartil en l'estimació de pes del garrí a final d'alletament de 0,75 kg sobre una mitjana de pes viu de 5,6 kg.

En l'ús de les xarxes neuronals com a funció discriminadora i la construcció de gràfics ROC a partir de les taules de contingència per a diferents llindars percentils (25, 50, 75%) s'observa que discrimina per a tots els percentils més enllà de la discriminació aleatòria situant-se entorn al 68 % (a 8000 iteracions) d'eficiència (TP+TN). Per altra banda, no existeix una evident diferenciació entre l'ús del *greix dorsal* (GD) juntament amb pes viu (W) (figura 4.1) de solament el pes viu (figura 4.2) per a la predicció d'increment de *pes viu de la garrinada durant l'alletament* (ΔWl) (figura 4.3). Els resultats coincideixen amb el que ja es deixava entreveure en l'estudi meta-analític (§4.1).

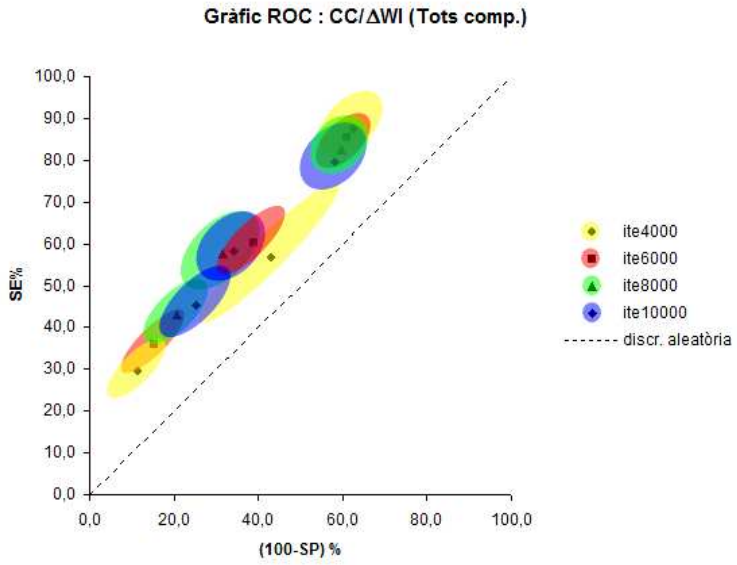


Figura 4.1 : Gràfic ROC a partir de les taules de contingència generades per les diferents xarxes neuronals (30) per a diferent nombre d'iteracions. S'entren tots els components principals amb un llindar de discriminació sobre els percentils 25 %, 50% i 75 % de la variable ΔWl

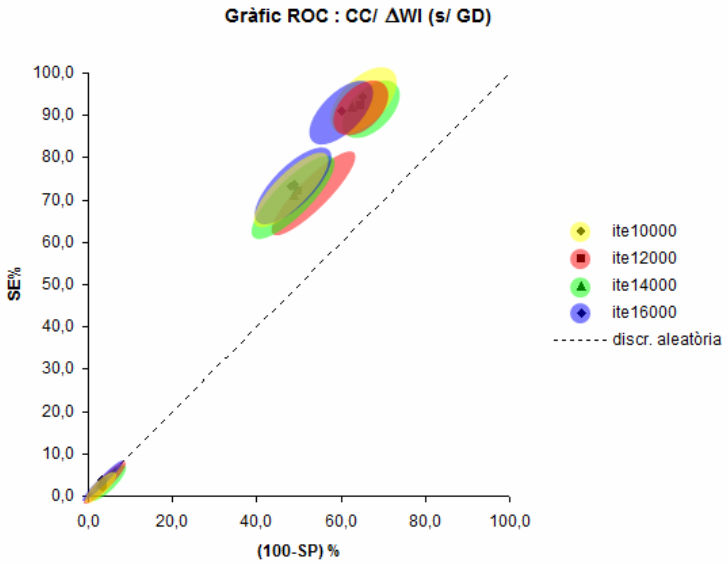


Figura 4.2 : Gràfic ROC a partir de les taules de contingència generades per les diferents xarxes neuronals (30)per a diferent nombre d'iteracions. S'entren els components principals que no depenen de GD amb un llindar de discriminació sobre els percentils 25 %, 50% i 75 % de la variable ΔWI

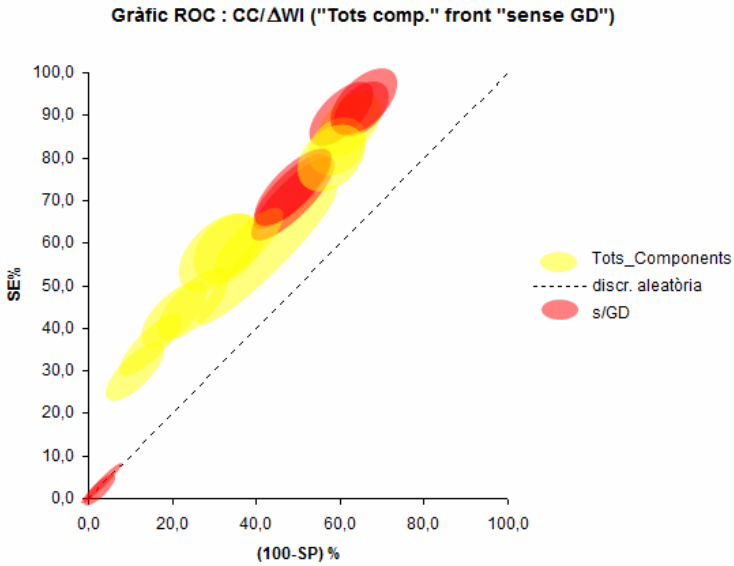


Figura 4.3 : Superposició de gràfics ROC de les figures 4.1 i 4.2.

4.1.2.2.- La condició corporal en front IDCF

En quant al paràmetre reproductiu *interval desalletament-cubrició fecundant* en dies (IDCF), de les 180 passades on es té el total d'informació necessària (la resta de verres han estat portades a escorxador o existeix una falta d'informació en algunes de les variables plantejades) s'ha realitzar un tractament en components principals de les variables considerades explicatives :

Taula 4.7 : Coeficients dels components principals per a les variables estudiades sobre IDCF (N=180 verres)

	Components Principals							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
GD_i	-0,47	0,12	0,13	0,50	0,13	0,20	-0,66	-0,10
W_i(*	-0,52	0,00	0,07	-0,53	-0,04	-0,05	-0,14	0,65
Ing_1	0,05	-0,66	0,17	-0,10	-0,17	0,71	-0,02	-0,01
Ing_2	0,04	-0,66	0,08	0,19	0,50	-0,49	-0,06	0,16
GD_f	-0,49	-0,03	-0,07	0,49	-0,05	0,10	0,69	0,17
W_f	-0,52	-0,16	-0,09	-0,40	0,10	-0,13	0,10	-0,71
Wl_f	-0,04	-0,08	0,71	0,08	-0,58	-0,37	0,02	-0,09
D_{alle}	0,05	0,28	0,65	-0,14	0,60	0,24	0,23	-0,04

Taula 4.8 : Variàncies dels components principals de la taula 4.7

	Components Principals							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Var.	2,81	1,58	1,41	0,66	0,58	0,49	0,34	0,13
%	35,15	19,79	17,68	8,22	7,24	6,16	4,19	1,57

Una possible interpretació de les noves variables resultants dels components principals respon a :

- Component 1 → Volum absolut de masses de reserva
- Component 2 → Ingesta
- Component 3 → Creixement dels garrins en termes absoluts
- Component 4 → Verres magres o grasses (Condició Corporal)
- Component 5 → Balanç +
- Component 6 → Resposta Ingesta
- Component 7 → Pèrdua de GD
- Component 8 → Perdua de Pes Viu

Els components principals s'enfronten a l'IDCF (l'IDCF s'expressa en escala logarítmica (lnIDCF) per a evitar un excés de canvi d'escala entre els valors que es donen durant la setmana posterior al desalletament i més enllà, que sovint es situa entorn a 30 dies). La hipòtesi nula que es planteja és que la probabilitat de que el RMSE% de la combinació dels vuit components principals per a explicar la producció en pes de la camada al final d'alletament sigui més petit (més gran) que el de la combinació extraient alternativament un component és igual al 50 %. La inferència es realitza a partir del test de Mann-Withney.
Excepte el 1ª component, corresponent a la Condició Corporal (W "+" GD) en un moment determinat (entrada o sortida de parideres), l'efecte sobre IDCF

davant l'absència dels components principals, un a un, és molt significatiu (p<0,005).

*Taula 4.9 : Anàlisi de sensibilitat dels diferents components principals sobre l'**interval desalletament-cubrició fèrtil en dies** (30 anàlisis per variable extreta). Significació (* p < 0,05 i (** p < 0,005*

V. extreta	RMSE%	δ	p
-	32,05	4,4622	
Comp. 1	35,41	4,6326	0,0065 (*
Comp. 2	45,73	7,8543	10^{-10} (**
Comp. 3	43,04	8,7789	10^{-8} (**
Comp. 4	43,72	8,2149	10^{-8} (**
Comp. 5	49,66	10,2241	10^{-10} (**
Comp. 6	40,80	6,1698	10^{-7} (**
Comp. 7	43,75	6,7281	10^{-9} (**
Comp. 8	45,75	9,7820	10^{-9} (**

L'error en l'estimació de ln IDCF mitjançant la construcció de xarxes neuronals amb tots els components principals es reparteix segons la taula 4.10 per als grups de resultats IDCF < 10 dies i IDCF ≥ 10 dies. Usant les xarxes neuronals com a funció discriminadora sobre aquestes dues agrupacions de dades, s'obté una eficiència (TP+TN) del 75 % (a 4000 iteracions) i el gràfic ROC situa els resultats sobre la línia de discriminació aleatòria (figura 4.4). Això és degut al relatiu baix nombre de positius (IDCF ≥ 10 dies).

Taula 4.10 : Distribució de l'error en l'estimació de IDCF a partir de xarxes neuronals amb tots els components principals per als grups IDCF < 10 dies i IDCF ≥ 10 dies

Grup dades	Mediana	Error	%	%RMSE	$Q_{25\%1}$	$Q_{75\%1}$	IQ_1	$\%IQ_1$
1	5	-2,17	-43,30	71,18	-3,76	-0,86	3,18	63,54
2	31,5	22,20	70,47	69,25	16,94	29,52	12,43	39,45

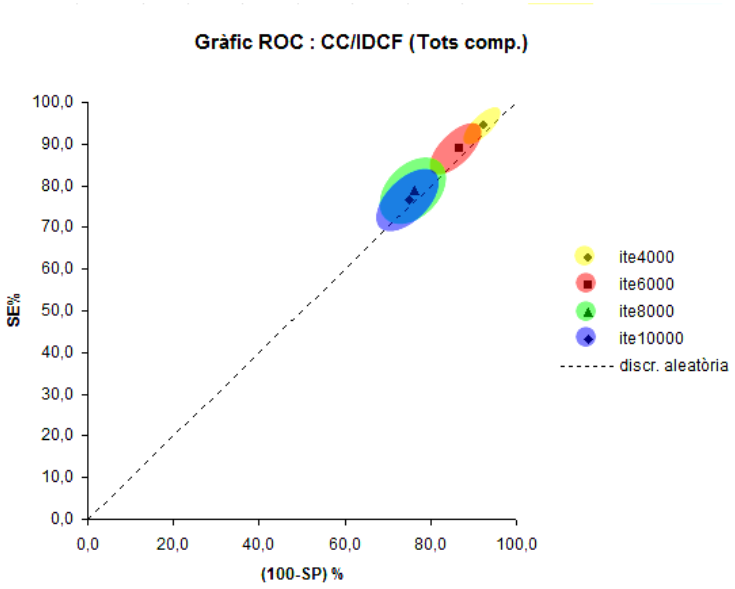


Figura 4.4 : Gràfic ROC a partir de les taules de contingència generades per les diferents xarxes neuronals (30) per a diferent nombre d'iteracions. S'entren tots els components principals amb un llindar de discriminació de la variable IDCF < 10 dies i ≥ 10 dies.

4.1.3.- Discussió

Malgrat la meta-anàlisi no trobi correlació (lineal) significativa entre les variables de pes viu (W) i greix dorsal (GD) amb increment de pes de la garrinada durant l'alletament (ΔWl), s'observa que, per al tractament amb xarxes neuronals de les variables observades en granja, la pèrdua de pes viu de la verra durant l'alletament influencia significativament en l'error d'estimació de ΔWl. En canvi, el GD o ΔGD en cap cas té influència sobre ΔWl. El ramader tendeix a evitar l'efecte produït pels síndromes de "verra magra o grassa" esmentats en els antecedents. S'observa la coincidència de resultats d'absència de significació en l'efecte de la condició corporal sobre la variable IDCF o IDDZ. De fet, en l'anàlisi discriminant ni tan sols s'ha pogut discriminar més enllà de la discriminació aleatòria.
Tant la meta-anàlisi com el tractament de les dades observades en granja coincideixen en remarcar el rellevant paper de la ingesta durant l'alletament per obtenir un elevat ΔWl. Per altra banda, la ingesta durant la gestació influeix de forma significativa en el pes viu i greix dorsal de les verres a final d'aquesta, matisant el menor efecte de la proteïna bruta sobre el guany de greix dorsal. S'observa per a les dades obtingudes en granja també la correlació existent entre la ingesta durant l'alletament i el guany de pes viu de la verra (taula 3.7).

4.2.- L'ÚS DE LA PLATAFORMA DE FORÇA EN GRANJA

4.2.1.- Estimació de pes

La plataforma de força, com a instrument de mesura del pes viu de les verres, necessita d'un processat del senyal sumat de les cèl·lules de càrrega (§3.3.2.6). Aquest ha de detectar quan l'animal sencer està sobre la plataforma i és durant aquest període de temps (tram rellevant) quan es pot avaluar el pes viu de l'animal. Si la plataforma és prou llarga o el pas de l'animal prou lent resulta suficient extreure la mediana del senyal sumat. Sense l'ajut d'altres accessoris per a detectar la situació en que l'animal és sobre la plataforma, cal filtrar (filtre LTI) inicialment el senyal sumat. La corba suavitzada del senyal facilita, mitjançant la seva derivada, la detecció de canvis en l'estat de càrrega de la plataforma, retallant el senyal entre aquest moments. L'elecció del tram es pot establir a priori o be deixar que el sistema, mitjançant una xarxa neuronal, aprengui a escollir quin és el tram rellevant. Les metodologies desenvolupades en (§4.2.1.1) i (§4.2.1.2) aborden aquestes dues darreres línies de treball; a continuació, s'especifiquen els resultats de les metodologies proposades per a les dades extretes del treball experimental en granja.

4.2.1.1. Criteri a priori del tram rellevant per a l'estimació de pes

El criteri a priori imposat per a l'elecció del tram rellevant consisteix en considerar com a tram rellevant l'existent entre el segon i el tercer extrem relatiu de la corba de la derivada del senyal sumat i filtrat. En aquest procés, cal parametritzar la *freqüència de tall* del filtrat (fl, cicles/s), el *valor llindar* per a la detecció d'extrem relatiu en la derivada del senyal prefiltrat (th, kg/mostra) i l'*amplada d'interval* sobre el qual es defineix el màxim (S, mostres). La fixació d'aquest paràmetres suposa un error en la elecció del tram rellevant per a algunes passades. Es per això que es plantegen diferents combinacions ordenades (11x11x11 = 1331 combinacions) d'aquest paràmetres tal que la freqüència de tall del prefiltrat, fl, arriba a tenir valors entre 0,3 i 2,3 cicles/s cada 0,20 cicles/s, el valor llindar per a la detecció de màxim en la derivada del senyal prefiltrat, th, entre 0,3 i 1,3 kg/mostra cada 0,10 kg/mostra i l'amplada d'interval sobre el qual es defineix el màxim, S, entre 10 i 210 mostres cada 20 mostres aplicades sobre les 62 passades triades per a l'ajust. S'observa una certa dispersió dels valors dels paràmetres per a la tria de la millor combinació per a cada passada (taula 4.11) i per a la millor combinació sobre el conjunt de passades (taula 4.12).

Taula 4.11 : Llistat de 9 passades amb les combinacions dels paràmetres fl, th i w de menor error en l'estimació de pes estàtic (programa Opt Comb.vi).

Verra	Pes, kg	Pes est., kg	Combinació	fl, cicles/s	th, kg/mostra	S, mostres
675	265,26	263,75	1278	2,3	0,9	30
175	265,26	265,26	23	0,3	0,5	10
84	282,95	281,67	735	1,5	0,3	170
193	298,55	296,04	1095	2,1	0,3	110
477	251,74	248,85	1290	2,3	1	50
102	287,11	285,56	1221	2,3	0,3	210
541	250,70	250,20	131	0,5	0,3	190
1025	319,36	317,33	1069	1,9	1,2	30
492	274,63	275,18	34	0,3	0,6	10

Taula 4.12 : Llistat ordenat de les 9 primeres combinacions dels paràmetres fl, th i w amb valor més petit d'error quadràtic mitjà (RMSE aplicant mediana sobre el tram rellevant de 62 passades) respecte al pes estàtic (programa Opt Comb.vi).

Combinació	fl, cicles/s	th, kg/mostra	S, mostres	RMSE, kg
500	1,1	0,4	90	6,84
511	1,1	0,5	90	8,39
632	1,3	0,5	90	9,28
866	1,7	0,4	150	9,39
987	1,9	0,4	150	9,42
510	1,1	0,5	70	9,78
621	1,3	0,4	90	10,77
368	0,9	0,3	90	10,82
379	0,9	0,4	90	11,06

Es considera que la relaxació de l'algorisme fa més robusta l'estimació de pes a les diferents passades, malgrat per a les passades usades en la construcció de l'algorisme s'observi que, per a la combinació fl = 1,1 cicles/s, th = 0,4 kg/mostra i S = 90 mostres (taula 4.12), l'error quadràtic mitjà (RMSE) val 6,84 kg mentre que per a l'algorisme relaxat (taula 4.13) val 6,79 kg .

Aquesta relaxació de l'algorisme consisteix en l'elecció d'un percentil (95%) de l'estimació de pes, per a un conjunt de combinacions, enlloc d'una sola, dels paràmetres d'ajust fl, th i S. De la taula 4.12, s'ha valorat un rang estret del valor dels paràmetres d'ajust (fl entre 1,1 i 1,3 cicles/s; th entre 0,4 i 0,5 kg/mostra; S entre 85 i 95 mostres) front un rang ample (fl entre 1,1 i 1,9 cicles/s; th entre 0,4 i 0,5 kg/mostra; S entre 90 i 150 mostres).
En el rang estret (fig 4.5), apareixen quatre "outliers" (més enllà de la mediana ± l'interquartil IQ), mentre existeix un major nombre (8) en el rang ample (sobrerelaxació; figura 4.6)

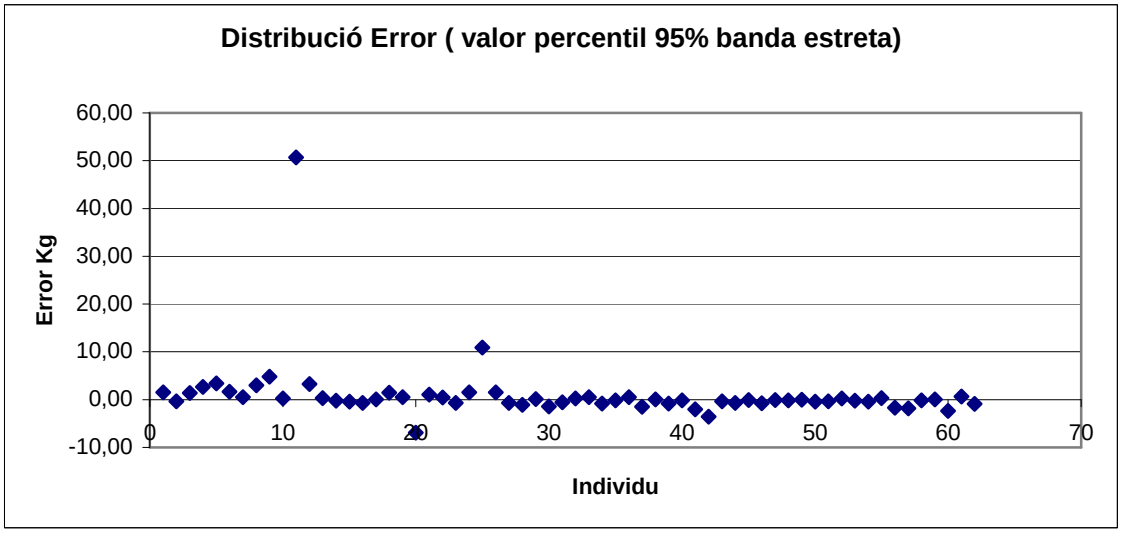


Figura 4.5 : Distribució de l'error per a les 62 passades triant el percentil 95 % dels diferents valors obtinguts d'estimació de pes viu per a les diferents combinacions dels paràmetres fl, th i w en el rang ***estret***

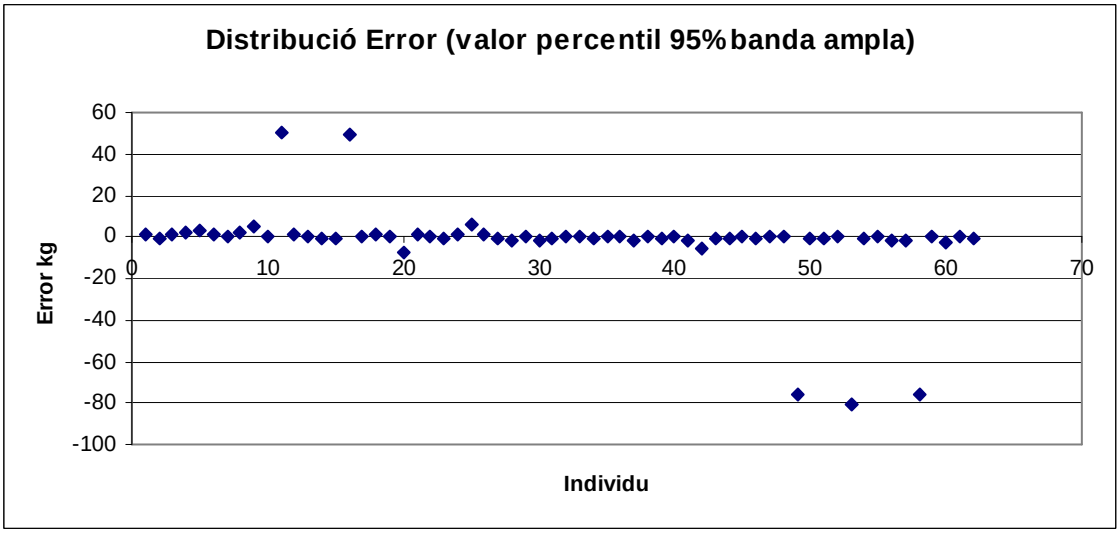


Figura 4.6 : Distribució de l'error per a les 62 passades triant el percentil 95 % dels diferents valors obtinguts d'estimació de pes viu per a les diferents combinacions dels paràmetres fl, th i w en el rang ***ample****.*

L'algorisme relaxat en el rang estret no sembla ser excessivament sensible a l'elecció d'un percentil, sempre i quan aquest estigui situat per sobre de la mediana (percentil 50%, taula 4.13).

Taula 4.13 : Taula de mediana de l'error i suma de quadrats de l'error en l'estimació de pes prenent diferents percentils dels valors obtinguts d'estimació de pes viu per a les diferents combinacions dels paràmetres fl, th i w en el rang ***estret***

	PERCENTIL					
	Màxim	**95%**	**90%**	**85%**	**80%**	**50%**
Mediana Error kg	-0,076	-0,076	-0,076	-0,076	-0,076	-0,058
RMSE, kg	6,79	6,79	6,79	6,80	6,80	9,26

S'escull, per a la relaxació de l'algorisme, el percentil 95 % de l'estimació de pes en combinar els paràmetres "fl" entre 1,1 i 1,3 cicles/s cada 0,05 cicles/s, "th" entre 0,4 i 0,5 kg/mostra cada 0,05 kg/mostra, i "S" entre 85 i 95 mostres cada 5 mostres, és a dir, 45 combinacions. El programa Percentil.vi (Labview®) s'ha utilitzat per a modificar l'algorisme de partida i provocar aquest efecte de relaxació.

Per a la validació de l'algorisme, es disposa de 369 passades (extretes ja les 62 passades usades per a l'ajust dels paràmetres) i amb l'algorisme relaxat, la distribució de l'error queda representat en la figura 4.7.

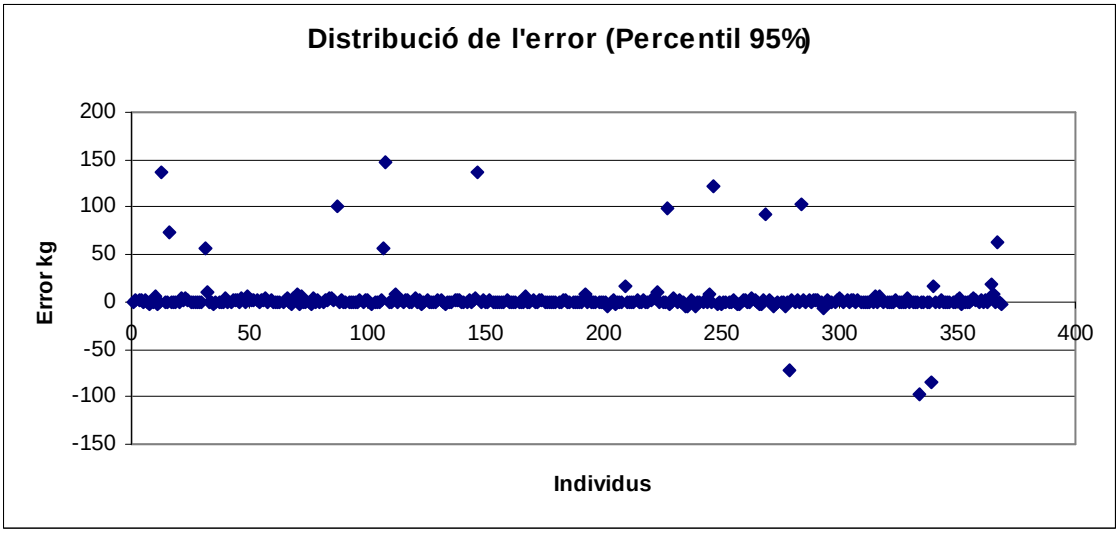


Figura 4.7 : Distribució de l'error per a les 370 passades triant el percentil 95 % dels diferents valors obtinguts d'estimació de pes viu per a les diferents combinacions dels paràmetres fl, th i w en el rang ***estret.***

En les 369 passades s'obté una mediana de l'error de 0,31 kg i un error quadràtic mitjà (RMSE) de 20,34 kg, corresponent a 8,9 % respecte el pes estàtic. Descomptant els "outliers" (mediana ± l'interquartil IQ;-4,8 kg i 5,4 kg; 29 outliers), la mediana de l'error és de 0,19 kg i l'error quadràtic mitjà (RMSE) és de 1,50 kg, corresponent a un 0,66 % respecte el pes estàtic.

Els "outliers" considerats *evidents* (es considera errors evidents als > 50 kg) són un 52 % del total d'"outliers" i són atribuïbles a la limitació de l'algorisme a l'hora de triar l'interval de les dades rellevants; el seu descart suposa un RMSE% de 1,1 %.
La introducció del temps de l'interval de dades rellevants com a paràmetre per a la validació de l'estimació produeix una disminució en el nombre d'"outliers", bàsicament de caire *evident* (paràgraf anterior i taula 4.14). Un mínim temps en l'interval de dades rellevants de 4 s suposa un CV de 3,1 %.

*Taula 4.14 : Nombre d'"outliers" (±3*IQ), "outliers" evidents (>50 kg d'error en l'estimació), nombre de passades vàlides (N) i descartades (N descart) en funció del temps mínim de l'interval de dades rellevants. Els percentatges de N descarts van referenciats respecte 369 passades; els percentatges en els "outliers ±3*IQ respecte a N ; els percentages outliers >50 kg respecte de « Outliers ±3*IQ » .*

	TEMPS MÍNIM INTERVAL DE DADES RELLEVANTS, s			
	1	**2**	**3**	**4**
N	361	348	322	271
N descart	8 (2,2 %)	21 (5,7%)	47 (12,7%)	98 (26,6%)
Outliers (±3*IQ)	27 (7,5%)	23 (6,6%)	17 (5,3%)	15 (5,5%)
Outliers (>50 kg)	11 (41%)	7 (30%)	3 (18%)	2 (13%)

A partir de la diferència entre els valors de pes estàtic (F1) i pes dinàmic (F2), exclosos aquells valors de pes corresponents als "outliers", s'obté el model de regresió linial següent :

*Taula 4.15 : Estimació dels residus i coeficients del model de regressió simple entre el pes estàtic i el pes dinàmic. Significació: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1*

RESIDUS				
Min	**1Q**	**Mediana**	**3Q**	**Max**
-4,6635	-0,7448	-0,1833	0,6116	4,9024
COEFICIENTS				
	Estimat	**Error estand.**	**Valor t**	**Pr(>|t|)**
Terme Ind.	-0,117777	0,455873	-0,258	0,796
F2	1,002152	0,001978	506,523	<2e-16 ***

La bondat de l'ajust es concreta amb una mitjana de quadrats de l'error de 1,501 kg (337 graus de llibertat) i amb R^2 de 0,9987. L'estadístic F dóna 2,566e+05 (1 i 337 DF), éssent vàlid el model amb un p-value < 2,2e-16.

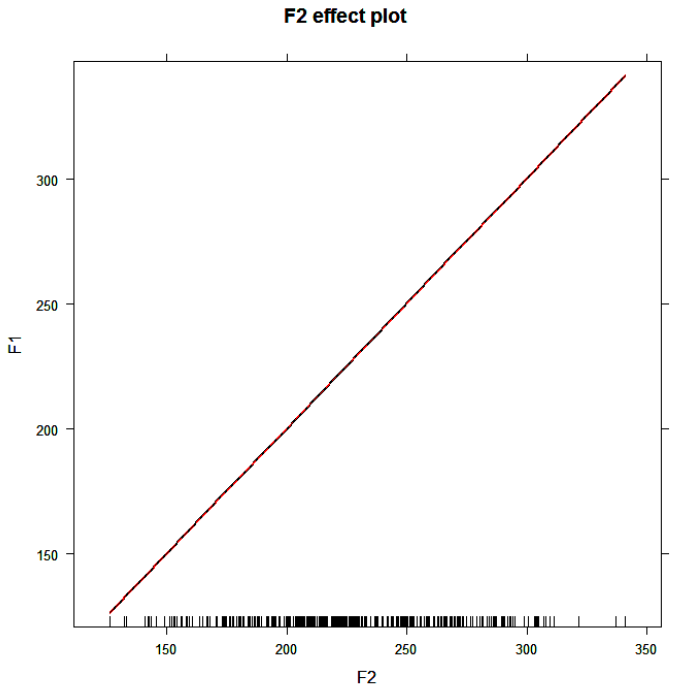


Figura 4.8 : Efecte de la variable F2 (pes dinàmic) sobre F1 (pes estàtic) per a un model de regressió lineal (sortida del paquet estadístic R).

La distribució dels residus respecte el model de regressió lineal ajustat és regular entorn al valor nul i tant sols la influència d'alguns valors extrems (que es situen fora de la normalitat) alteren l'ajust teòric (figura 4.8). Els errors en l'estimació es reparteixen per igual en tot el rang de pesades.
Tant les pesades estàtiques com les dinàmiques, per separat, gaudeixen de distribució normal (figura 4.9). Del test de normalitat Shapiro-Wilk es té que responen a una distribució normal amb W = 0.9935 (p-value = 0.1553) per al pes estàtic, (F1) i W = 0.9935 (p-value = 0.1539), per al pes dinàmic (F2).
En el test d'heterostaticitat Breusch-Pagan per a les dades F1 (p.estàtic) i F2 (p. dinàmic) no es pot refusar la hipòtesi nula d'homocedasticitat amb BP = 0,0401 (df = 1, p-value = 0,8412).

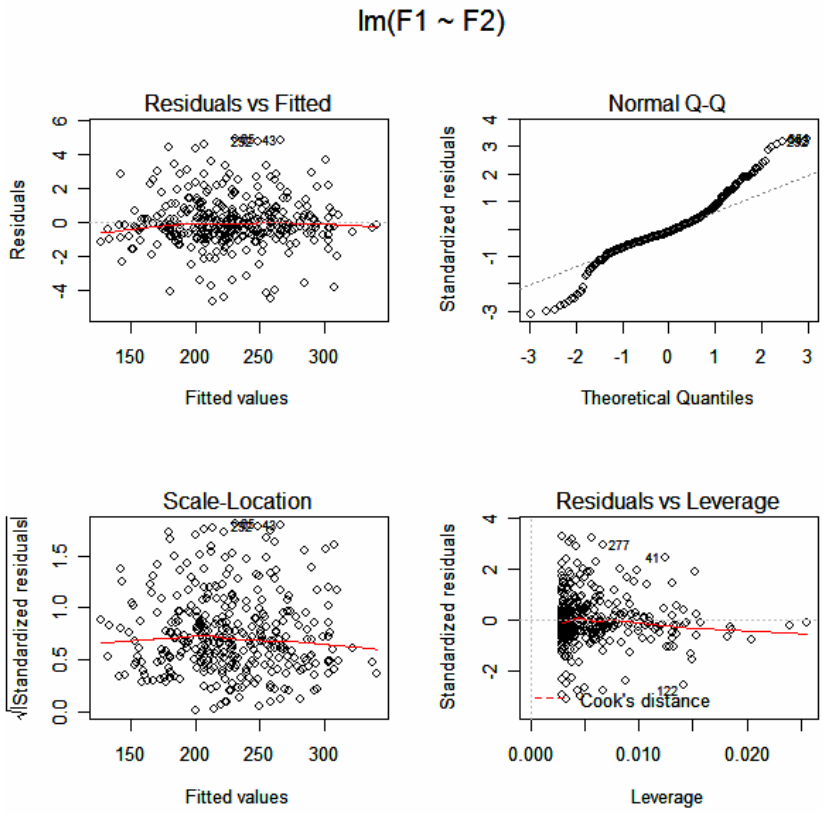


Figura 4.9 : Avaluació dels residus mitjançant diferents gràfics (sortida del paquet estadístic R).

Finalment, per al test d'autocorrelació de Durbin-Watson (dos cues) sobre el model de regressió lineal entre F1 (depenent) i F2 (independent), s'obté un valor de l'estadístic DW = 1,8412, s'accepta la hipòtesi d'autocorrelació nula (hipòtesi nula) amb p-value = 0,1364.

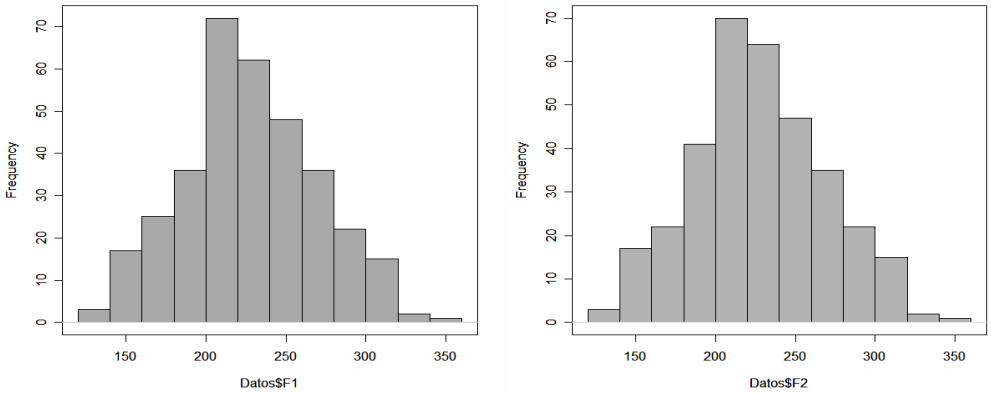


Figura 4.10 : Histogrames de les variables de pes estàtic (F1) i pes dinàmic (F2) per a les 369 passades (sortida del paquet estadístic R).

En quant als "outliers", fora de l'interval (mediana ± interquartil IQ), es caracteritzen per situar-se en dues franges de valors : aquells que anomenaríem com a *errors evidents* (> 50 kg) i que són deguts a la dificultat d'identificar correctament els màxims relatius en la funció derivada i la resta, que es situen relativament propers al valor objectiu i que són deguts a la pròpia relaxació de l'algorisme i fixació del valor percentil, juntament amb un cert desfasament del senyal filtrat. Aquests, però, no distorsionen en excés la qualitat de les estimacions. En conjunt, aquest fet dóna sentit a la introducció de la validació manual com a un dels mètodes per a la millora de les estimacions.

4.2.1.2. Elecció del tram rellevant mitjançant xarxes neuronals

Enlloc de prefixar que el tram rellevant es situï entre el segon i tercer extrem relatiu de la derivada del senyal sumat i filtrat, s'extreuen tots i cadascun dels trams del senyal formats entre extrems relatius de la derivada; de les variables extretes (6) en cada tram (§3.3.3.6), es deixa a una xarxa neuronal que aprengui a escollir el tram rellevant. L'entrenament de la xarxa neuronal multicapa orientada endavant 26x6x1 es realitza mitjançant 200 passades. Es reserva 234 passades per a la validació de l'estimació de pes viu; l'error estimat es representa en la figura 4.11 i es pot comparar l'efecte produït per la xarxa neuronal respecte al de prefixar el tram rellevant observat en la figura 4.7.

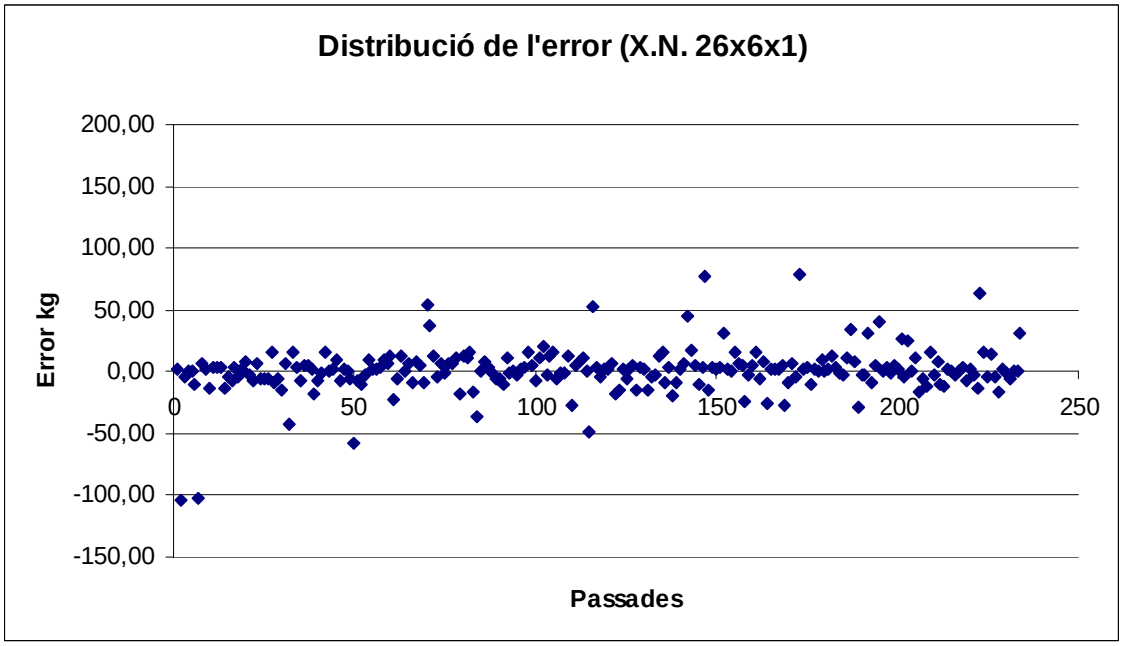


Figura 4.11. Error en l'estimació de pes viu amb una xarxa neuronal d'una capa oculta corresponent a 234 passades (6 neurones) amb coeficients obtinguts de l'aprenentatge realitzat amb LR fix = 0,01 i M = 0,8

La distribució de l'error queda representat també en la següent taula :

Taula 4.16 : Distribució de l'error en l'estimació de pes viu (W) amb l'ús de xarxes neuronals.

Mín.	1Q	Mediana	3Q	Max
-103	-5,16	1,41	6,75	78,6

L'efecte de l'us de xarxes neuronals sobre les dades obtingudes de les passades de les verres provoquen un error semblant a l'algorisme plantejat en el capítol 4 amb un RMSE% 8,19% (18,50 kg, 234 passades) front 8,9 % (20,34,kg, 369 passades) ; per altra banda el nombre de «outliers» és de 5,98 % outliers (14 sobre 234 passades) front 7,86 % (29 sobre 369 passades) en el cas de l'algorisme del capítol 4 i finalment ,però, l'error RMSE extrets els «outliers» és de 4,59 % (10,39 kg, 234 passades) front 0,66 % (1,50 kg, 345 passades).
Així doncs, la solució de xarxes neuronals davant algorismes que ajusten bé, a excepció de valors "outliers" extremadament dolents, no sembla adequada. Amb l'intent d'incorporar els valors "outliers" dins el grup de valors a aprendre, es sacrifica la precisió de la resta. Per altra banda, malgrat la precisió sigui semblant (sense excloure els "outliers"), l'exclusió de valors amb menor precisió sembla menys evident.

4.2.1.3 Discussió

El referent més proper de pesada dinàmica d'animals en granja correspon al de [Cveticanin, 2004]; en aquest treball, es realitzava la mesura de pes viu de vaques a la sortida de la sala de munyir. La plataforma de força era 0,8 m d'amplada per 2,3 m de llarga, amb una adquisició de dades de 100 S/s. Totes les vaques es van pesar amb un RMSE entorn a l'1% comparable als resultats obtingut en aquesta tesi per a les pesades correctes (pesades entre quartils). L'algorisme per al reconeixement del tram rellevant es recolzava en una mesura de pes viu anterior considerada com a correcte.
Altres treballs realitzats corresponen als de [Ren *et al.*, 1992] i [Peiper *et al.*, 1993]; en els esmentats es produeixen un percentatge de pesades errònies (error > 30 kg) entorn al 25 %, força superior a l'obtingut d'aplicar l'algorisme anterior i que disminueix quan les captures de senyal s'allarguen en el temps (taula 4.14). En el present treball, no s'ha usat una pesada anterior com a dada per a discriminar la correcte elecció del tram rellevant de mesura de pes donat que es tracta de moments de creixement i fisiologia diferents i poc comparables.
Altra forma alternativa de mesura de pes viu en dinàmic (sense aturar l'animal) correspon a la realitzada per [Wang *et al.*, 2008]. En aquest cas es realitzava l'estimació de pes viu mitjançant tractament d'imatge al pas de porcs d'engreix entre 14 i 123 kg; l'error mig quadràtic girava entorn al 3%.

4.2.2.- Discriminació en el gruix de greix dorsal

4.2.2.1 Resultats

El segon dels objectius principals que podria justificar l'ús de la plataforma de força en una granja de producció de garrins correspon a la discriminació en el *gruix de greix dorsal* de les verres. S'extreuen variables en el domini del temps del senyal filtrat segons (§3.3.3.7) amb filtres passabanda en intervals de freqüència entorn a la freqüència de vibració natural de la plataforma (10-20 Hz), entre aquesta i la freqüència de passa (2-10 Hz) i per sobre d'aquella (20-30 Hz). Aquestes variables es manifesten força correlacionades (§annex C), les qual s'analitzen en components principals per a poder ser introduïdes en xarxa neuronal.

Dels resultats de l'anàlisi de sensibilitat (eliminant component a component) per a la estimació del *gruix de greix dorsal*, exposats en la taula 4.16, s'observa que els components principals amb significació, per a les diferents bandes de freqüència, van lligats, fonamentalment, al *pes viu* introduït com a variable explicativa i molt poc degut als paràmetres de vibració de la plataforma (veure descripció dels components principals a l'annex C).

Taula 4.16 : Anàlisi de sensibilitat mitjançant xarxes neuronals (2 capes ocultes, 25% passades test) sobre la variable GD extraient cada cop un dels components principals. L'anàlisi s'ha realitzat a partir de 10 assaigos amb xarxa i comparant els valors d'error quadràtic mitg RMSE% (sobre dades estandaritzades) mitjançant el test de Mann-Withney.

	Entrant 2_10		Sortint 2_10		Entrant 10_20		Sortint 10_20		Entrant 20_30		Sortint 20_30	
	RMSE%	p	RMSE%	p	RMSE%	p	RMSE%	p	RMSE%	p	RMSE%	p
Totes	56,25	-	57,23	-	56,44	-	53,07	-	54,89	-	58,61	-
s/comp1	57,80	0,3527	60,86	0,5301	60,18	0,0482(*	50,39	0,3812	55,67	0,2028	54,13	0,7519
s/comp2	57,87	0,2727	59,66	0,4103	62,25	0,0411(*	54,63	0,2248	58,54	0,0868	59,60	0,2984
s/comp3	72,68	0,0003(**	84,71	0,0004(**	71,65	0,0063(*	74,61	0,0096(*	67,07	0,0012(**	64,91	0,0994
s/comp4	65,76	0,0096(*	50,69	0,7972	59,87	0,1450	54,82	0,2028	57,41	0,0562	57,89	0,4103
s/comp5	61,31	0,0755	54,91	0,8868	57,33	0,3527	55,78	0,2248	56,25	0,3251	56,21	0,6188
s/comp6	58,79	0,2727	58,29	0,4103	59,80	0,1132	51,93	0,7519	56,48	0,2481	58,00	0,4103
s/comp7	59,74	0,0653	61,26	0,2727	58,38	0,1822	59,89	0,0294(*	53,00	0,7273	59,69	0,3812
s/comp8	57,49	0,4399	56,00	0,7273	54,68	0,7519	55,77	0,1822	49,84	0,9652	57,02	0,5301
s/comp9	59,33	0,1132	56,65	0,7752	57,70	0,4399	59,04	0,0653	54,06	0,3527	60,33	0,2248
s/comp10	55,04	0,8716	48,73	0,9245	54,41	0,5301	61,00	0,0247(*	59,72	0,0247(*	50,27	0,9858
s/comp11	61,07	0,0653	59,92	0,4699	62,47	0,0482(*	64,70	0,0041(**	57,56	0,0562	59,93	0,3527
s/comp12	57,91	0,5301	-	-	57,83	0,2028	-	-	55,07	0,2248	-	-

Significacions en (p<0,05 i (** p<0,005*

L'error manifestat en les xarxes neuronal correspon al del valor estandaritzat de greix dorsal; l'error sense estandaritzar de les xarxes neuronals, estimant el *gruix de greix dorsal* a partir de tots els components principals per a les passades d'entrada i en la banda de freqüències entre 2 i 10 Hz, es descriu segons la taula 4.17.

Taula 4.17 : Distribució de l'error per a les xarxes neuronals que estimen el gruix de greix dorsal (GD) a partir de tots els components principals per a la banda de freqüències 2-10 Hz en les passades d'entrada

Mediana, mm	Error, mm	% RMSE	$Q_{25\%}$, mm	$Q_{75\%}$, mm	IQ, mm	%IQ/M
20,5	$-0{,}12 \cdot 10^{-3}$	14,75	-1,54	1,93	3,44	16,76

De l'ús de les xarxes neuronals com a funció discriminant sobre els percentils 25%, 50% i 75% de gruix de greix dorsal, s'obtenen les diferents taules de contingència i els valors de sensibilitat (SE) i especificitat (SP) que queden representats en els gràfics ROC de les figures 4.12 a 4.17. De la comparació de les diferents freqüències analitzades tan per a les passades d'entrada com de sortida, es destaca que existeix una millora en l'especificitat (menys falsos negatius) del percentil 25% per a la freqüència 20-30 Hz, respecte a les altres freqüències.

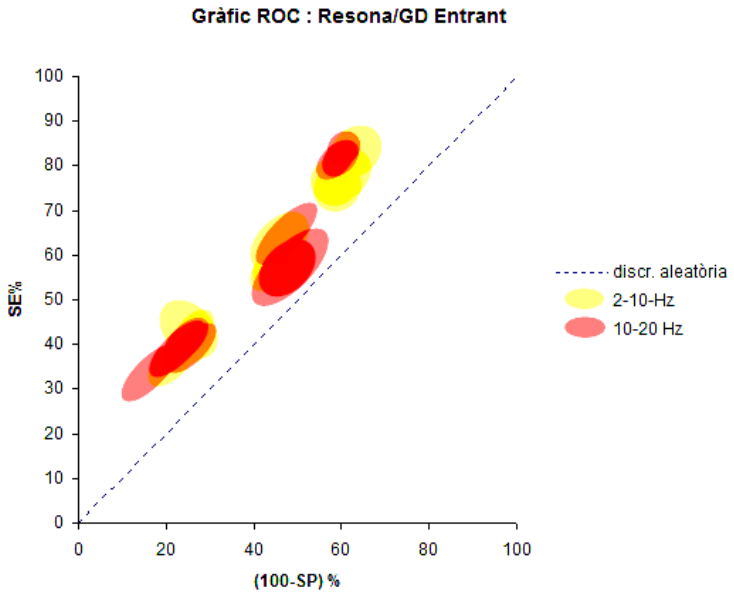


Figura 4.12 : Gràfic ROC resultant de les taules de contingència generades per les xarxes neuronals actuant com a funcions discriminants a partir de les característiques del senyal (§3.3.3.7) per a les bandes de freqüència (2-10 Hz) i (10-20 Hz) sobre la variable GD (de les passades entrant a parideres) agrupada segons el percentil 25 %, 50 % i 75 %.

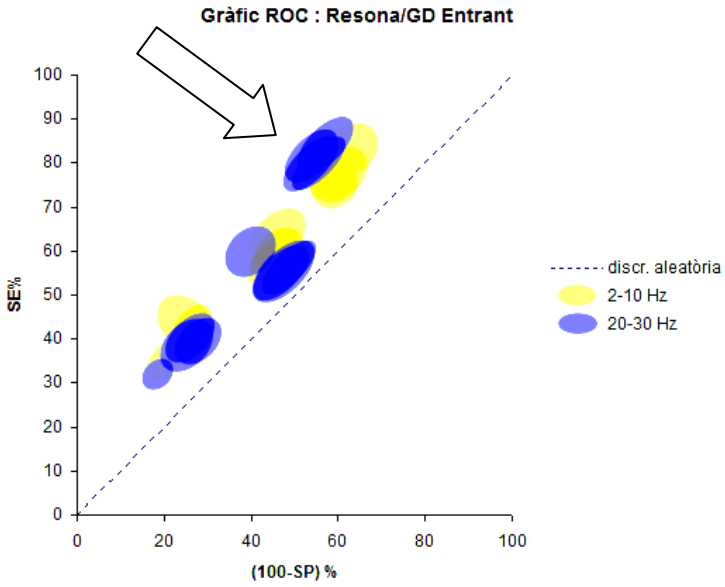


Figura 4.13 : Gràfic ROC resultant de les taules de contingència generades per les xarxes neuronals actuant com a funcions discriminants a partir de les característiques del senyal (§3.3.3.7) per a les bandes de freqüència (2-10 Hz) i (20-30 Hz) sobre la variable GD (de les passades entrant a parideres) agrupada segons el percentil 25 %, 50 % i 75 %.

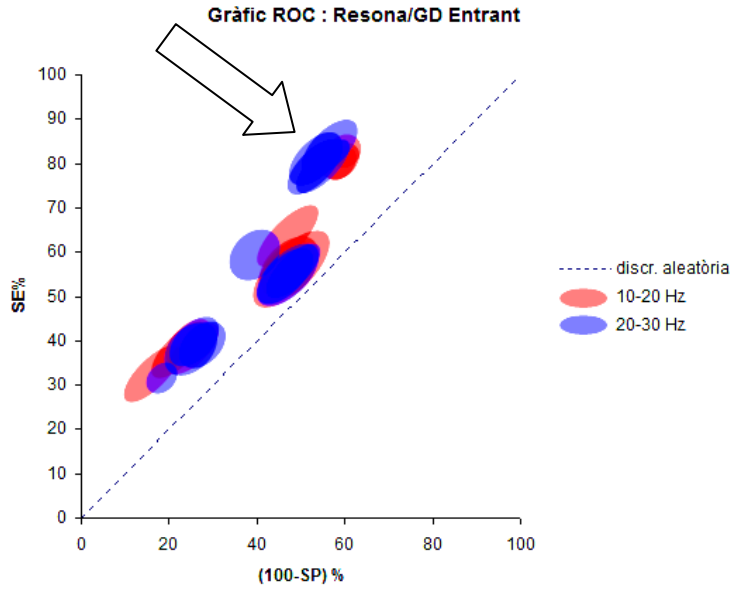


Figura 4.14 : Gràfic ROC resultant de les taules de contingència generades per les xarxes neuronals actuant com a funcions discriminants a partir de les característiques del senyal (§3.3.3.7) per a les bandes de freqüència (10-20 Hz) i (20-30 Hz) sobre la variable GD (de les passades entrant a parideres) agrupada segons el percentil 25 %, 50 % i 75 %.

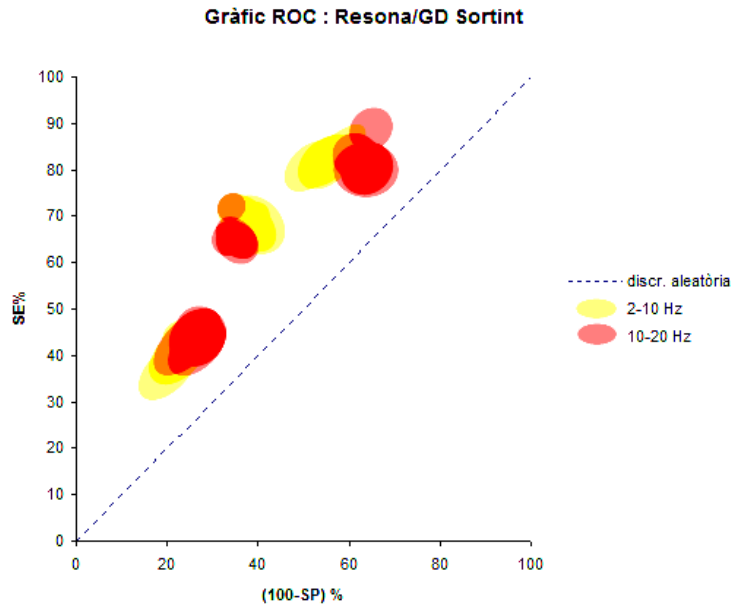


Figura 4.15 : Gràfic ROC resultant de les taules de contingència generades per les xarxes neuronals actuant com a funcions discriminants a partir de les característiques del senyal (§3.3.3.7) per a les bandes de freqüència (2-10 Hz) i (10-20 Hz) sobre la variable GD (de les passades sortint de parideres) agrupada segons el percentil 25 %, 50 % i 75 %.

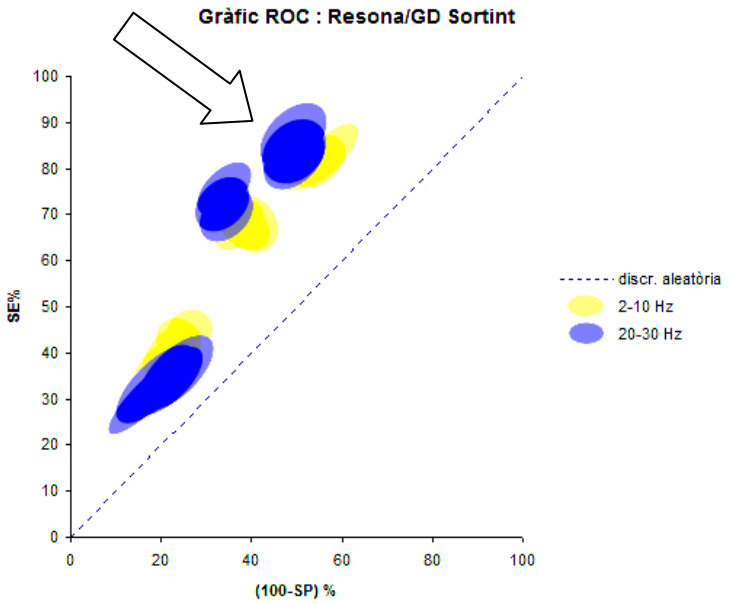


Figura 4.16 : Gràfic ROC resultant de les taules de contingència generades per les xarxes neuronals actuant com a funcions discriminants a partir de les característiques del senyal (§3.3.3.7) per a les bandes de freqüència (2-10 Hz) i (20-30 Hz) sobre la variable GD (de les passades sortint de parideres) agrupada segons el percentil 25 %, 50 % i 75 %.

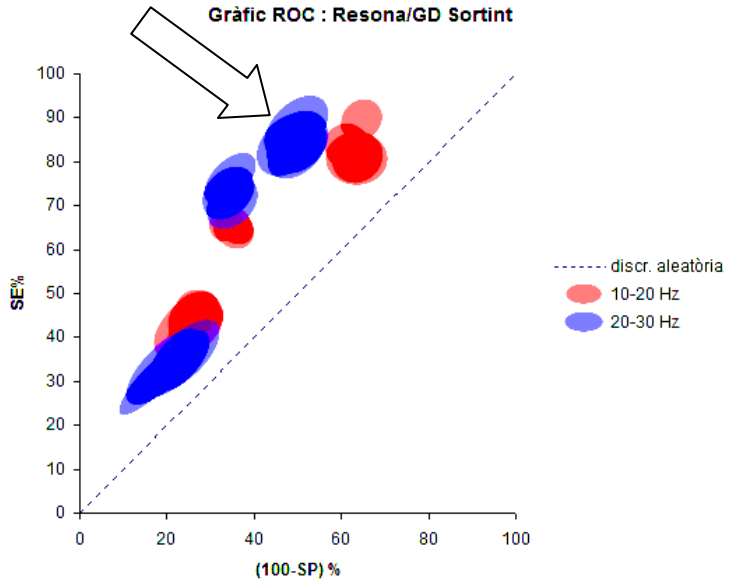


Figura 4.17 : Gràfic ROC resultant de les taules de contingència generades per les xarxes neuronals actuant com a funcions discriminants a partir de les característiques del senyal (§3.3.3.7) per a les bandes de freqüència (10-20 Hz) i (20-30 Hz) sobre la variable GD (de les passades sortint de parideres) agrupada segons el percentil 25 %, 50 % i 75 %.

Analitzant el model lineal complet (interaccions incloses) dels factors de *freqüència* (Freq), *percentil* (Perc) i *nombre d'iteracions* usats en la xarxa neuronal (Ite) sobre el terme d'*eficiència* en la discriminació de GD (E, encerts totals) s'observa que aquest és significatiu (taula 4.18)

Taula 4.18 : Significació del model lineal complet amb els factors de freqüència, percentil i iteracions sobre eficiencia de discriminació de GD

Residual standard error :	5,956	on 1044 DF
Multiple R-squared :	0,6249	
Adjusted R-squared:	0,6123	
F-statistic:	49,69	on 35 and 1044 DF
p-value:	2,20E-16	

La distribució de les mitjanes d'*eficiència* de les xarxes neuronals com a funcions discriminants de GD segons els factors de *freqüència*, *percentil* i *nombre d'iteracions* es veu reflexada en la figura 4.18.

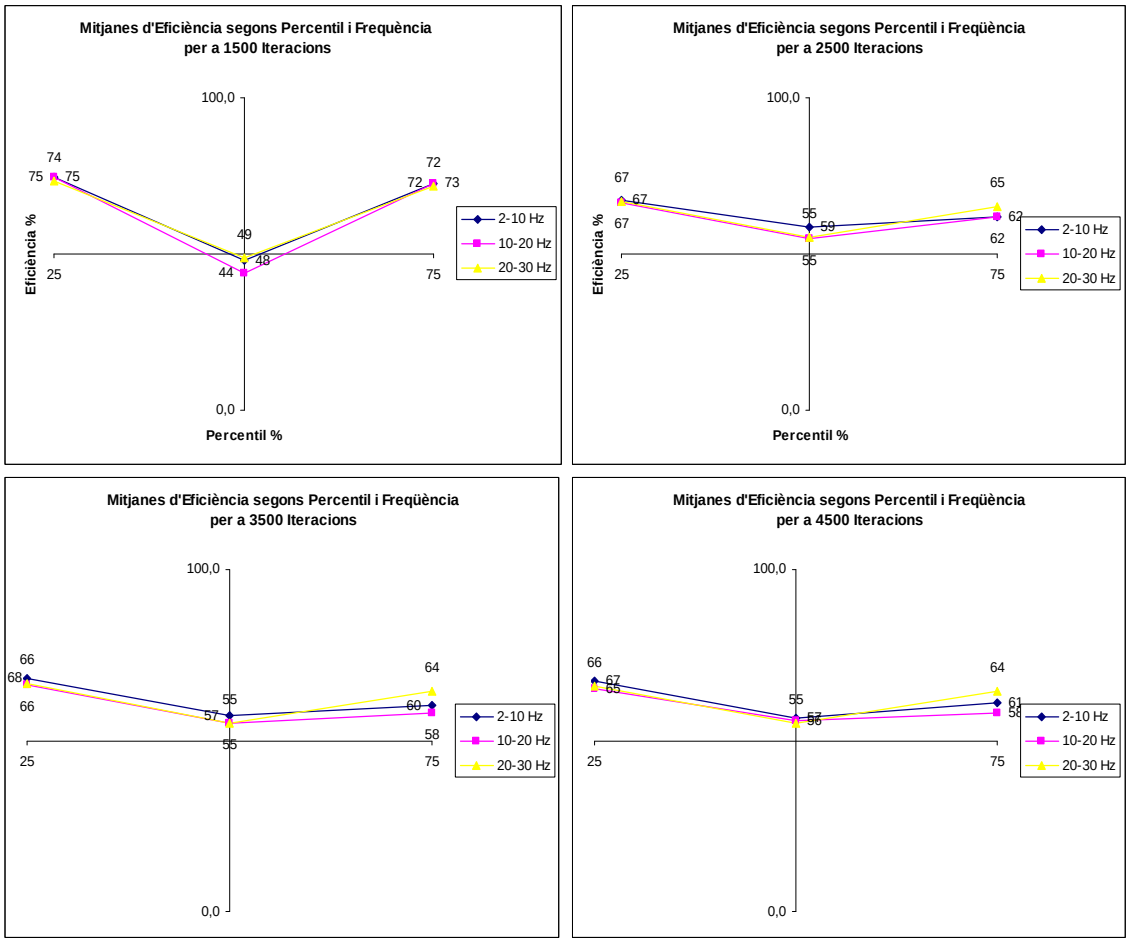


Figura 4.18 : Evolució de les mitjanes d'Eficiència de discriminació de GD segons el nombre d'Iteracions (1500, 2500, 3500 i 4500) per als factors de Percentil i Freqüència.

De la separació de mitjanes d'*eficiència*, mitjançant el contrast univariant de Tukey per al model lineal esmentat, s'observa significació en els factors de *percentil* i *iteracions* i, en canvi, per al de *freqüència* no (taula 4.19). El comportament de l'*eficiència* és semblant per a les diferents freqüències; en canvi, es diferencien significativament el *percentil* 50 % (Eficiència menor) i 1500 Iteracions (*eficiència* major). Malgrat tot, la pèrdua d'*eficiència* en conjunt a l'augmentar el *nombre d'iteracions* (sobre-entrenar) produeix una millora en l'*eficiència* per al *percentil* 50%.

Taula 4.19 : Separació de mitjanes d'Eficiència en la discriminació de GD mitjançant contrast univariant de Tukey sobre els factors de Percentil, Freqüència i Iteracions del model lineal complet.

	Estimate	Std, Error	t value	p value	
Freq: (10-20 Hz)-(2-10 Hz) ==0	$-7{,}90\cdot10^{-15}$	1,54	$-5{,}14\cdot10^{-15}$	1	
Freq: (20-30 Hz)-(2-10 Hz) ==0	-1,05	1,54	-0,682	0,495	
Freq: (20-30 Hz)-(10-20 Hz) ==0	-1,05	1,54	-0,682	0,495	
Perc: 50-25 ==0	-26,6	1,54	-17,289	$2{,}0\cdot10^{-16}$	***
Perc: 75-25 ==0	-2,03	1,54	-1,322	0,187	
Perc: 75-50 ==0	24,6	1,54	15,967	$2{,}0\cdot10^{-16}$	***
Ite: 2500-1500 ==0	-7,15	1,54	-4,653	$3{,}7\cdot10^{-6}$	***
Ite: 3500-1500 ==0	-6,42	1,54	-4,177	$3{,}2\cdot10^{-5}$	***
Ite: 4500-1500 ==0	-7,15	1,54	-4,653	$3{,}7\cdot10^{-6}$	***
Ite: 3500-2500 ==0	0,732	1,54	0,476	0,634	
Ite: 4500-2500 ==0	$6{,}22\cdot10^{-15}$	1,54	$4{,}04\cdot10^{-15}$	1	
Ite: 4500-3500 ==0	-0,732	1,54	-0,476	0,634	

*Significació : 0***, 0,001**, 0,01**

4.2.2.2 Discussió

Com a única referència trobada per a la discussió és la patent [Clark, 1989]. Es tracta d'una aplicació per a l'estimació de la condició corporal humana mitjançant la resposta en vibració de les masses toves de la persona sobre una petita plataforma de força. Es proposa amb el treball amb 3 categories en funció de la condició corporal. No existeix però cap més informació quantitativa amb la qual es pugui comparar els resultats obtinguts.

4.2.3. L'efecte resonant de la plataforma de força front Wlf i els resultats productius i reproductius

4.2.3.1 Resultats

A continuació s'exposen els resultats obtinguts de desenvolupar la metodologia desenvolupada en (§3.3.3.8) per la qual es pretén avaluar si l'efecte resonant dels sistema plataforma-verra és capaç d'explicar fins i tot més que no pas la pròpia Condició Corporal, per exemple, la capacitat productiva (Wl_f) i reproductiva (IDCF), tant en forma d'anàlisi de sensibilitat com anàlisi discriminant.
En la substitució de la variable GD per les variables associades a la vibració de la plataforma amb l'animal a sobre, per a les bandes de filtrat entorn a la freqüència natural de vibració de la plataforma (10-20 Hz), entre el límit superior de la freqüència de passa i la freqüència natural de vibració de plataforma (2-10 Hz) i per sobre d'aquesta (20-30 Hz), s'observa en la taula 4.20 que no es pot diferenciar l'error de les xarxes neuronals corresponents a l'esmentada substitució.

Taula 4.20 : Separació de mitjanes de RMSE% de l'estimació de Wlf; es compara condició corporal segons l'estat de l'art i ingesta amb la substitució de GD per les variables del senyal en diferents bandes de freqüència. Test de Mann-Whitney (N=30)

	RMSE%	(1	(2
Estat de l'art	45,3991	-	-
(10-20 Hz)	43,9700	0,6275	-
(2-10 Hz)	43,7893	0,5704	0,5588
(20-30 Hz)	47,0869	0,6386	0,4941

L'error real produït per les xarxes neuronals es descriu en la taula 4.21. Això suposa un interquartil (IQ) de 0,81 kg en l'estimació del pes del garrí.

Taula 4.21 : Distribució de l'error per a les xarxes neuronals que estimen l'increment de pes de la garrinada durant l'alletament (iWl) a partir de tots els components principals per a la banda de freqüències 2-10 Hz

Mediana, kg	$Error_{mediana}$, kg	% RMSE	$Q_{25\%}$, kg	$Q_{75\%}$, kg	IQ, kg	%IQ/M
56,38	$0{,}54 \cdot 10^{-1}$	15,80	-3,94	3,98	8,07	14,31

Comparant els diferents gràfics ROC de les figures 4.19 a 4.21, no s'observen diferències en la introducció de les variables corresponents a la vibració del sistema verra-plataforma per a les diferents bandes de freqüència; algunes de les el·lipses de concentració tallen la línia de discriminació aleatòria, pel que deixa en entredit la possible discriminació; juntament amb les consideracions fetes anteriorment, es valora que no aporten informació per a l'estimació del *pes de la garrinada a final d'alletament* (Wl_f) més enllà del que ho fan la *ingesta* (Ing) i el *pes viu* de la verra (W), introduïts en els components principals (§annex C)

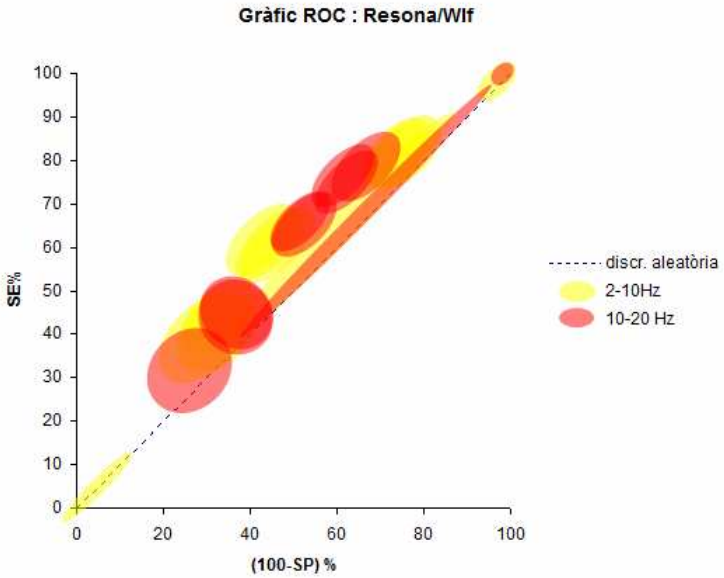


Figura 4.19 : Gràfic ROC resultant de les taules de contingència generades per les xarxes neuronals actuant com a funcions discriminants a partir de les característiques del senyal (§3.3.3.8) per a les bandes de freqüència (2-10 Hz) i (10-20 Hz) sobre la variable Wl agrupada segons el percentil 25 %, 50 % i 75 %.

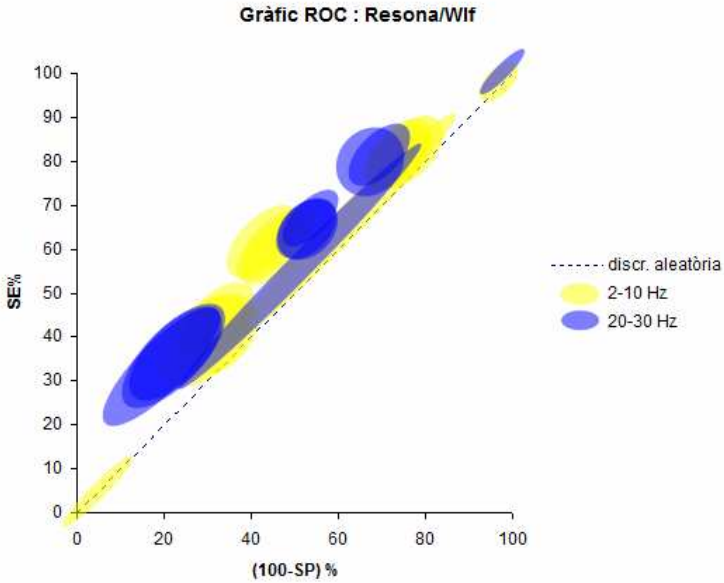


Figura 4.20 : Gràfic ROC resultant de les taules de contingència generades per les xarxes neuronals actuant com a funcions discriminants a partir de les característiques del senyal (§3.3.3.8) per a les bandes de freqüència (2-10 Hz) i (20-30 Hz) sobre la variable Wl agrupada segons el percentil 25 %, 50 % i 75 %.

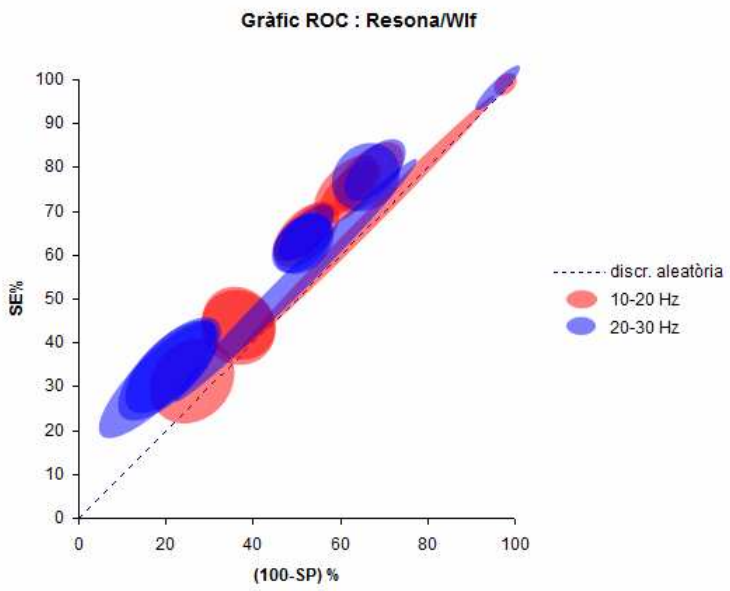


Figura 4.21 : Gràfic ROC resultant de les taules de contingència generades per les xarxes neuronals actuant com a funcions discriminants a partir de les característiques del senyal (§3.3.3.8) per a les bandes de freqüència (10-20 Hz) i (20-30 Hz) sobre la variable Wl agrupada segons el percentil 25 %, 50 % i 75 %.

Analitzant el model lineal complet (interaccions incloses) dels factors de *freqüència* (Freq), *percentil* (Perc) i *nombre d'iteracions* usats en les xarxes neuronals (Ite) sobre el terme d'*eficiència* en la discriminació de Wl_f (E, encerts totals) s'observa que aquest és significatiu (taula 4.22)

Taula 4.22 : Significació del model lineal complet amb els factors de freqüència, percentil i iteracions sobre eficiència (Wl)

Residual Standard error :	5,956	On 1044 DF
Multiple R-squared :	0,6249	
Adjusted R-squared	0,6123	
F-statistic:	49,69	On 35 and 1044 DF
p-value:	$2{,}20 \cdot 10^{-16}$	

La distribució de les mitjanes d'*eficiència* de les xarxes neuronals com a funcions discriminants de Wl_f segons els factors de *freqüència, percentil i nombre d'iteracions* es veu reflectida a la figura 4.22

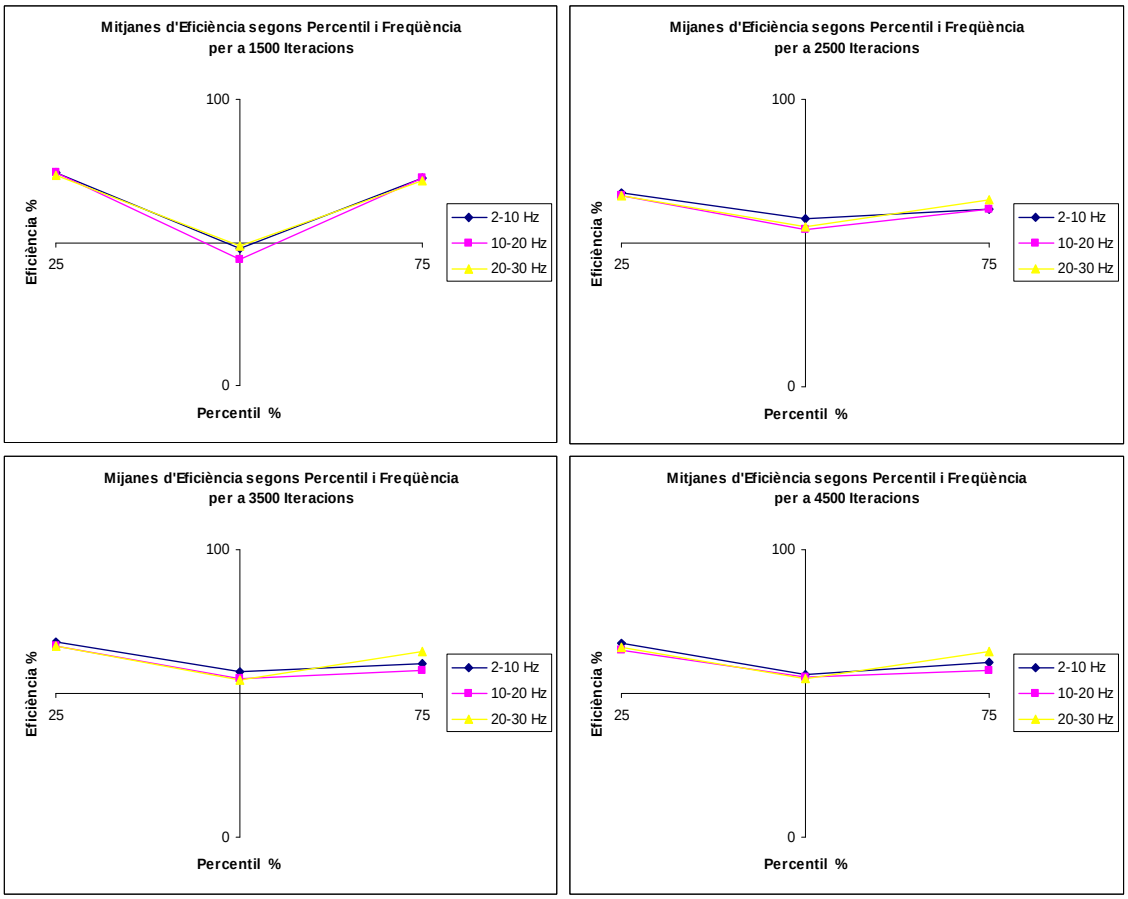


Figura 4.22 : Evolució de les mitjanes d'Eficiència de discriminació de iWl segons el nombre d'Iteracions (1500, 2500, 3500 i 4500) per als factors de Percentil i Freqüència

Igual que en el cas anterior, de la separació de mitjanes d'*eficiència* mitjançant el contrast univariant de Tukey per al model lineal esmentat, s'observa significació en els factors de *percentil* i *iteracions* i, en canvi, per al de Freqüència no (taula 4.23). També, el comportament de l'*eficiència* és semblant per a les diferents freqüències i es diferencien significativament el Percentil 50 % (*eficiència* menor) i 1500 iteracions (*eficiència* major). Malgrat tot, la pèrdua d'*eficiència* en conjunt, a l'augmentar el nombre d'*iteracions* (sobre-entrenar), produeix una millora en l'*eficiència* per al *percentil* 50%.

Taula 4.23 : Separació de mitjanes d'Eficiència en la discriminació de iWl mitjançant contrast univariant de Tukey sobre els factors de Percentil, Freqüència i Iteracions del model lineal complet.

	Estimate	Std, Error	t value	P value	
Freq: (10-20 Hz)-(2-10 Hz) ==0	$-1{,}88\cdot10^{-15}$	1,54	$-1{,}22\cdot10^{-15}$	1	
Freq: (20-30 Hz)-(2-10 Hz) ==0	-1,05	1,54	-0,682	0,495	
Freq: (20-30 Hz)-(10-20 Hz)==0	-1,05	1,54	-0,682	0,495	
Perc: 50-25 ==0	-26,6	1,54	-17,289	$2{,}0\cdot10^{-16}$	***
Perc: 75-25 ==0	-2,03	1,54	-1,322	0,187	
Perc: 75-50 ==0	24,6	1,54	15,967	$2{,}0\cdot10^{-16}$	***
Ite: 2500-1500 ==0	-7,15	1,54	-4,653	$3{,}7\cdot10^{-6}$	***
Ite: 3500-1500 ==0	-6,42	1,54	-4,177	$3{,}2\cdot10^{-5}$	***
Ite: 4500-1500 ==0	-7,15	1,54	-4,653	$3{,}7\cdot10^{-6}$	***
Ite: 3500-2500 ==0	0,732	1,54	0,476	0,634	
Ite: 4500-2500 ==0	$1{,}78\cdot10^{-15}$	1,54	$1{,}16\cdot10^{-15}$	1	
Ite: 4500-3500 ==0	-0,732	1,54	-0,476	0,634	

*Significació : 0***, 0,001**, 0,01**

Finalment, portant a terme el mateix tractament per a la variable observada *interval desalletament cubrició fèrtil* (IDCF) en la que s'ha considerat tan sols una sola manera d'agrupar les verres (IDCF < ò ≥ 10 dies), per al gràfic ROC (figura 4.23) s'observa que curiosament la banda de freqüències 2-10 Hz respecte a les altres situa la discriminació amb pocs falsos negatius (considerant positiu l'agrupament de verres amb IDCF ≥ 10 dies).

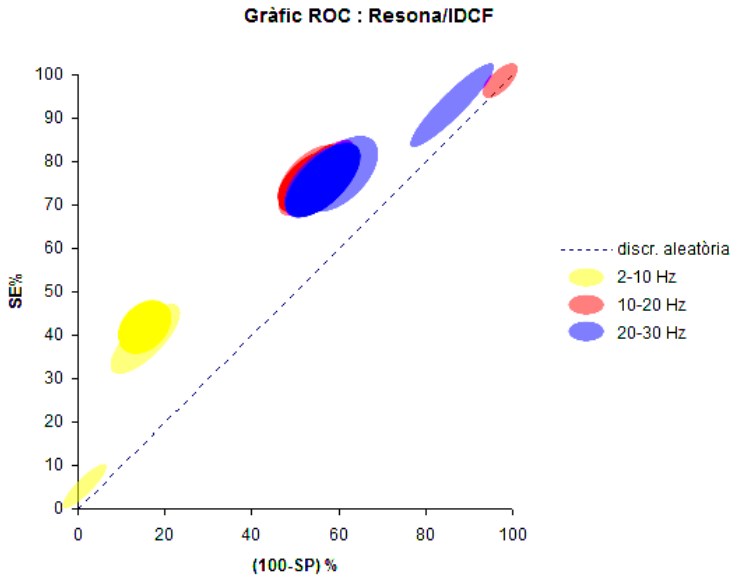


Figura 4.23 : Gràfic ROC resultant de les taules de contingència generades per les xarxes neuronals actuant com a funcions discriminants a partir de les característiques del senyal (§3.3.3.8) per a les bandes de freqüència (2-10 Hz), (10-20 Hz) i (20-30 Hz) sobre la variable IDCF agrupada segons en IDCF < 10 dies ò ≥10 dies.

En l'anàlisi d'Eficiència de la discriminació de IDCF, s'observa que les mitjanes d'Eficiència empitjoren amb el sobre-entrenament de les xarxes neuronals (figura 4.24) i es manté significativament alta (taula 4.25) per a les bandes de freqüència (2-10 Hz) i (10-20 Hz).

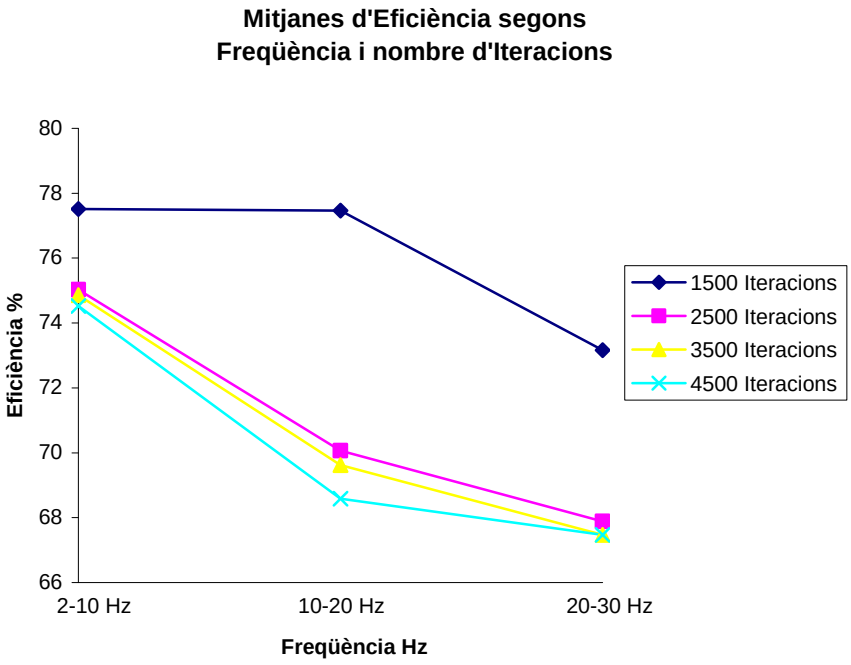


Figura 4.24 : Mitjanes d'Eficiència % en la discriminació de les agrupacions fetes sobre IDCF (<10 dies ò ≥10 dies) segons bandes de freqüència usades i nombre d'iteracions.

Taula 4.24 : Significació del model lineal complet amb els factors de freqüència i iteracions sobre eficiència (IDCF)

Residual standard error :	5,298	on 348 DF
Multiple R-squared :	0,3354	
Adjusted R-squared :	0,3144	
F-statistic:	15,97	on 11 and 348 DF
p-value	$2{,}2 \cdot 10^{-16}$	

Taula 4.25 : Separació de mitjanes d'Eficiència en la discriminació de IDCF mitjançant contrast univariant de Tukey sobre els factors de Freqüència i Iteracions del model lineal complet.

	Estimate	Std, error	t value	p value	
Freq (10-20 Hz)-(2-10 Hz) ==0	-0,04896	1,368	-0,036	0,97147	
Freq (20-30 Hz)-(2-10 Hz) == 0	-4,35058	1,368	-3,18	0,0016	**
Freq (20-30 Hz)-(10-20 Hz) == 0	-4,30161	1,368	-3,144	0,00181	**
Ite 2500-1500 == 0	-2,48588	1,368	-1,817	0,07005	,
Ite 3500-1500 == 0	-2,65537	1,368	-1,941	0,05306	,
Ite 4500-1500 == 0	-2,99435	1,368	-2,189	0,02927	*
Ite 3500-2500 == 0	-0,16949	1,368	-0,124	0,90147	
Ite 4500-2500 == 0	-0,50847	1,368	-0,372	0,71035	
Ite 4500-3500 == 0	-0,33898	1,368	-0,248	0,80444	

*Significació : 0***, 0,001**, 0,01**

4.2.3.2 Discussió

No s'han trobat antecedents comparables al present treball pel que la discussió queda restringida a plasmació dels resultats obtinguts anteriorment i les conclusions finals en el punt {§5}.

4.2.4. Anàlisi de la marxa

4.2.4.1 Resultats

El nombre de passades sobre la plataforma que es considera amb una continuïtat de la marxa suficient per a la seva anàlisi és de 281 passades (69 %). La resta de passades queden interrompudes tal i com s'observen en els vídeos, bàsicament degut al comportament neurofisiològic i, algunes, a la dificultat de les verres amb pitjors condicions de locomotricitat. De les passades en les que es realitza una anàlisi de la marxa sota les variables plantejades en el punt 3.3.4, s'observa que les mateixes tenen una certa correlació (taula 4.26), pel que caldrà usar distàncies com la de Mahalanobis per a l'agrupament ("clúster").

Taula 4.26 : Matriu de correlacions dels paràmetres usats per a l'anàlisi de la marxa

	Velocitat	Avanç/cicle	B/P	Amplada
Velocitat	1	0,613	0,08	-0,006
Avanç/cicle	0,613	1	0,024	0,068
B/P	0,08	0,024	1	-0,01
Amplada	-0,006	0,068	-0,01	1

Aplicant les tècniques d'agrupament "fuzzy" ("fuzzy clústering", exponent "fuzzy" m=1,3) descrites en el punt 3.3.4, s'avalua quins és el nombre de "clústers" més idoni per a caracteritzar els patrons de marxa de les diferents verres, entrant i sortint de parideres; el nombre d'agrupaments idoni és de **quatre** donat que la combinació dels índex FPI i NCE dóna els valors més baixos.

Taula 4.27 : Valor dels índex FPI i NCE en funció del nombre d'agrupacions

k	FPI	NCE
2	0,2026	0,0707
3	0,1615	0,0831
4	0,1371	0,0821
5	0,1458	0,0941

L'assignació de grup en l'anàlisi "clúster" per a cada passada de verra sobre la plataforma es troba descrit en l'annex D. Les mitjanes i desviacions típiques de cada grup queden descrites en la taula 4.28.

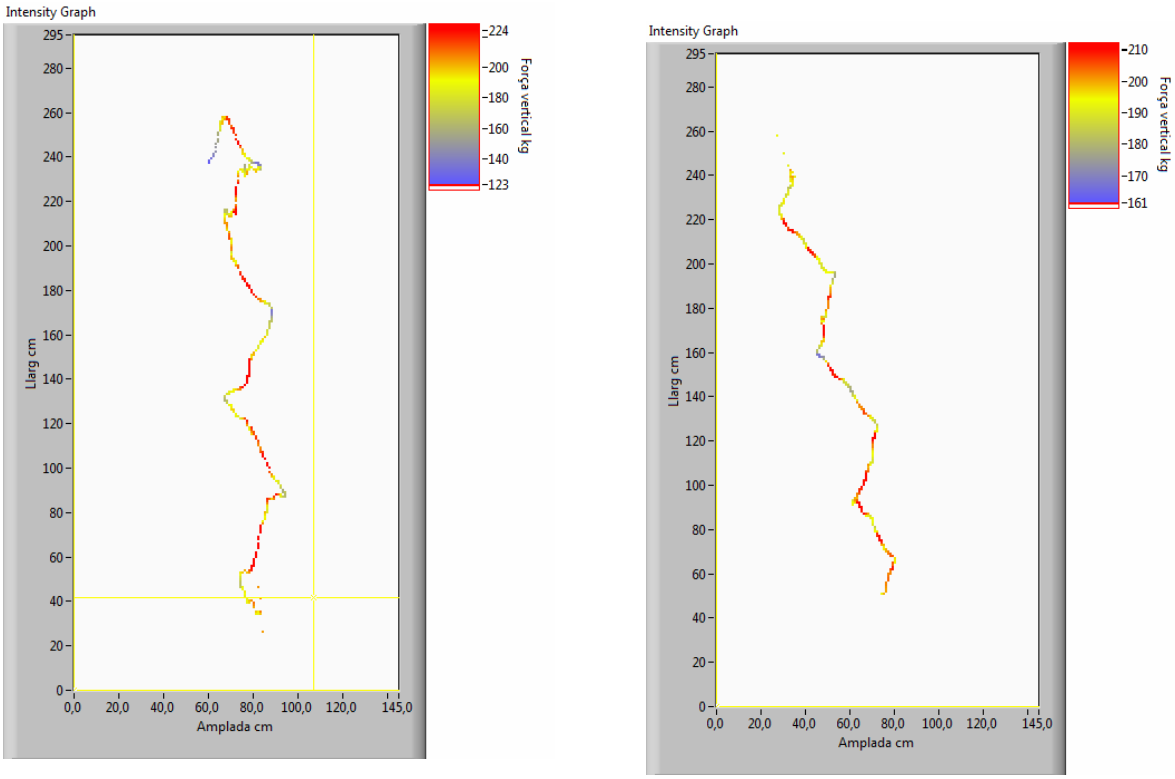
Taula 4.28 : Valors de mitjana, desviació típica i separació de cada grup en un "clúster" a 4 agrupacions

		Grup			
Variable	Estadístics	1	2	3	4
Amplada	**Mitjana**	20,44907[a]	23,64457[b]	18,68736[c]	15,58215[d]
	Desviació	3,948072	3,108554	3,544716	2,521767
Avanç/cicle:	**Mitjana**	79,31593[a]	64,32613[b]	82,72019[a]	62,96926[b]
	Desviació	14,293617	9,057632	10,97168	9,255636
B/P:	**Mitjana**	-0,001322115[ab]	0,06296078[a]	0,20364719[a]	-0,23671477[b]
	Desviació	0,309895	0,5073341	0,9113402	0,583901
Velo:	**Mitjana**	92,47719[a]	49,93779[b]	53,96482[b]	47,66137[b]
	Desviació	26,30354	11,54278	16,99712	13,70093

[a,b,c,d] Significació a 0,01 mitjançant contrast de Tukey

A partir de l'aplicació d'ANOVA per a observar diferències significatives entre grups i posterior separació de mitjanes mitjançant contrast de Tukey (annex D), es poden arribar a caracteritzar diferents patrons de marxa que es detallen a continuació :

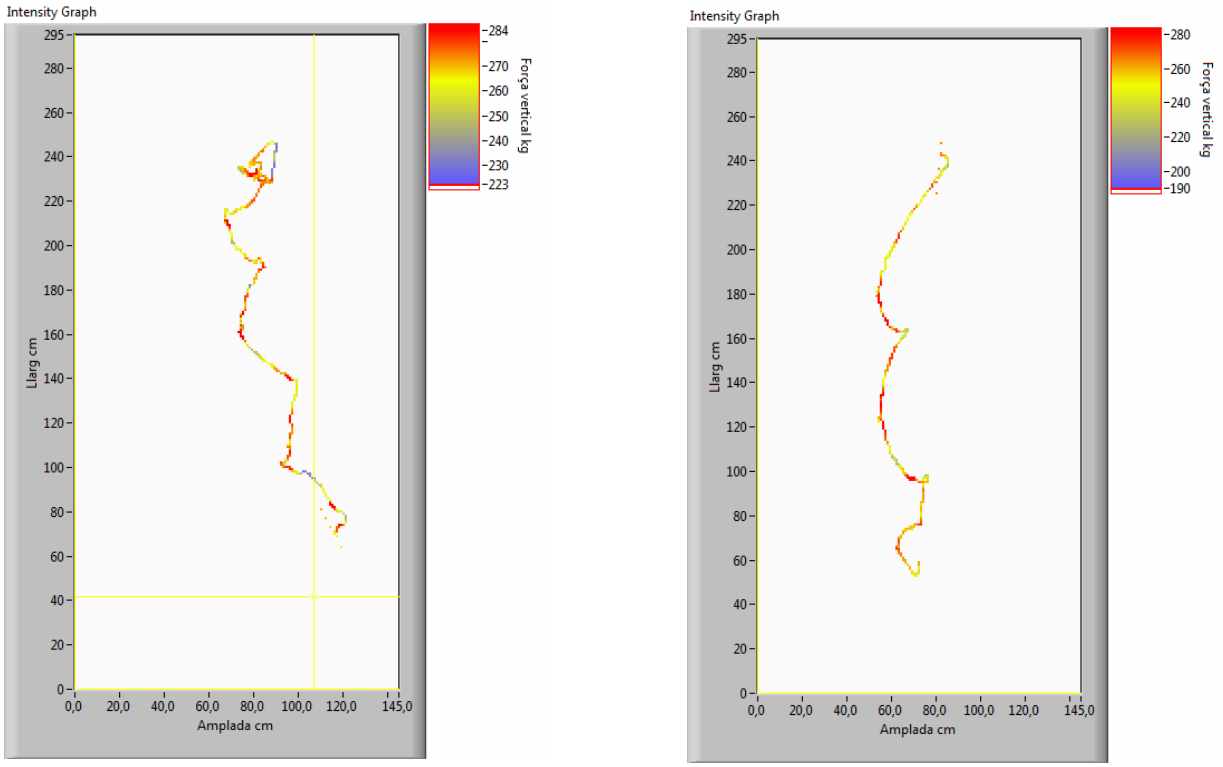
Patró 1.- Trajectòria del c.d.g. regular, equilibrada amb seqüència regular dels recolzaments sense diferenciar-se les quatre petjades per a les marxes més ràpides apropant-se a la marxa en trot. Aniria associada a una marxa amb ritme quasi en diagonal, és a dir, per una alternança de recolzament de les potes en diagonal, situant-se els màxims de força vertical propers a la línia de trajectòria de l'animal (figura 4.25). Per a les marxes més lentes dins aquest agrupament, s'observa la seqüència completa de les quatre potes sobre la trajectòria (figura 4.26). La posició dels màxims (petjades) es troba distribuïda dos a dos en cada sentit de l'oscil·lació entorn a la trajectòria. Destacar, en aquestes marxes, un balanç de l'impuls proper a zero i una gran amplada transversal del moviment del c.d.g. respecte d'eix de trajectòria. El percentatge de passades sobre plataforma que entren dins aquesta categoria és de 15% (43 passades); d'aquestes, un 70% (30 passades) es dóna a l'entrada a parideres.



Figures 4.25 i 4.26 : Posició instantània i força vertical del cdg de verres segons patró 1 (esquerra, pas ràpid) i patró 2 (dreta, pas lent).

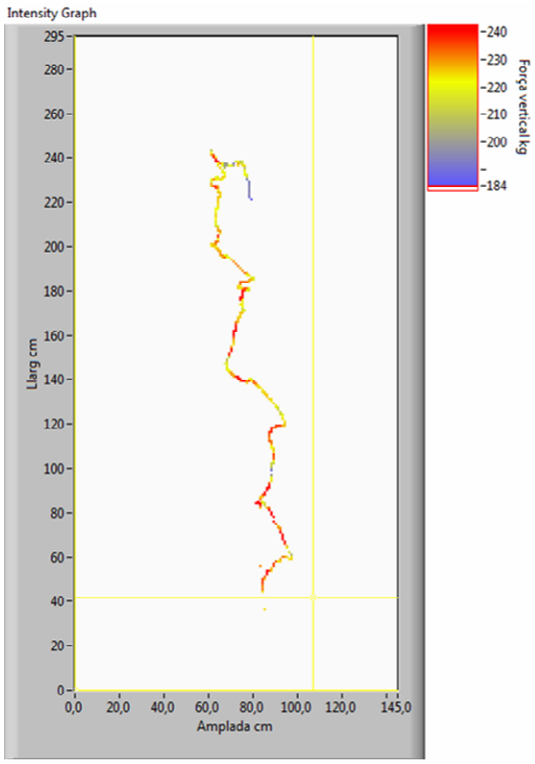
Patró 2.- Marxa associada a un pas lent amb una amplada de la traça del c.d.g i balanç de l'impuls comparable al patró 1 (annex D), però amb una velocitat i avanç per cicle significativament més petit (taula 4.28). S'interpreta que la locomotricitat es veu afectada més per un comportament neurofisiològic que purament fisiològic. El percentatge de passades sobre plataforma que entren dins aquesta categoria és de 33% (92 passades); d'aquestes, un 68% (63 passades) es dóna a l'entrada a parideres.

Patró 3.- Trajectòria amb seqüència irregular dels recolzaments. Malgrat els cicles gaudeixen d'un important avanç, la velocitat és relativament baixa i el balanç de l'impuls no queda equilibrat. El percentatge de passades sobre plataforma que entren dins aquesta categoria és de 19% (53 passades); d'aquestes, un 43% (23 passades) es dóna a l'entrada a parideres.



Figures 4.27 i 4.28 : Posició instantània i força vertical del cdg de verres segons patró 3 amb irregularitat de passa (esquerra) o desequilibri en l'impuls (dreta)

Patró 4.- Trajectòria irregular tant en la trajectòria del c.d.g. com de la seqüència de petjades (figura 4.29) Es caracteritza per un senyal de poca amplada de l'oscil·lació entorn a la trajectòria de l'animal amb freqüents tirabuixons de la trajectòria de c.d.g.. Tant la velocitat de desplaçament com l'avanç per cicle és relativament baix i el valor de balanç d'impuls desequilibrat. El percentatge de passades sobre plataforma que entren dins aquesta categoria és de 33% (93 passades); d'aquestes, un 42% (39 passades) es dóna a l'entrada a parideres.



Figures 4.29 : Posició instantània i força vertical del cdg de verres segons patró 4 caracteritzat per la irregularitat de passa, desequilibri en l'impuls i lentitud.

De les verres que s'obté una anàlisi de la marxa tant en l'entrada com la sortida de parideres (77 verres) s'observa que el 40 % (31 verres) de les mateixes empitjoren la seva marxa al pas per la plataforma. Es considera l'empitjorament com el pas del patró 1 ò 2 al patró 3 ò 4 de l'entrada a sortida de parideres respectivament.

4.2.4.2 Discussió

No s'ha trobat cap referència empírica d'agrupament d'individus segons l'anàlisi de la seva marxa. El referent més proper correspon [Tol *et al.*, 2003]. Aquest analitza la marxa de 9 vaques al pas sobre una matriu de sensors, instrumentació que sobrepassa els plantejaments de la present tesi. S'ha trobat, per altra banda, la patent de [Tasch et al., 2004] que tot i estar orientada al concepte de plataforma de força (8 cèl·lules de càrrega repartides en dues plataformes que separen el costat dret de l'esquerra) que es proposa en la present tesi, no existeix una exposició de resultats experimentals associats a la patent.

5

Conclusions

Segons la meta-anàlisi realitzada i coincidint amb els resultats obtinguts en granja, s'observa que la condició corporal, sense arribar a situacions extremes i per a lactacions curtes, no sembla incidir directament, tant en els resultats d'increment de pes dels garrins com en l'interval desalletament-detecció de zel. Cal entendre, doncs, que la plataforma de força, en les seves capacitats d'estimar el pes viu i valorar el greix dorsal, en cap cas seria una eina útil per a la previsió productiva i reproductiva. En canvi, aquella seria una bona eina per al diagnòstic en l'alimentació durant la gestació i alletament. Així doncs la seva introducció en granja tindria un efecte indirecte en l'observació de resultats immediats, pel cal considerar que aquest instrument no ser introduït mitjançant una forta inversió i en cap cas, ha d'incorporar més dedicació; cal entendre doncs que s'ha de tracta d'un dispositiu senzill i integrat tant al medi com a un sistema d'identificació i registre automatitzat.

En quant a l'estimació de *pes viu* (W) realitzat a partir del senyal sumat de la plataforma al pas de la verra, la dificultat rau en on retallar el senyal per a aquesta estimació, sobretot si la durada de captació del senyal és curta. A partir de l'exclusió de les estimacions errònies de pes viu ("outliers") es pot arribar a tenir una precisió acceptable (1,1 %RMSE). Es proposa com a millora una doble plataforma (a 6 ò 8 cèl·lules de càrrega), excloent les estimacions de pes viu amb valors dispars per a cadascuna de les plataformes; la doble plataforma suposaria, alhora, un avantatge en el temps de captura per a valorar la locomotricitat. L'ús de xarxes neuronals en l'estimació de pes, malgrat la disminució d'"outliers", ho fa a expenses de repartir l'error sobre les altres estimacions; no sembla interessant el seu ús per a l'estimació de pes.

Acceptada la mesura de pes viu, destriat correctament el tram rellevant on la verra es troba amb les quatre potes a sobre de la plataforma, no s'observa, per a les bandes de freqüència analitzades, una *estimació quantitativa del gruix de greix dorsal* (GD) en verres, més enllà de la pròpia corresponent a la correlació amb el pes viu. Per a la banda de freqüències 20-30 Hz, les variables extretes en el domini temps discriminen sensiblement millor GD en el percentil 25 % respecte a les bandes 2-10 Hz i 10-20 Hz. Es tracta d'una millora en especificitat, és a dir, menys falsos negatius sobre negatius o, el que és el mateix, situa menys verres amb més de 19 mm GD com si tingués menys de 19 mm GD. El senyal sense ser tractar mitjançant filtres passabanda difícilment es pot introduir en models biomecànics (tractament del *problema invers*) per a la deducció de masses de l'animal degut a la incidència del comportament neurofisiològic de l'animal (falta de regularitat de la marxa). Caldria considerar doncs que el senyal s'ha de filtrar amb "passabandes" a freqüències prou

allunyades de les passes de l'animal i de la freqüència natural de la plataforma. A futurs, l'estudi mitjançant acceleròmetres adherits sobre l'animal pot atinar amb més precisió aquest camp d'estudi.

No es pot afirmar que el senyal dinàmic de la plataforma aporti, més enllà del que aporta la *pèrdua de pes de la verra* i l'*ingesta diària*, informació que millori els resultats d'estimació en la producció (Wl_f) i reproducció (IDCF). En termes de discriminació de Wl_f, el senyal dinàmic tampoc aporta una millora significativa.

La darrera de les aplicacions per a la plataforma de força proposada correspon a l'anàlisi de la marxa. Es pot obtenir mitjançant el dispositiu simple de plataforma de força patrons de marxa diferenciables en qualitat. Cal dir,però, que s'ha de millorar la fiabilitat en la classificació a partir d'una millor integració en el medi tal que eviti un comportament neurofisiològic específic (parades i girs) en la zona de la mateixa plataforma. La possibilitat de classificar la marxa de les verres obre expectatives a la destria d'animals per a una millor renovació del parc en funció de la de longevitat de les verres.

6

Bibliografia

Algunes de les referències bibliogràfiques porten la marca **M:[-]**; aquests articles han estat analitzats per a l'estudi meta-analític del punt 3.3.1 i exclosos degut a la falta d'algunes de les variables quantitatives d'interès. La marca **M:[n]** correspon a aquelles referències del articles incloses en l'estudi; aquestes s'han numerat per a facilitar la edició de taules.

Alcover X. (2000) : "*Sistemas de pesaje*" Automàtica e Instrumentación 313 : 81-91

Alexander R.M. (1988) : "*Elastic mechanisms in animal movement*" Cambridge University Press pp

Arey D.S. and Edwards S.A. (1998) : "*Factors influencing aggression between sows after mixing and consequences for wellfare and production*" Livestock Production Science 56: 61 - 70

Ashruf C.M.A. (2002) : "*Thin flexible pressure sensors*" Sensor review 22: 322-327

Auldist D.E., Morrish L., Eason P. and King R.H. (1998) : "*The influence of litter size on milk production of sows*" Animal Science 67 : 333 – 337 **M:[-]**

Auldist D.E., Carlson D., Morrish L., Wakeford C.M. and King R.H. (2000) : "*The influence of suckling interval on milk production of sows*" Journal of Animal Science 78 : 2026 – 2031 **M:[-]**

Averette L.A., Odle J., Monaco M.H. and Donovan S.M. (1999) : "*Dietary fat during pregnacy and lactation increases milk fat and insuline-like growth factor I concentrations and improves neonatal growth rates in swine* " Journal of Nutrition 129 : 2123 – 2129 **M:[-]**

Azain M.J., Tomkins T., Sowinski J.S., Arentson R.A. and Jewel D.E. (1996) : "*Effect of supplemental pig milk replacer on litter performance: seasonal variation in response*" Journal of Animal Science 74 : 2195-2202 **M:[-]**

Baidoo S. K., Yang Q.M. and Walker R.D. (2003) : "*Effects of phytase on apparent digestibility of organic phosphorous and nutrients in maize soya bean meal based diets for sows*" Animal Feed Science and Technology 104 : 133-141 **M:[-]**

Bates R.O., Edwards D.B. and Kothals R.L. (2002) : "*Sow performance when housed either in groups with electronic sow feeders or stalls*" Livestock Production Science 79 : 29 -35

Barnett J.L., Hemsworth P.H., Cronin G.M., Jongman E.C. and Hutson G.D. (2001) : "*A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing*" Australian Journal of Agricultural Research 52 : 1-28

Belstra B.A., Diekman M.A., Richert B.T. and Singleton W.L. (2002) : "*Effects of lactation length and an exogenous progesterone and estradiol -17β regimen during embryo attachment on endogenous steroid concentrations and embryo survival in sows*" Theriogenology 57 : 2063 – 2081 **M:[1]**

Bernier J.F., Guimont H., Lachance Cloutier M., Belleau L. et Bergeron R. (2002) : "*Effet du rationnement alimentaire sur l'éppaiseur du gras dorsal chez la truie*" Eastern Nutrion Conference 17 pp, Université Laval, Canada

Blair R.M., Nichols D.A. and Davis D.L. (1994) : "*Electronic animal identification for controling feed delivery and detectin estrus in gilts and sows in outside pens*" Journal of Animal Science 72 : 891-898

Bowers K.A., Richert B.T., Kendall D.C., Cline T.R., DeCamp S.A., Lemenager K.M. and Ladd B.L. (1999) : "*Evaluating high oil corn for lactating sows*" Swine Day 20 - 25, Purdue University **M:[2]**

Brooks P.H. (2003) : "*Group housing of sows - the european experience*" London Swine Conference (april 2003) : 37-60

Cameron N.D., Kerr J.C., Garth G.B., Fenty R. and Peacock A. (2002) : "*Genetic and nutritional effects on lactation performance of gilts selected for components of efficient lean growth*" Animal Science 74 : 25 -38 **M:[3]**

Carrol C.M., Lynch P.B., Boland M.P., Spicer L.J., Austin F.H., Leonard N., Enright W.J. and Roche J.F. (1996) : "*The effects of food intake during lactation and postweaning on the reproductive performance and hormone and metabolite concentrations of primiparous sows*" Animal Science 63 : 297 – 306 **M:[4]**

Carvalho V.R.C., Bucklin R.A., Shearer J.K. and Shearer L. (2005) : "*Effects of trimming on dairy cattle hoof weight bearing and pressure distributions during the stance phase*" Transactions of ASAE 48 (4) : 1653- 1659

Castaing J. et Cambeilh (2001) : "*Effet de la granulométrie des aliments sur les performances et le comportement des truies en gestation-lactation*" Journées de Recherches Porcine 33 : 165-172 **M:[5]**

Caugant A., Roy H. et Dourmad J.Y. (1999) : "*Évolution des réserves corporelles chez la jeune truie et performances à la première mise-bas*" Journées de Recherches Porcine 31 : 1-7 **M:[-]**

Charette R., Bigras-Poulin M. and Martineau G.P. (1996) : "*Body condition evaluation in sows*" Livestock Production Science 46 : 107-115

Christon R., Lionet H., Racon B., Saminadin G., Gaudru L., Schaeffer B. et Cerneau P. (1998) : "*Effet d'une incorporation de lipides dans le régime de la truie en lactation, sur son niveau d'ingestion, ses performances et celles de sa portée*" Journées de Recherches Porcine 30 : 265-273 **M:[6]**

Christon R., Saminadin G., Lionet H. and Racon B. (1999) : "*Dietary fat and climate alter food intake, performance of lactating sows and their litters and fatty acid composition of milk*" Animal Science 69 : 353 – 365 **M:[-]**

Clark, Lloyd D (1984) : "*Dynamic measuring system for determining the amount of excess of body fat*" USA, Patent of Invention, 4831527

Clayton H.M. (2005) : "*The force plate : established technology, new applications*" The Veterinary Journal 169 : 15-16

Clowes E.J., Aherne and F.X., Foxcroft G.R. (1994) : "*Effect of delayed breeding on the endocrinology and fecundity of sows*" Journal of Animal Science 72 : 283-291 **M:[7]**

Clowes E.J., Kirkwood R., Cegielski A. and Aherne F.X. (2003) : "*Phase-feeding protein to gestating sows over three parities reduced nitrogen excretion without affecting sow performance*" Livestock Production Science 81 : 235-246 **M:[8]**

Clowes E.J., Aherne F.X., Foxcroft G.R. and Baracos V.E. (2003) : "*Selective protein loss in lactating sows is associated with reduced litter growth ond ovarian function*" Journal of Animal Science 81 : 753-764 **M:[9]**

Clowes E.J., Aherne F.X., Schaefer, Foxcroft G.R. and Baracos V.E. (2003) : "*Parturition body size and body protein loss during lactation influence performance during lactation and ovarian function at weaning in first parity sows*" Journal of Animal Science 81 : 1517-1528

Clowes E.J., Aherne F.X. and Baracos V.E. (2005) : "*Skeletal muscle protein mobilization during the progession of lactation*" American Journal of Physiology (Endocrinology and Metabolism) 288 : 564-572 **M:[-]**
Clowes E.J., Soltwedel K.T., Stahly T.S., Aherne F.X. and Pettigrew J.E. (2006) : "*Mobilization of body tissues in the lactating sow and associations with post-weaning fertility* " Extret el 22/6/2006 de http : //www.engormix.com/mobilization_of_body_tissues

Coffey R.D. (1999) : "*Assessing Sow Body Condition*" University of Kentucky, extret d'Internet a setembre de 2005 de http://www.ca.uky.edu

Coma J., Zimmerman D.R. and Carrion D. (1996) : "*Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a rapid response criterion*" Journal of Animal Science 74 : 1056-1062 **M:[-]**

Cuadras C.M. (1981) : "Métodos de análisis multivariante" Ed. Universitaria de Barcelona 639 pp

Cveticanin D. (2003) : "*New approach to the dynamic weighing of livestock*" Biosystems Engineering 86 : 247 - 252

Cveticanin D. and Wendl G. (2004) : "*Dynamic weighing of dairy cows : using a lumped-parameter model of cow walk*" Computers and Electronics in Agriculture 44 : 63 - 69

Cveticanin D. (2004) : "*Modelling and simulation of cow locomotion for dynamic weighing in modern dairy farming*" tesis per l'Universitat de Munich, no publicada

Danskeslagterier, National Committee for Pig Production (2000-2002) : "*Annual Repport*" 56 pp

Dean Boyd R., Castro G.C. and Cabrera R.A. (2002) : " *Nutrition and management of the sow to maximize lifetime productivity*" Advances in Pork Production 13 : 47-59

DeCoster L. (2004) : " *Meta-analysis Notes* " Extret el 15 de juny de 2006 de http : // www.stat-help.com/notes.html

DeRouchey J.M., Hancock J.D., Hines R.H., Cummings K.R., Lee D.J., Maloney C.A., Dean D.W., Park J.S. and Cao H. (2003) : "*Effects of dietary electrolyte balance on chemistry of blood and urine in lactating sows and sow litter performance* " Journal od Animal Science 81 : 3067-3074 **M:[10]**

Dimsoski P., Davis M.E. and Irvin K.M. (1998) : "*Backfat thickness in Yorkshire and LargeWhite sows*" 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Australia 4 pp **M:[-]**

Directiva 91/630 del 19 de novembre de 1991 "*relativa a las normas mínimas para la protección de cerdos*" DOCE 11/12/1991

Directiva 98/58 del 20 de juliol de 1998 "*relativa a la protección de animales en explotaciones ganaderas*" DOCE 8/8/1998

Directiva 2001/88 del 23 de octubre de 2001 "*relativa a las normas mínimas para la protección de cerdos*" DOCE 1/12/2001

Distl O. and Mair A. (1993) **:** "*Computerized analysis of pedobarometric forces in cattle at the ground surface/floor interface*" Computers and Electronics in Agriculture 8 : 237-250

Dourmad J.Y., Étienne M., Prunier A. and Noblet J. (1994) : "*Effect of energy and protein intake of sows on their longevity: a review*" Livestock Production Science 40 : 87-97

Dourmad J.Y., Étienne M. et Noblet J. (1996) : "*Reconstitution of body reserves in multiparous sows during pregnancy : effect of energy intake during pregnancy and mobilization during the previous lactation*" Journal of Animal Science 74 : 2211-2219

Dourmad J.Y., Noblet J. et Étienne M. (1996) : "*Effect of protein and lysine supply on performance, nitrogen balance and body composition changes of sows durin*$^{(b)}$*g lactation*" Journal of Animal Science 76 : 542-550

Dourmad J.Y., Étienne M. et Noblet J. (2001) : "*Mesurer l'épaisseur de lard dorsal des truies pour définir leurs programmes alimentaires*" Productions animales 14(1) : 41-50

Duin R.P.W. (2000) : "*Learned from neural networks* " Proc. ASCI 2000 : 6th Annual Conference of the Advance School for Computing and Imaging : 9-13 p

Eggert J.M., Belstra B.A., Richert B.T. and Schinckel A.P. (1998) : "*Total Backfat and individual layer changes of primiparous sows during late gestation and lactation*" Swine Day 65- 74, Purdue University **M:[-]**

Eissen J.J., Kanis E. and Kemp B. (2000) : "*Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation*" Livestock Production Science 64 : 147 - 165

Eissen J.J., Apeldoorn E.J., Kanis E., Verstegen M.W.A. and De Greef K.H. (2003) : "*The importance of a high feed intake during lactation of primiparous sows nursing large litters*" Journal of Animal Science 81 : 594-603 **M:[-]**

Ellis M., Fowler V.R., Franklin M.F., Wood J.D. and Varley M.A. (1996) : "*The influence of feeding regimen and lactation length on growth, carcass characteristics and meal quality of once-bred gilts*" Animal Science 62 : 561 - 571

Engblom L., Lundeheim N., Dalin A. and Andersson K. (2007) : "*Sow removal in Swedish commercial herds*" Livestock Science 106 : 76 - 86

Estienne M.J., Harper A.F., Kozink D.M. and Knight J.W. (2003) : "*Serum and milk concentrations of leptin in gilts fed a high or low energy diet during gestation*" Animal Reproduction Science 75 : 95-105

Étienne M., Noblet J., Dourmad J.Y. et Castaing J. (1999) : "*Association de parois végétales et de graisses dans le régime de lactation des truies*" Journeés de Recherche Porcine 31 : 199-205 **M:[-]**

Étienne M., Legault C., Dourmad J.Y. et Noblet J. (2000) : "*Production laitière de la truie : estimation, composition, facteurs de variation et évolution*" Journées de Recherche Porcine 32 : 253-264

Everts H. and Dekker R.A. (1995) : "*Effect of protein supply during pregnancy and lactation on body composition of sows during three reproductive cycles*" Livestock Production Science 43 : 137-147 **M:[-]**

Farmer C., Robert S. and Matte J.J. (1996) : "*Lactation performance of sows fed a bulky diet during gestation and receiving growth hormone-releasing factor during lactation*" Journal of Animal Science 74 : 1298-1306 **M:[-]**

Farmer C., Sorensen M.T., Robert S. and Petitclerc D. (1999) : "*Administering exogenous porcine prolactin to lactating sows : milk yield, mammary gland composition, endocrine and behavioral response*" Journal of Animal Science 77 : 1851-1859 **M:[-]**

Fawcet T. (2006) **:** "*An introduction to ROC analysis*" Pattern Recognition Letters 27 : 861 - 874

Fridgen J.J., Kitchen N.R., Sudduth K.A., Drummond S.T., Wiebold W.J. and Fraisse C.W. (2004) : "*Management Zone Analyst (MZA) : software for subfield management zone delineation* " Agronomy Journal 96 : 100-108

Frost F. And Karri V. (1999) : "*Determining the influence of input parameters on BP neural network output error using sensitivity analysis*" En B. Verma, H. Selvaraj, A Calvalho and X. Yao (eds.) Proc. of 3th International Conf. on Computational Intelligence and Multimedia Applications : 45-49

Gates R.S., Turner L.W. and Usry J.L. (1995) : "*Automated weighing of group housed growing finishing swine*" Transactions of ASAE 38 : 1479 - 1486

Gatlin L.A., Odle J., Soede J. and Hansen J.A. (2002) : "*Dietary medium or long chain triglycerides improve body condition of lean genotype sows and increase suckling pig growth*" Journal of Animal Science 80 : 38-44 **M:[-]**

Gaughan J.B., Cameron R.D.A., Dryden G.M. and Josey M.J. (1995) : "*Effect of selection for leanness on overall reproductive performance in Large White sows*" Animal Science 61 : 561-564 **M:[-]**

Genest M. and D'Allaire S. (1995) : "*Feeding strategies during lactation period for first parity sows*" Canadian Journal of Animal Science 75 : 461-467 **M:[-]**

Gill B.P. (2006) : "*Body composition of breeding gilts in response to dietary protein and energy balance from thirty kilograms of body weight to completion of first parity*" Journal of Animal Science 84 : 1926 - 1934

Goetz M. and Troxler J. (1995) : "*Group housing of sows during farrowing and lactation*" Transactions of ASAE 38 : 1495 - 1500

Gourdine J.L., Bidanel J.P., Noblet J. and Renaudeau D. (2006) : "*Effects of breed and season on performance of lactating sows in a tropical humid climate* " Journal of Animal Science 84 : 360-369 **M:[11]**

Grandhi R.R. (1997) : "*Effects of selection for lower backfat and increased dietary lysine level to digestible energy with supplemental threonine and methionine on lactation performance of Yorkshire and Hampshire sows*" Canadian Journal of Animal Science 77 : 479 – 485 **M:[12]**

Grandhi R.R. (2002) : "*Effect of dietary methionine to lysine ratio on lactation performance of first and second parity Yorkshire and Hampshire lean genotype sows*" Canadian Journal of Animal Science 82 : 173 – 181 **M:[13]**

Grandinson K., Rythmer L., Strandberg E. and Solanes F.X. (2005) : "*Genetic analyses of body condition in the sow during lactation and its relation to piglet survival and growth*" Animal Science 80 : 33-40 **M:[-]**

Guedes R.M.C. and Nogueira R.H.G. (2001) : "*The influence of parity order and body condition and serum hormones on weaning to estrus interval of sows*" Animal Reproduction Science 67 : 91 – 99 **M:[-]**

Holt J.P., Johnston L.J., Baidoo S.K. and Shurson G.C. (2006) : "*Effects of a high fiber diet and frequent feeding on behaviour, reproductive performance and nutrient digestibilty in gestating sows* " Journal of Animal Science 84 : 946 – 955 **M:[14]**

Honeyman M.S. and Kent D. (1999) : "*Sow and litter performance for two genotypes in crated and group gestation systems*" ASL-R 676 Management/Economics : 136 - 141, Iowa State University **M:[-]**

Hulbert L.E. and Mc Glone J.J. (2006) : "*Evaluation of drop versus trickle feeding systems for crated or group penned gestating sows* " Journal of Animal Science 84 : 1004-1014 **M:[-]**

Hultén F., Valros A., Rundgren M. and Einarsson S. (2002) : "*Reproductive endocrinology and postweaning performance in the multiparous sows. Influence of metabolic status during lactation*" Theriogenology 58 : 1503 – 1517 **M:[-]**

Hultén F., Valros A., Rundgren M. and Einarsson S. (2002) : "*Reproductive endocrinology and postweaning performance in the multiparous sows. Influence of nursing behaviour*" Theriogenology 58 : 1519 – 1530 **M:[-]**

Hurkmans H.L.P., Bussmann J.B.J., Benda E., Verhaar J.A.N. and Stam H.J. (2003) : "*Techniques for measuring weight bearing during standing and walking*" Clinical Biomechanics 18 : 576-589

Ilsley S.E., Miller H.M., Greathead H.M.R., and Kamel C. (2003) : "*Plant extracts as supplements for lactating sows : effects on piglet performance, sow food intake and diet digestibility" Animal Science 77 : 247 – 254* **M:[-]**

Ji F., Wu G., Blanton J.R. and Kim S.W. (2005) : "*Changes in weight and composition in various tissues of pregnant gilts and their nutritional implications* " Journal of Animal Science 83 : 366 - 375

Johnston L.J., Ellis M., Libal G.W., Mayrose V.B., Weldon W.C. and NCR Committee on Hurkmans H.L.P. (2003) : "*Techniques for measuring weight bearing during standing and walking*" Clinical biomechanics 18 : 576-589 **M:[15]**

Jones D.B. and Stahly T.S. (1999) : "*Impact of aminoacid nutrition during lactation on luteinizing hormone secretion and return to estrus in primiparous sows*" Journal of Animal Science 77 : 1523 – 1531 **M:[16]**

Jones G.M., Edwards S.A., Sinclair A.G., Gebbie F.E., Rooke J.A., Jagger S. and Hoste (2002) : "*The effect of the maize starch or soya-bean oil as energy sources in lactation on sow and piglet performance in association with sow metabolic state around peak lactation*" Animal Science 75 : 57-66 **M:[-]**

Kallin L. : "Receiver Operating Characteristic (ROC) Analysis" Umea University (Suècia), extret d'Internet a Octubre de 2007 de http : // www.umu.se

Kelley R.L., Jungst S.B., Spencer T.E., Owsley W.F., Rahe C.H. and Mulvaney D.R. (1995) : "*Maternal treatment with somatotropin alters embryonic development and early postnatal growth of pigs*" Domestic Animal Endocrinology 12 : 83 – 94 **M:[-]**

Kerr J.C. and Cameron N.D. (1996) : "*Responses in gilt postfarrowing traits and preweaning piglet growth to divergent selection for components of efficient lean growth rate*" Animal Science 63 : 523-531 **M:[17]**

Kim S.W. and Easter R.A. (2001) : "*Nutrient mobilization from body tissues as influenced by litter size in lactation sows* " Journal of Animal Science 79 : 2179 - 2186

King R.H., Mullan B.P., Dunshea F.R. and Dove H. (1997) : "*The influence of piglet body weight on milk production of sows*" Livestock Production Science 47 : 169 -174 **M:[-]**

Kirk R.K., Svensmark B., Ellegaard P. And Jensen H.E (2005) : "Locomotive disorders associated with sow mortality in danish pig herds" Journal of Veterinary Medicine 52 : 423-428

Kirk R.K., Jorgensen B. and Jensen H.E. (2008) : "*The impact of elbow and knee joint lesions on abnormal gait and posture of sows*" Acta Veterinaria Scandinavica 50: 5

Knabe D.A., Brendemuhl J.H., Chiba L.I. and Dove C.R. (1996) : "*Supplemental lysine for sows nursing large litters*" Journal of Animal Science 74 : 1635-1640 **M:[18]**

Koketsu Y., Dial G.D., Pettigrew J.E, Marsh W.E. and King V.L. [(b)] (1996) : "*Characterization of feed intake patterns during lactation in commercial swine herds*" Journal of Animal Science 74 : 1202-1210 **M:[-]**

Koketsu Y., Dial G.D., Pettigrew J.E, Xue J.L., Yang H. and Lucia T. (1998) : "*Influence of lactation length and feed intake on reproductive performance and blood concentrations of glucose, insulin and luteinizing hormone in primiparous sows*" Animal Reproduction Science 52 : 153-163 **M:[19]**

Kongsted A.G. (2005) : "*A review of the effect of energy intake on pregnancy rate and litter size discussed in relation to group housed non lactating sows*" Livestock Production Science

Kuller W. I., Soede N. M., van Beers-Schreurs H. M. G., Langendijk P., Taverne M. A. M., Verheijden J.H.M. and Kemp B. (2004) : "*Intermitent suckling : effects on piglet and sow performance before and after weaning* " Journal of Animal Science 82 : 405 – 413 **M:[-]**

Kusina J., Pettigrew J.E., Sower A.F., White M.E., Crooker B.A. and Hathaway M.R. (1999) : "*Effect of protein intake during gestation and lactation on the lactational performance of primiparous sows*" Journal of Animal Science 77 : 931-941 **M:[20]**

Libal G.W. (2001) : "*Effect of body fat measurement at breeding and gestation energy level on farrowing and lactation performance of first parity sows*" Swine : 7 -15 , South Dakota State University **M:[21]**

Libal G.W. (2001) : "*Effect of gestation gain on lactation performance and return to estrus of first parity sows*" Swine : 1 - 6 , South Dakota State University **M:[22]**

Lindemann M.D., Wood C.M., Harper A.F., Kornegay E.T. and Anderson R.A. (1995) : "*Dietary chromium picolinate additions improve gain:feed and carcass characteristics in growing finishing pigs and increase litter size in reproducing sows*" Journal of Animal Science 73 : 457-465 **M:[-]**

Lund K. (2002) : "*Welfare review of alternatives to gestation stalls*" Alberta Agriculture Food and Rural Development 13 pp

Maes D.G.D., Janssens G.P.J., Delputte P., Lammertyn A. and De Kruif A. (2004) : "*Backfat measurements in sows from three commercialpig herds : relationship with reproductive efficiency and correlation with visual body condition scores*" Livestock Production Science 91 : 57-67

Mahan D.C. and Kim Y.Y. (1996) : "*Effect of inorganic or organic selenium at two dietary levels on reproductive performance and tissue selenium concentrations in first parity gilts and their progeny* " Journal of Animal Science 74 : 2711-2718 **M:[23]**

Mahan D.C. (1998) : "*Relationship of gestation protein and feed intake over a five parity period using a high producing sow genotype*" Journal of Animal Science 76 : 533-541 **M:[24]**

Mahan D.C., Kim Y.Y. and Stuart R.L. (2000) : "*Effect of vitamin E sources and levels on sows repoductive performance, serum, tissue and milk α-tocopherol contents over five parity period and the effects on the progeny*" Journal of Animal Science 78 : 110-119 **M:[25]**

Mansfield N.J., Holmlund P.,, Lundström R., Lenzuni P. and Nataletti P. (2006) : "*Effect of vibration magnitude, vibration spectrum and muscle tension on apparent mass and cross axis transfer functions during whole –body vibration exposure*" Journal of Biomechanics 39 : 3062 - 3070

Mansfield N.J. and Lundström R. (1999) : "*The apparent mass of the human body exposed to non-orthogonal horizontal vibration*" Journal of Biomechanics 32 : 1269 - 1278

Mao J. and Foxcroft G.R. (1998) : "*Progesterone therapy during early pregnancy and embyonal survival in primiparous weaned sows*" Journal of Animal Science 76 : 1922 – 1928 **M:[26]**

Mao J., Zak J., Cosgrove J.R., Shostak S. and Foxcroft G.R. (1999) : "*Reproductive, metabolic and endocrine responses to feed restriction and GnRH treatment in primiparous lactating sows*" Journal of Animal Science 77 : 725-735 **M:[27]**

Mazurowski M.A. and Szecówka P.M. (2006) : "*Limitations of sensitivity analysis for neural networks in cases with dependent inputs* " IEEE International Conference on Computational Cybernetics 2006 : 1-5

McNamara J.P. and Pettigrew J.E. (2002) : "*Protein and fat utilization in lactating sows I : Effects on milk production and body composition"* Journal of Animal Science 80 : 2442-2451

McNamara J.P. and Pettigrew J.E. (2002) : "*Protein and fat utilization in lactating sows II : Challenging behaviour of a model of metabolism"* Journal of Animal Science 80 : 2452-2460 **M:[-]**

McGlone J.J., Vines B., Rudine A.C. and Dubois P. (2004) : "*The physical size of gestating sows* " Journal of Animal Science 82 : 2421 - 2427

McGlone J.J., Borell H.V., Deen J., Johnson A.K., Levis D.G., Meunier-Salaün M.,Morrow J., Reeves D., Salak-Johnson J.L. and Sunberg P.L. (2004) : "*Review : compilation of scientific literature comparing housing systems for gestating sows and gilts using measures of physiology, behaviour, performance and health*" Professional Animals Scientist 20 : 105-117

Mejia-Guadarrama C.A., Pasquier A., Dourmad J.Y., Prunier A. et Quesnel H. (2003) : "*Les conséquences métaboliques et reproductives d'un rationnement protéique pendant la lactation variant-elles selon le poids vif des truies à la mise-bas*" Journées de la Recherche Porcine 35 : 141-148 **M:[28]**

Merck&CO., Inc. (2006) : "*The Merck Veterinary Manual*" (Consultat Juliol del 2007) Disponible a internet : http://www.merckvetmanual.com

Meunier-Salaün M.C., Courboulay V., Père M.C., Pol F. and Quesnel H. (2002) : "*Elevage des truies gestantes en groupe : acquis et perspective de recherches*" Journées de la Recherche Porcine 34 : 239 - 247

Miller H.M., Foxcroft G.R. and Aherne F.X. (2000) : "*Increasing food intake in late gestation improved sow condition throughout lactation but did not affect piglet viability or growth rate*" Animal Science 71 : 141-148 **M:[29]**

Moeller S.J. and Christian L.L. (1998) : "*Evaluation of the accuracy of real-time ultrasonic measurements of backfat and loin muscle area in swine using multiple statistical analysis procedures* " Journal of Animal Science 76 : 2503-2514

Moeller S.J. (2002) : "*Evolution and use of ultrasonic technology in swine industry* " Journal of Animal Science 80 : E19- E27

Moeller S.J., Goodwin, R.N., Johnson R.K., Mabry J.W., Baas T.J. and Robison O.W. (2004) : "*The national pork producers council maternal line national genetic evaluation program : a comparison of six maternal genetics lines for female productivity measures over four parities*" Journal of Animal Science 82 : 41-53 **M:[30]**

Montaño Moreno J.J. (2002) **: "***Redes neuronales artificiales aplicadas al análisis de datos***"** tesis doctoral, Universitat de les Illes Balears

Moser S.A., Tokach M.D., Dritz S.S., Goodband R.D., Nelssen J.L. and Loughmiller (2000) : "*The effects of branched chain amino acids on sow and litter performance*" Jounal of Animal Science 78 : 658-667 **M:[31]**

Mota D., Alonso-Spilsbury M.L., Ramírez-Necoechea R., Cisneros-Puebla M.A., Albores-Torres V. y Trujillo-Ortega M.E. (2006) : "*Efecto de la pérdida de grasa dorsal y peso corporal sobre el rendimiento reproductivo de las cerdas primíparas lactantes alimentadas con tres diferentes tipos de dietas*" Extret el 10/7/2006 de http : //www.serbi.luz.edu.ve **M:[32]**

Mullan B.P. and Williams I.H. (1990) : "*The chemical composition of sows during their first lactation*" Animal Production 51 : 375 - 387

Musser R.E., Davis D.L., Tockach M.D., Nelssen J.L., Dritz S.S. and Goodband R.D. (2006) : "*Effects of high feed intake during early gestation on sow performance and offspring growth and carcass characteristics*" Animal Feed Science and Technology 127 : 187 – 199 **M:[-]**

Muybridge E. (1899) : "*Animals in motion* " Ed. Chapman & Hall 264 pp

National Instruments (2000) : "*DAQ 6023E/6024E/6025E User Manual*" Ed. National Instruments 144 pp

National Research Council (1998) : "*Nutrient requirements of swine*" National Academy of Science 189 pp

Neil M., Ogle B. and Annér K. (1996) : "*A two diet and ad libitum lactation feeding of the sow. Sow performance*" Animal Science 62 : 337-347 **M:[33]**

Neil M. (1996) : "*Ad libitum lactation feeding of sows introduced immediatly before, at or after farrowing*" Animal Science 63 : 497-505 **M:[-]**

Nig B.M. and Liu W. (1999) : "*The effect of muscle stiffness and damping on simulated impact force peaks during running*" Journal of Biomechanics 32 : 849 - 856

O'dowd S., Hoste S., Mercer J.T., Fowler V.R. and Edwards S.A. (1997) : "*Nutritional modification of body composition and the consequences for reproductive performance and longevity in genetically lean sows*" Livestock Production Science 52 : 155-165 **M:[34]**

Paboeuf F., Ramonet Y., Corlouër A., Dourmad J.Y., Cariolet R. et Meunier-Salaün M.C. (2000) : "*Impact de l'incorporation de fibres dans un régime de gestation sur les performances zootechniques et le comportement des truies*" Journées de Recheche Porcine 32 : 105-113 **M:[35]**

Paboeuf F., A., Dourmad J.Y., Quentric O., Calvar C., Landrain B. et Roy H. (2002) : "*Impact de la concentration en nutriments de l'aliment sur les performances de lactation des truies et de leur portée*" Journées de Recheche Porcine 34 : 81-87 **M:[36]**

Payne R.L., Lirette R.D., Bidner T.D. and Southern L.L. (2004) : "*Effects of a novel carbohydrate and protein source on sow performance during lactation* " Journal of Animal Science 82 : 2392- 2396 **M:[-]**

van der Peet-Schwering C. M. C., Kemp B., Binnendijk G.P., den Hartog L.A., Vereijken P.F.G. and Verstegen M. W. A. (2004) : "*Effects of additional starch or fat in late-gestating high non-starch polisaccharide diets on litter performance and glucose tolerance in sows*" Journal of Animal Science 82 : 2964-2971 **M:[37]**

Peiper U.M., Edan Y., Barak M. and Maltz E. (1993) : "*Automatic weighing of dairy cows*" Journal of Agricultural Engineering Research 56 : 13-24

Peltoniemi O.A.T., Love R.J., Klupiec C., Revell D.K. and Evans G. (1997) : "*Altered secretion of LH does not explain seasonal effects on early pregnancy in gilts*" Animal Reproduction Science 49 : 215-224 **M:[38]**

Peña D. (2002) : "*Análisis de datos multivariantes*" Ed. McGraw-Hill, 560 pp

Pérez Laspuir J. and Trottier N.L. (2001) : "*Effect of dietary arginine supplementation and environmental temperature on sow lactation performance*" Livestock Production Science 70 : 159 – 165 **M:[-]**

Pluske J.R., Williams I.H., Zak L.J., Clowes E.J., Cegielski A.C. and Aherne F.X. (1998) : "*Feeding lactating primiparous sows to establish three divergent metabolic states : milk production and pig growth*" Journal of Animal Science 76 : 1165-1171 **M:[39]**

Poulus S.P., Azain M.J. and Hausman G.J. (2004) : "*Conjugated linoleic acid (CLA) during gastation and lactation does not alter sow performance or body weight gain and adiposity in progeny* " Animal Research 53 : 215 - 288

Prunier A., Messias de Bragança M and Le Dividich (1997) : "*Influence of high ambient temperature on performance of reproductive sows*" Livestock Production Science 52 : 123 -133 **M:[40]**

Quesnel H. and Prunier A. (1998) : "*Effect of insulin administration before weaning on reproductive performance in feed restricted primiparous sows*" Animal Reproduction Science 51 : 119 – 129 **M:[41]**

Quiniou N., Renaudeau D., Dubois S. et Noblet J. (1998) : "*Influence des températures élevées sur les performances et le comportement alimentaire de la truie en lactation*" Journées de Recherche Porcine 30 : 303-309 **M:[42]**

Quiniou N., Noblet J., Dubois S. et Renaudeau D. (1999) : "*Caractérisation des effets de l'augmentation de la température ambiante sur les performances des truies en lactation*" Journées de Recherche Porcine 31 : 133-138 **M:[43]**

Quiniou N., Renaudeau D., Dubois S. and Noblet J. (2000) : "*Influence of high ambient temperature on food intake and feeding behaviour of multiparous lactating sows*" Animal Science 70 : 471 – 479 **M:[44]**

Quiniou N., Renaudeau, Dubois S. and Noblet J. (2000) : "*Effect of diurnally fluctuating high ambient temperatures on performance and feeding behaviour of multiparous lactating sows*" Animal Science 71 : 571 - 575 **M:[45]**

Quiniou N., Gaudré D., Rapp S. et Guillou D. (2000) : "*Influence de la température ambiante et de la concentration en nutriments de l'aliment sur les performances de lactation de truies primipares*" Journées de Recherche Porcine 32 : 275-282 **M:[46]**

Quiniou N., Gaudré D. et Guillou D. (2001) : "*Influence de la température ambiante et de la concentration en nutriments de l'aliment sur les performances de lactation des truies selon le rang de portée*" Journées de Recherche Porcine 33 : 173-180 **M:[-]**

Quiniou N. (2003) : "*Effet du nombre de repas sur la reconstitution des réserves et le comportement des truies en gestation selon le mode de logement*" Journées de Recherche Porcine 35 : 149-154 **M:[-]**

Quiniou N. (2003) : "*Performances et longévité de la truie selon les conditions d'ambience et d'alimentation en maternité*" TechniPorc 26 : 19-27 **M:[-]**

Ren J., Buck N.L. and Spahr S.L. (1992) : "*A dynamic weight logging system for dairy cows* " Transactions of ASAE 35 : 719-725 **M:[47]**

Renaudeau D., Quiniou N, Dubois S. and Noblet J. (2002) : "*Effects of high temperature and dietary protein level on feeding behaviour of multiparous lactating sows*" Animal Research 51 : 227- 243 **M:[47]**

Renaudeau D., Anaïs C., Weisbecker J.L. et Noblet J. (2003) : "*Influence du climat tropical et de l'augmentation de la teneur en parois végetales dans l'aliment sur les performances et le comportement alimentaire des truies en lactation*" Journées de Recherche Porcine 35 : 133-140 **M:[48]**

Revell D.K., Williams I.H., Mullan B.P., Ranford J.L. and Smits R.J. (1998) : "*Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparous sows : voluntary feed intake, weight loss and plasma metabolites*" Journal of Animal Science 76 : 1729-1737 **M:[49]**

Revell D.K., Williams I.H., Mullan B.P., Ranford J.L. and Smits R.J. (1998) : "*Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparous sows : milk composition, milk yield and pig growth*" Journal of Animal Science 76 : 1738-1743 **M:[-]**

Richert B.T., Tokach M.D., Goodband R.D., Nelssen J.L., Pettigrew J.E., Walker R.D. and Johnston L.J. (1996) : "*Valine requirement of high producing lactating sow*" Journal of Animal Science 74 : 1307-1313 **M:[50]**

Richert B.T., Tokach M.D., Goodband R.D., Nelssen J.L., Campbell R.G. and S Kershaw (1997) : "*The effect of dietary lysine and valine fed during lactation on sow and litter performance*" Journal of Animal Science 75 : 1853-1860 **M:[51]**

Rooke J.A., Shanks M. and Edwards S.A. (2000) : "*Effect of offering maize, linseed or tuna oils througout pregnacy and lactation on sow and piglet tissue composition and piglet performance*" Animal Science 71 : 289 – 299 **M:[-]**

Rozeboom D.W., Pettigrew J.E., Moser R.L., Cornelius S.G. and El Kandelgy S.M. (1994) : "*In vivo estimation of body composition of mature gilts using live weight, backfat thickness and deuterium oxide*" Journal of Animal Science 72 : 355-366

Rozeboom D.W., Pettigrew J.E., Moser R.L., Cornelius S.G. and El Kandelgy S.M. (1996) : "*Influence of gilt age and body composition at first breeding on sow reproductive performance and longevity*" Journal of Animal Science 74 : 138-150 **M:[52]**

Sauber T.E., Stahly T.S., Williams N.H. and Ewan R.C. (1998) : "*Effect of lean growth genotype and dietary amino acid regimen on the lactational performance of sows*" Journal of Animal Science 76 : 1098 -1111 **M:[-]**

Sauber T.E., Stahly T.S. and Nonnecke B.J. (1999) : "*Effect of level of chronic immune system activation on the lactational performance of sows*" Journal of Animal Science 77 : 1985 -1993 **M:[-]**

Shieh J., Huber J.E., Fleck N.A. and Ashby M.F. (2001) : "*The selection of sensor* " Progress in Materials Science 46 : 461-504

Shurson G.C., Libal G.W., Crenshaw J., Hamilton C.R., Fisher R.L., Koehler D.D. and Whitney M.H. (2003) : "*Impact of energy intake and pregnancy status on rate and efficiency of gain and backfat changes of sows postweaning*" Journal of Animal Science 81 : 209-216 **M:[53]**

Simmins P.H., Edwards S.A. and Spechter H.H. (1994) : "*Growth and body composition of sows given different feeding regimes during the rearing stage and through eight parities when housed in groups with straw bedding*" Animal Production 58 : 271-283 **M:[54]**

Sinclair A.G., Edwards S.A., Hoste S. and McCartney A. (1998) : "*Evaluation of the influence of maternal and piglet breed differences on behaviour and production of Meishan synthetic and European White breeds during lactation*" Animal Science 66 : 423 - 430 **M:[55]**

Sinclair A.G., Cia M.C., Edwards S.A. and Hoste S. (1998) : "*Response to dietary protein during lactation of Meshian synthetic, LargeWhite and Landrace gilts given food to achieve the same target backfat level at farrowing*" Animal Science 67 : 349-354 **M:[56]**

Sinclair A.G., Cia M.C., Hoste S. and Edwards S.A. (1999) : "*Response to dietary protein during lactation of Meshian synthetic and European White sows fed to attain two levels of backfat at farrowing*" Animal Science 69 : 583-590 **M:[57]**

Sinclair A.G. , Shaw J.M., Edwards S.A., Hoste S. and McCartney A. (1999) : "*The effect of dietary protein level on milk yield and composition and piglet growth and composition of the Meishan synthetic and European White breeds of sows*" Animal Science 68 : 701- 708 **M:[58]**

Spencer J.D., Boyd R.D., Cabrera R. and Allee G.L. (2003) : "*Early weaning to reduce mobilization in lactating sows and milk supplementation to enhance pig weaning weight during extreme heat stress*" Journal of Animal Science 81 : 2041-2052 **M:[-]**

Southern L.L., LeMieux F.M., Matthews J.O., Bidner T.D. and Knowles T.A. (2000) : "*Effect of feather meal as a source of valine for lactating sows*" Journal of Animal Science 78 : 120-123 **M:[59]**

Spoolder H.A.M., Burbidge J.A., Edwards S.A., Simmins P.H. and Lawrence A.B. (1996) : "*Effects of food level and straw bedding during pregnancy on sow performance and responses to an ACTH challenge*" Livestock Production Science 47 : 51-57 **M:[60]**

Stalder K.J., Saxton A.M. and Conatser G.E. (2001) : "*Growth and compositional effects on sow productivity traits in purebred Landrace swine*" Annual Repport 6 pp, University of Tennessee. **M:[-]**

Sterning M. (1995) : "*Oestrus symptoms in primiparous sows. Factors influencing the duration and intensity of external oestrus symptoms*" Animal Reproduction Science 40 : 165-174 **M:[61]**

Sterning M., Rydhmer L. and Eliasson-Selling (1998) : "*Relationships between age at puberty and interval from weaning to estrus and between estrus signs at puberty and after the first weaning in pigs* " Journal of Animal Science 76 : 353 – 359 **M:[-]**

Swantek P.M., Crenshaw J.D., Marchello M.J. and Lukaski H.C. (1992) : "*MBioelectrical impedance : a nondestructive method to determine fat-free mass of live market swine and pork carcasses"* Journal of Animal Science 70 : 169-177

Tantasuparuk W., Lundeheim N., Dalin A.M., Kunavongkrit A. and Einarsson S. (2000) : "*Weaning to service interval in primiparous sows and its relationship with longevity and piglet production*" Livestock Production Science 69 : 155-162 **M:[-]**

Tantasuparuk W., Dalin A.M., Lundeheim N., Kunavongkrit A.and Einarsson S. (2001) : "*Body weight loss during lactation and its influence on weaning to service interval and ovulation rate in Landrace and Yorkshire sows in tropical environment of Thailand*" Animal Reproduction Science 65 : 273-281 **M:[-]**

Tasch U., Erez B., Lefcourt A.M. and Varner M. (2004) : "*Method and apparatus for detecting lameness in animals*" patent US 6699207 B2

Thorup V.M., Togersen F. Aa., Jorgensen B. and Jensen B.R. (2007) : "*Biomechanical gait analysis of pigs walking on solid concrete floor*" Animal 1 : 708-715

Tilton S.L., Miller P.S., Lewis A.J., Reese D.E. and Ermer P.M. (1999) : "*Addition of fat to the diets of lactating sows : effects on milk production and composition and carcass composition of the litter at weaning*" Journal of Animal Science 77 : 2491 – 2500 **M:[-]**

Toner M.S., King R.H., Dunshea F.R., Dove H. and Atwood C.S. (1996) : "*The effect of exogenous somatotropin on lactation performance of first litter sows*" Journal of Animal Science 74 : 167-172 **M:[-]**

Touchette K.J., Allee G.L., Newcomb M.D. and Boyd R.D. (1998) : "*The lysine requirement of lactating primiparous sows*" Journal of Animal Science 76 : 1091-1097 **M:[62]**

Touchette K.J., Allee G.L., Newcomb M.D. and Boyd R.D. (1998) : "*The use of synthetic lysine in the diet of lactating sows*" Journal of Animal Science 76 : 1437-1442 **M:[63]**

Tritton S.M., King R.H., Campbell R.G., Edwards A.C. and Hughes P.E. (1996) : "*The effects of dietary protein and energy levels of diets offered during lactation on the lactational and subsequent reproductive performance of first litter sows*" Animal Science 62 : 573-579 **M:[-]**

Tummaruk P., Lundeheim N., Einarsson S. and Dalin A.M. (2000) : "*Factors influencing age at first mating in purebred Swedish Landrace and Swedish Yorkshire gilts*" Animal Reproduction Science 63 : 241-253 **M:[-]**

Tummaruk P., Lundeheim N., Einarsson S. and Dalin A.M. (2001) : "*Effect of birth litter size, birth parity number, growth rate, backfat thickness and age at first mating of gilts on their reproductive performance as sows*" Animal Reproduction Science 66 : 225-237 **M:[-]**

Tummaruk P., Tantasuparuk W., Techakumphu M. and Kunavongkrit A. (2006) : "*Age, body weight and backfat thickness at first observed oestrus in crossbred LandracexYorkshire gilts, seasonal variations and their influence on subsequence reproductive performance*" Animal Reproduction Science (in press, 11/7/2006) **M:[-]**

Valros A. (2003) : "*Behaviour and physiology of lactating sows; associations with piglet performance and sow postweaning reproductive success*" Thesis, University of Helsinki, Finland 80 pp **M:[-]**

Vesseur P.C., Kemp B., Den Hartog L.A. and Noordhuizen J.P.T.M. (1997) : "*Effect of split weaning in first and second parity sows on sow and piglet performance*" Livestock Production Science 49 : 277-285 **M:[-]**

Vilchez C. and Chavez E.R. (?) : "*Feeding high oil corn to nursing sows*" Hay Bay Genetics Inc. Napanee, Ontario 2 pp **M:[-]**

Wang Y., Yang W., Winter P. And Walker L. (2008) : "*Walk-through weighing of pigs using machine vision and an artificial neural network* " Biosystems Engineering 100 : 117-125

Whittaker X., Edwards S.A., Spoolder H.A.M., Corning S. and Lawrence A.B. (2000) : "*The performance of group housed sows offered a high fibre diet ad libitum*" Animal Science 70 : 85-93 **M:[64]**

Whittemore C.T. and Yang H. (1989) : "*Physical and chemical composition of the body of breeding sows with differing body subcutaneous fat depth at parturition, differing nutrition during lactation and differing litter size* " Animal Production 48 : 203-212

Whittemore C.T. (1996) : "*Nutrition reproduction interactions in primiparous*" Livestock Production Science 46 : 65-83

Whittemore C.T. and Schofield C.P. (2000) : "*A case for size and shape scaling for understanding nutrient use in breeding sows and growing pigs*" Livestock Production Science 65 : 203 - 208

Williams S.R.O., Moore G.A. and Currie E. (1996) : "*Automatic Weighing of pigs fed ad libitum*" Journal of Agricultural Engineering Research 64 : 1-10

Willis H.J., Zak L.J. and Foxcroft G.R. (2003) : "*Duration of lactation, endocrine and metabolic state and fertility of primiparous sows*" Journal of Animal Science 81 : 2088 – 2102 **M:[65]**

Wolter B.F., Hamilton D.N. and Ellis M. (2000) : "*Comparison of one quarter Chinese Meishan and three breed conventional cross females for sow productivity and growth and carcass characteristics of the progeny*" Canadian Journal of Animal Science 80 : 281-286 **M:[-]**

Wondra K.J., Hancock J.D., Kennedy G.A., Hines R.H. and Behnke K.C. (1995) : "*Reducing particle size of corn in lactation diets from 1200 to 400 micrometers improves sow and litter performance*" Journal of Animal Science 73 : 421-426 **M:[66]**

Wondra K.J., Hancock J.D., Kennedy G.A., Behnke K.C. and Wondra K.R. (1995) : "*Effects of reducing particle size of corn in lactation diets on energy and nitrogen metabolism in second parity sows*" Journal of Animal Science 73 : 427-432 **M:[67]**

Wu J., Tillet R., Mcfarlane N., Ju X., Siebert J.P. and Schoeld P. (2004) : "*Extracting the three-dimensional shape of live pigs using stereo photogrametry*" Computers and Electronics in Agriculture 44 : 203-222

Wülbers-Mindermann M., Algers B., Berg C., Lundeheim N. and Sigvardsson J. (2002) : "*Primiparous and multiparous maternal ability in sows in relation to indoor and outdoor farrowing systems*" Livestock Production Science 73 : 285-297 **M:[-]**

Yang H., Pettigrew J.E., Johnston L.J., Shurson G.C. and Walker R.D. (2000) : "*Lactational and subsequent reproductive responses of lactating sows to dietary lysine concentration*" Journal of Animal Science 78 : 348-357 **M:[68]**

Yang H., Pettigrew J.E., Johnston L.J., Shurson G.C., Wheaton J.E., White M.E., Koketsu Y., Sower A.F. and Rathmacher J.A. (2000) : "*Effect of dietary lysine intake during lactation on blood metabolites, hormones and reproductive performance in primiparous sows*" journal of Animal Science 78 : 1001 – 1009 **M:[69]**

Young L.G. (1998) : "*Reproduction of 3/4 White composite and 1/4 Duroc, 1/4 Meishan, 1/4 Fengjing or 1/4 Minzhu gilts and sows*" Journal of Animal Science 76 : 1559-1567 **M:[70]**

Young M. and Aherne F. (2005) : "*Monitoring and maintaining sow condition*" Advances in Pork Production 16 : 299-313

Young M., Tokach M.D., Aherne F.X., Main R.G., Dritz S.S., Goodband R.D. and Nelssen J.L. (2004) : "*Comparison of three methods of feeding sows in gestation and the subsequent effects on lactation performance"* Journal of Animal Science 82 : 3058-3070 **M:[71]**

Youssao A.K., Verleyen V. and Leroy P.L. (2002) : "*Evaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc* " Ann. Méd. Vét. 146: 19 - 29

Youssao A.K., Verleyen V., Michaux C. and Leroy P.L. (2002) : "*Choice of probing site for estimation of carcass lean percentage in Piétrain pig using the real-time ultrasound*" Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 6 (4) : 195-200

Zak L.J., Cosgrove J.R., Aherne F.X. and Foxcroft G.R. (1997) : "*Pattern of feed intake and associated metabolic and endocrine changes differentially affect postweaning fertility in primiparous lactating sows*" Journal of Animal Science 75 : 208-216 **M:[72]**

Zak L.J., Williams I.H., Foxcroft G.R., Pluske J.R., Cegielski A.C., Clowes E.J. and Aherne F.X. (1998) : "*Feeding lactating primiparous sows to establish three divergent metabolic states : associated endocrine changes and postweaning reproductive performance*" Journal of Animal Science 76 : 1145-1153 **M:[-]**

Zupan J. and Gesteiger J. (1992) : "*Neural networks for chemists*" VCH 148 pp.

Zurbrigg K. and Blackwell T. (2006) : *"Injuries, lameness and cleanliness of sows in four housing gestation facilities in Ontario"* Journal of swine health and production 14 : 202-206

Zurek S. (2005): "*Operation manual; feedforward, backpropagation artifitial neural network implemented in Labview 5.1*" Cardiff University, no editat, cedit per l'autor.

A

Annex

Es presenten programes d'elaboració pròpia usats en aquest treball. Han estat elaborats mitjançant l'entorn Labview® (varies versions; la darrera v8.2) Els programes d'adquisició i visualització es representen en les figures A1 i A2. Els programes per a l'estimació de pes corresponen a les figures A3 a A7. Els programes d'acondicionament de dades per a entrada en xarxa neuronal es representen en les figures A8 a A11. Els programes per a analitzar la vibració de la plataforma corresponen a les figures A12 a A14. Finalment, les figures A15 a A17 responen als programes per a l'anàlisi de la marxa.

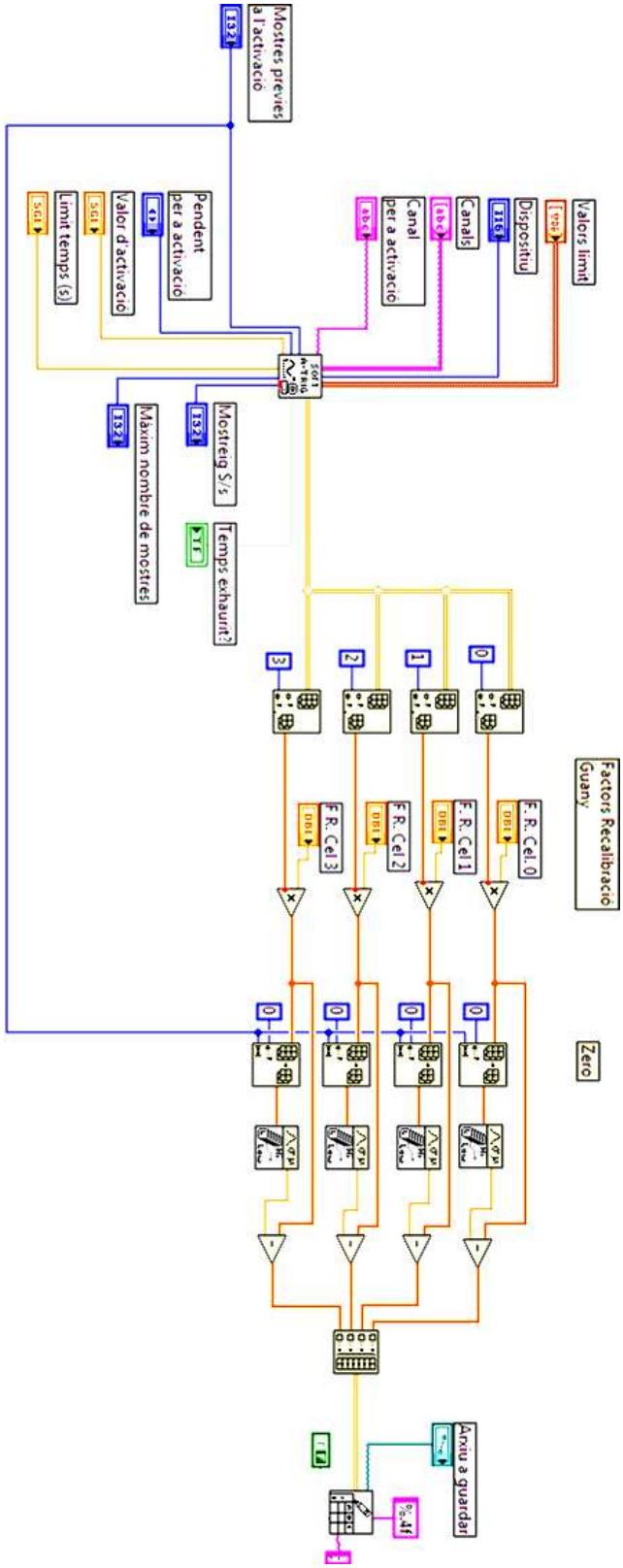


Figura A1 : programa "Trig captar.vi" per a la captació de senyal amplificat amb "triggering" o umbral d'activació amb correcció manual de voltatge

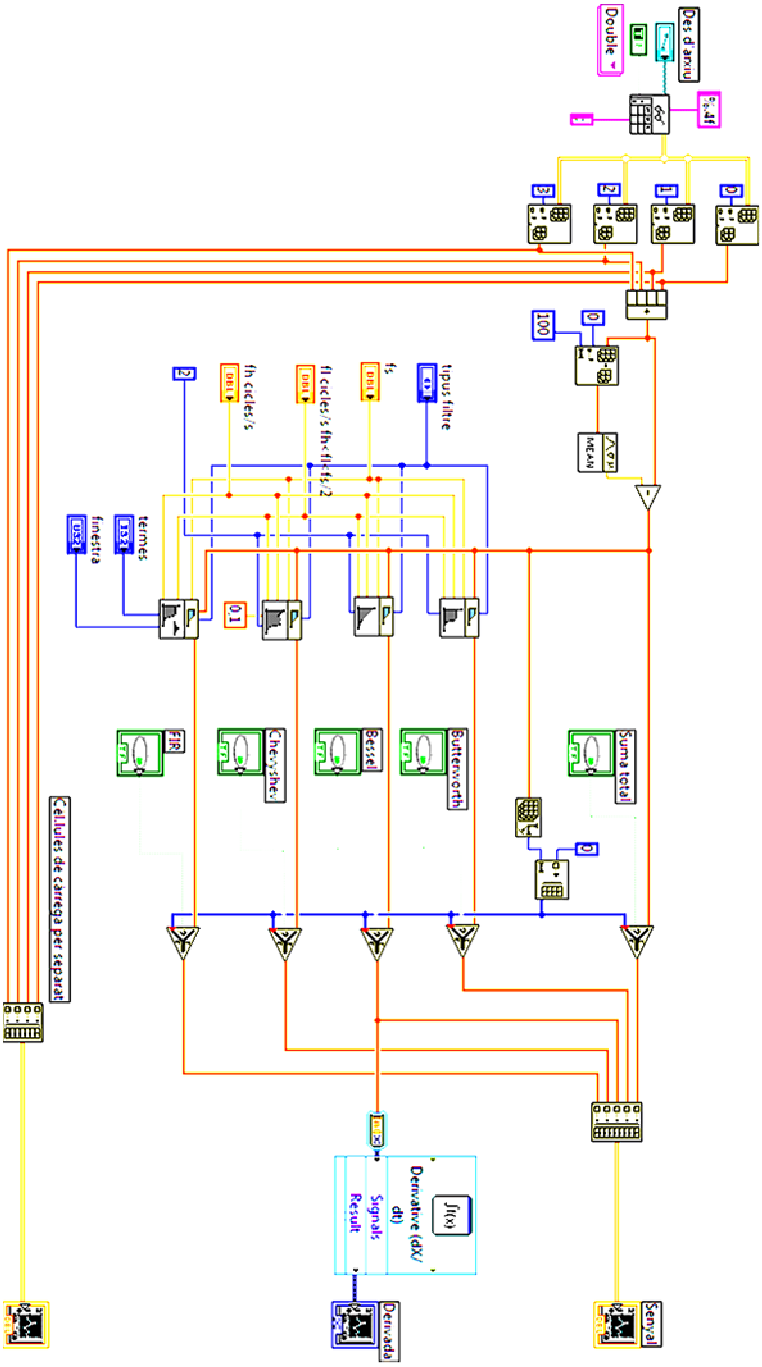


Figura A2 : Programa "Compara.vi" elaborat per a realitzar la comparació de filtres, efecte sobre la funció derivada i cèl·lules de càrrega per separat.

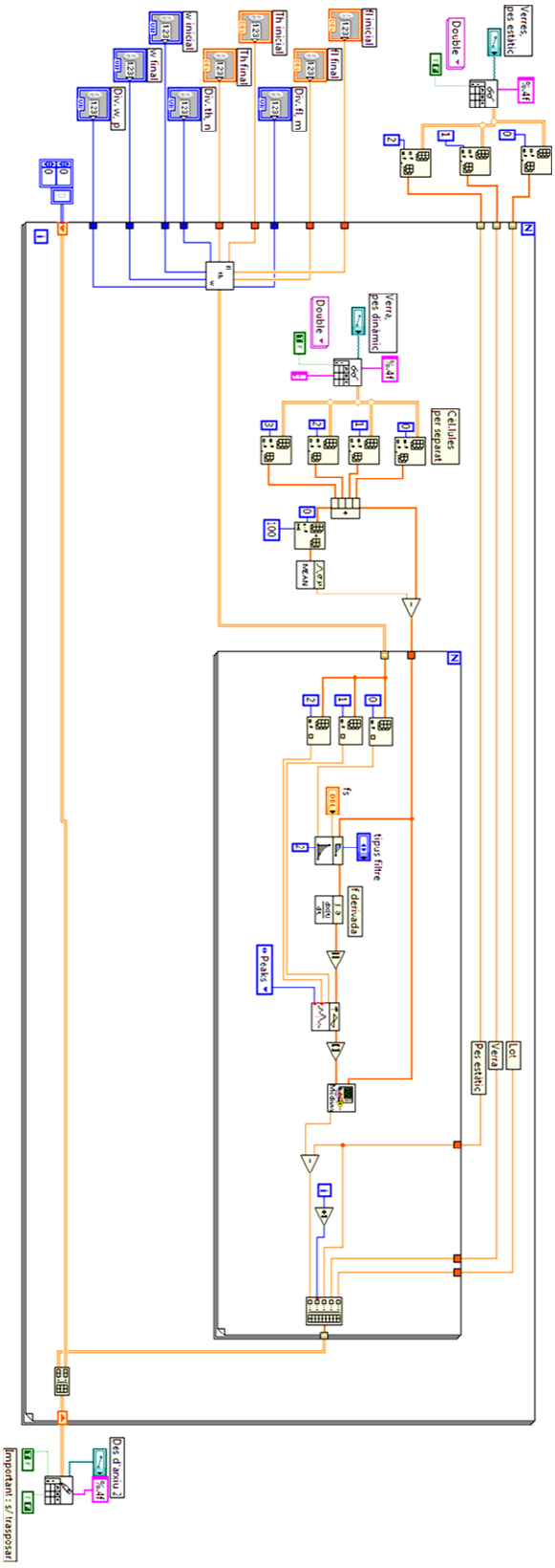


Figura A3 : Programa "Est Error Comb.vi" per a l'estimació de l'error respecte a la pesada estàtica per a les diferents combinacions dels paràmetres fl, th i w.

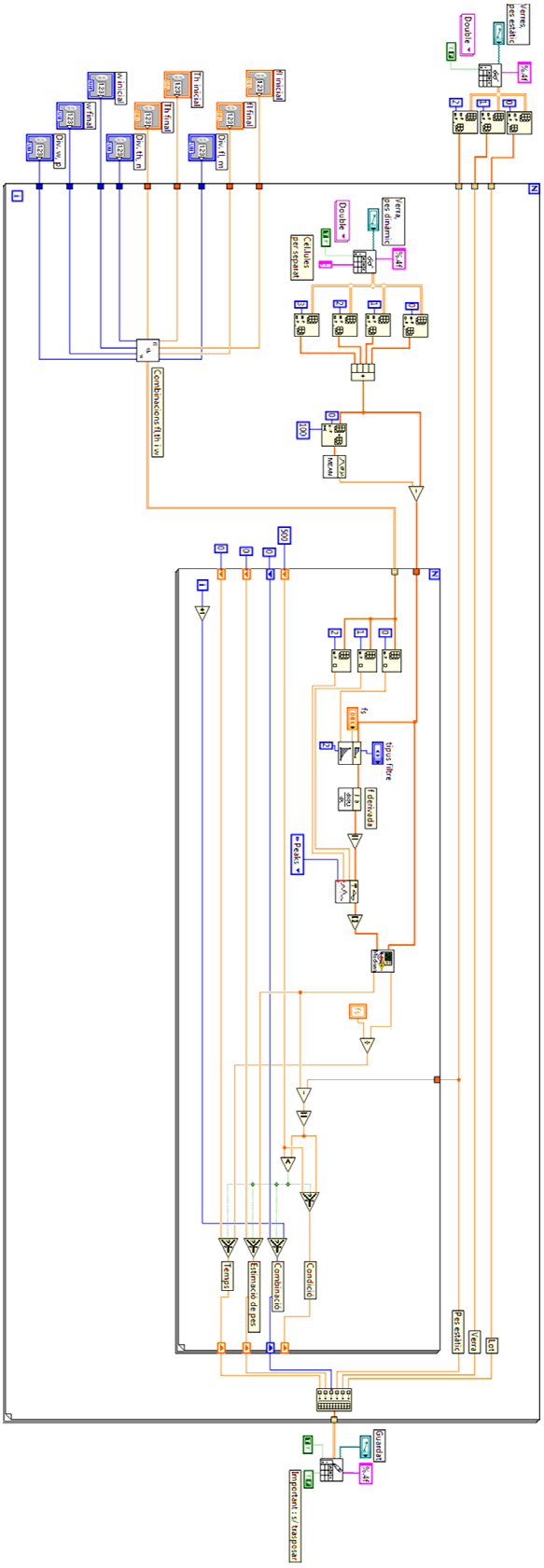


Figura A4 : Programa "Opt Comb.vi" per a l'estimació de l'òptima combinació (error quadràtic mínim) del paràmetres fl, th i w per a un conjunt de verres pesades.

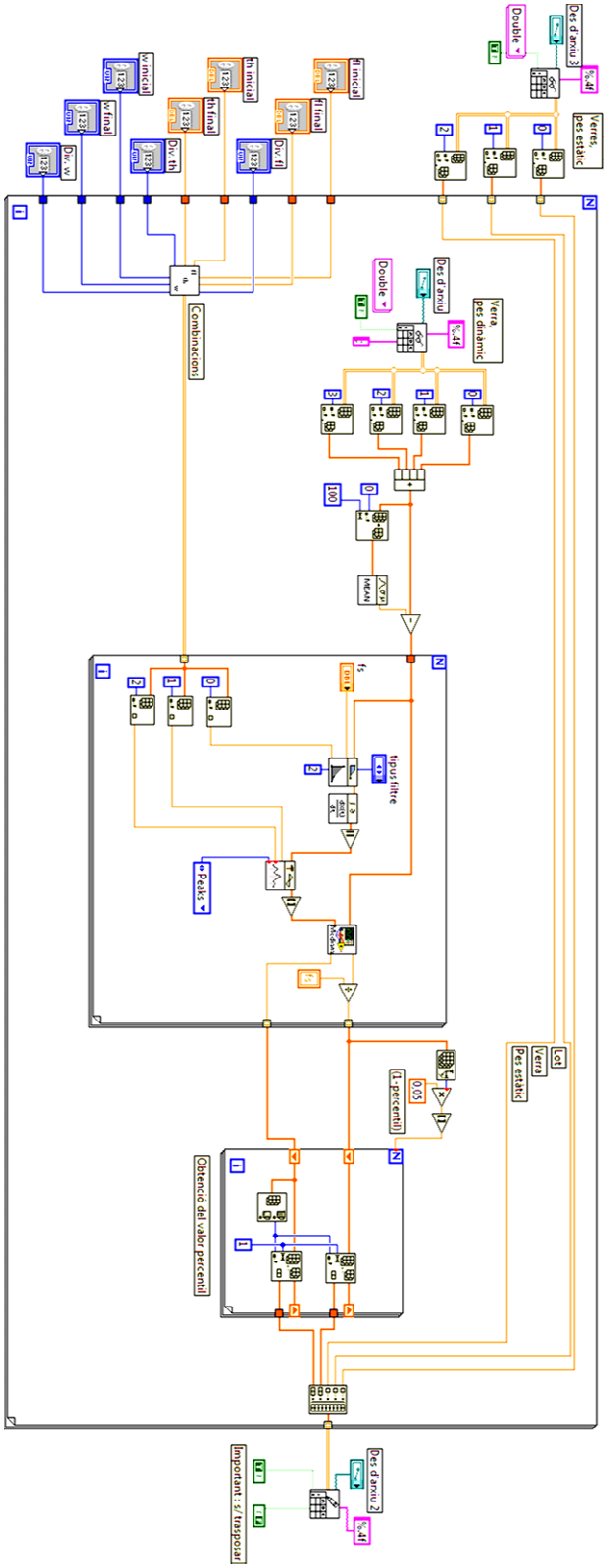


Figura A5 : Programa "Percentil.vi" per a l'estimació de pes amb l'algorisme relaxat (diferents valors de fl, th i w escollint un valor percentil dels diferents resultats).

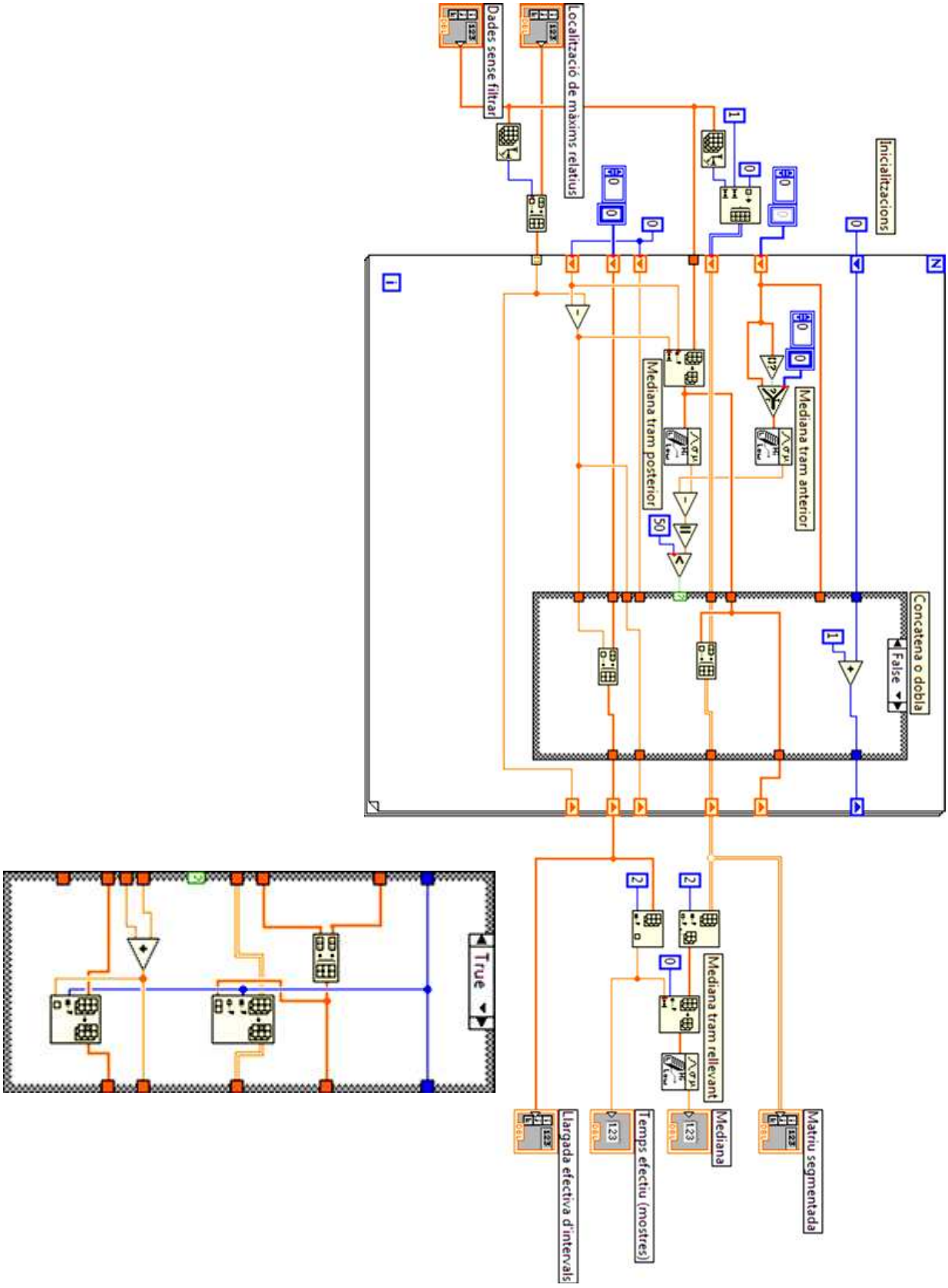


Figura A6 : Programa "Extracció Mediana.vi" per al retall i la concatenació o doblegat de trams de senyal filtrat, i posterior extracció de la mediana de les dades rellevants ; usat en els programes "Est Error Comb.vi", "Opt Comb.vi" i "Percentil.vi".

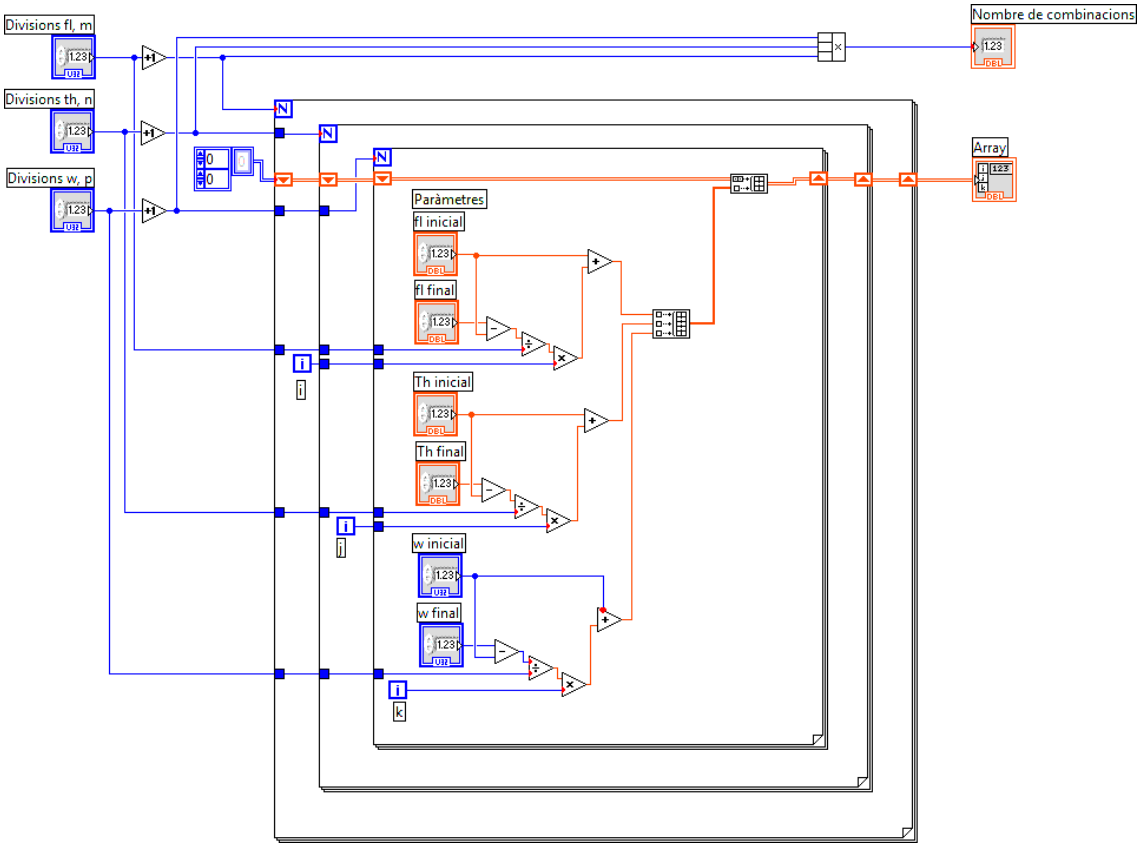


*Figura A7 : Programa "**Generadormatrius.vi**" per a la construcció ordenada dels diferents valors dels paràmetres fl, th i w en format de matriu.*

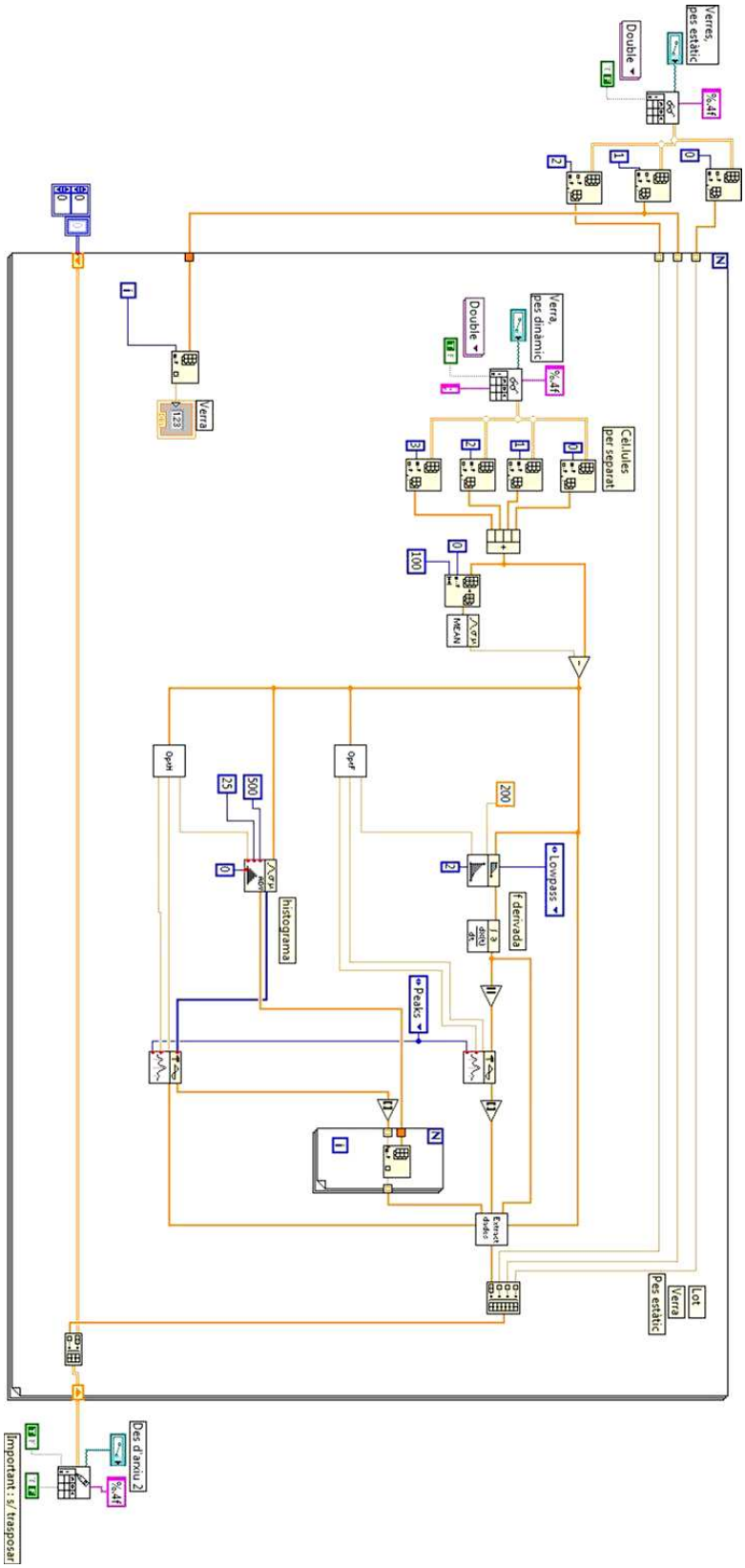


Figura A8 : programa "Acondades.vi" acondiciona la informació per a ser introduïda en xarxa neuronal i realitzar una estimació de pes viu. Retalla en trams el senyal de força vertical i integra els màxims relatius de l'histograma

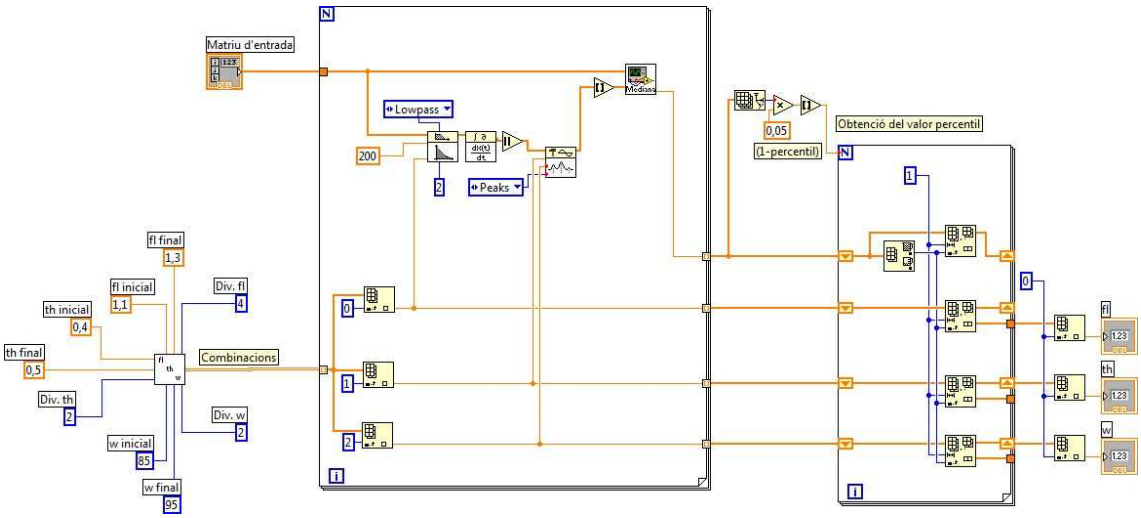


Figura A9 : programa "OptF.vi" retalla el senyal a partir dels màxims detectats per a uns paràmetres òptims de "fl", "Th" i "w". Es troba inclòs en el programa "Acondades.vi"

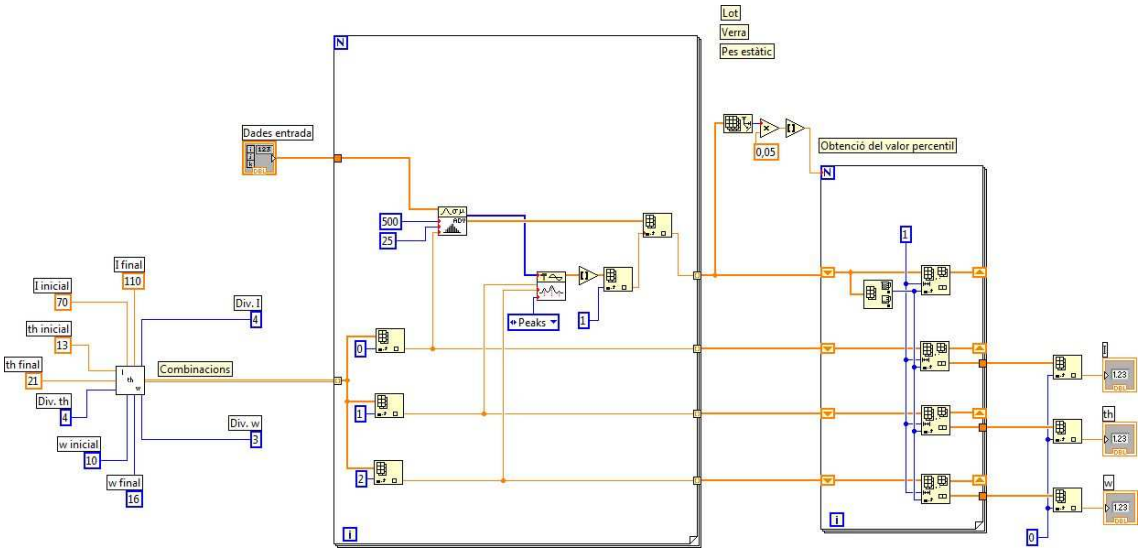


Figura A10 : programa "OptH.vi" extreu els extrems relatius i la seva posició en l'histograma dels senyal a partir d'uns paràmetres òptims de "l", "Th" i "w". Es troba inclòs en el programa "Acondades.vi"

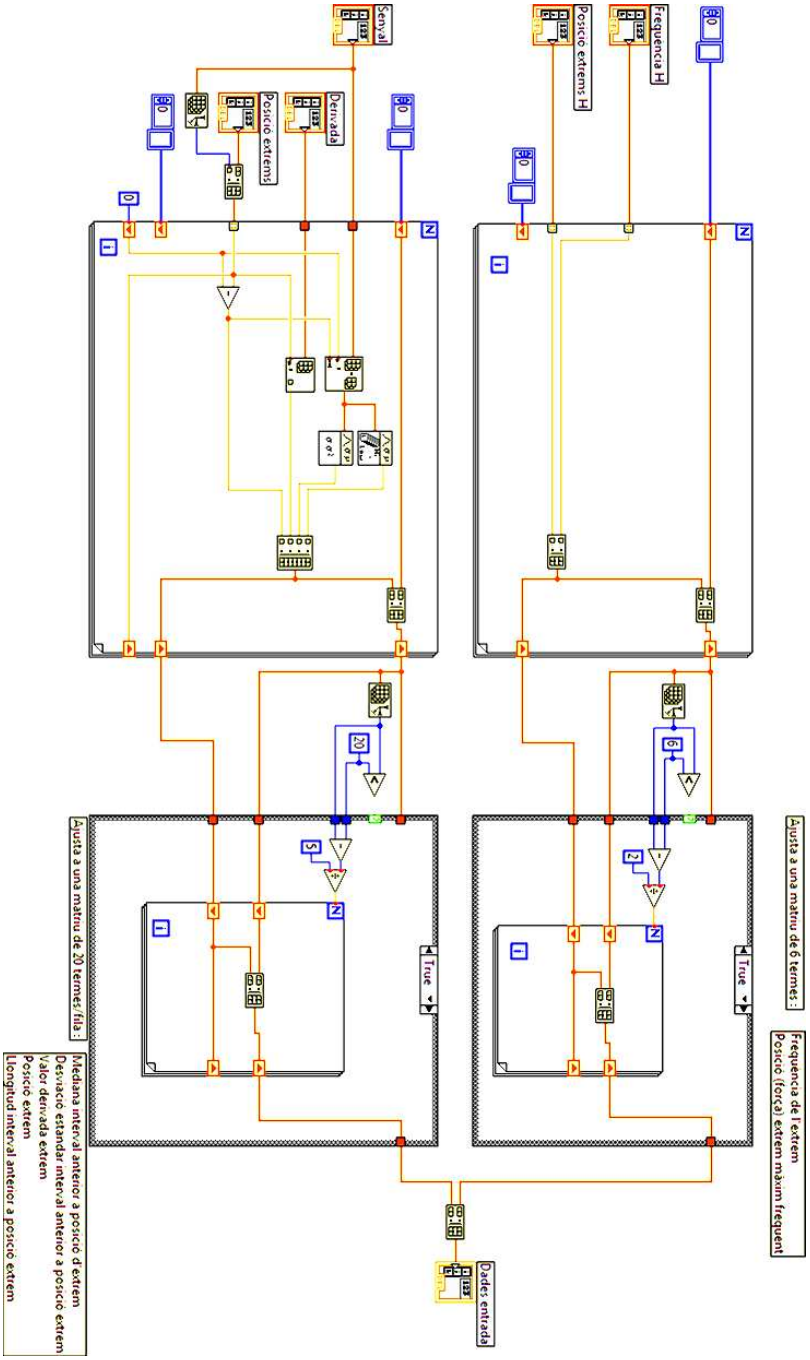


Figura A11 : programa "Extract.vi" Col.loca en una sola matriu els màxims relatiu i la seva posició en l'histograma del senyal, juntament amb els paràmetres de mediana, desviació estàndard, derivada segona i longitud de cada tram del senyal. Es troba inclòs en el programa "Acondades.vi"

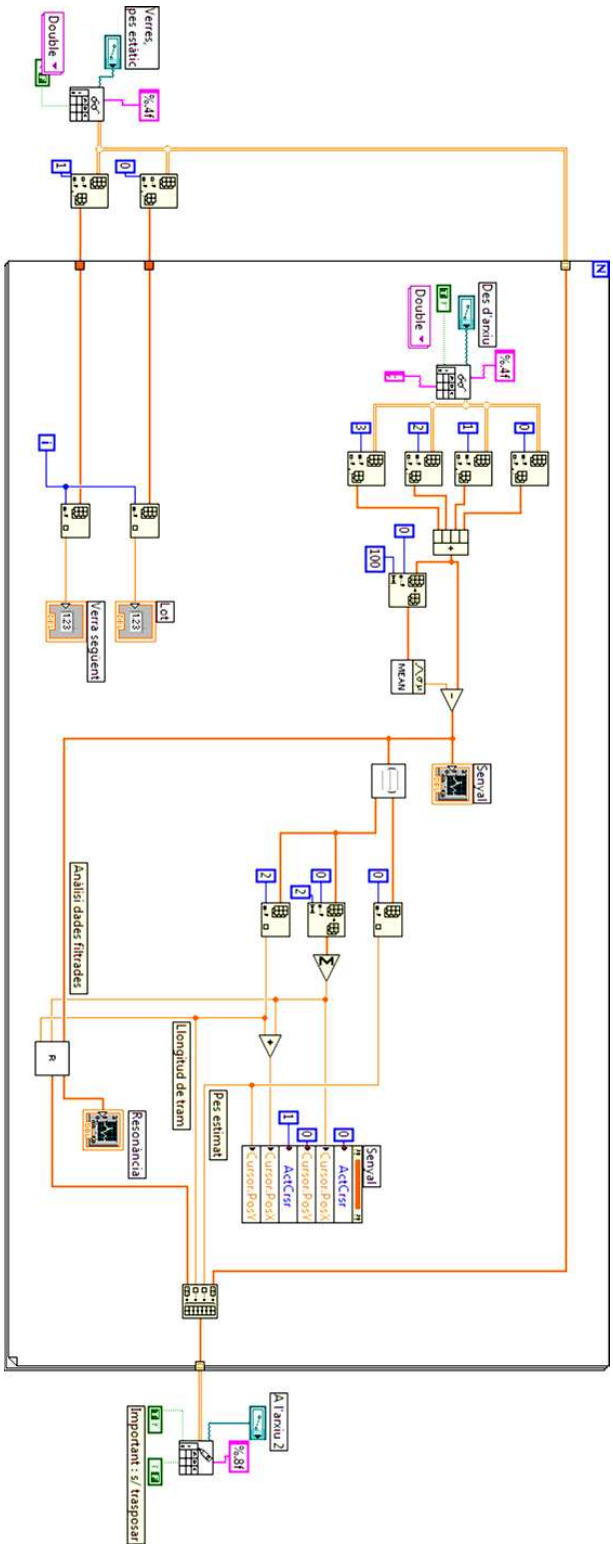


Figura A12 : programa "Ressona.vi" on s'emmagatzema, juntament amb les dades "estàtiques" (pes viu, greix dorsal, increment del pes de la garrinada fins a final d'alletament….) de cada verra, les corresponents a les característiques del senyal al pas per la plataforma per a diferents bandes de freqüència (2-10Hz, 10-20 Hz, 20-30 Hz).

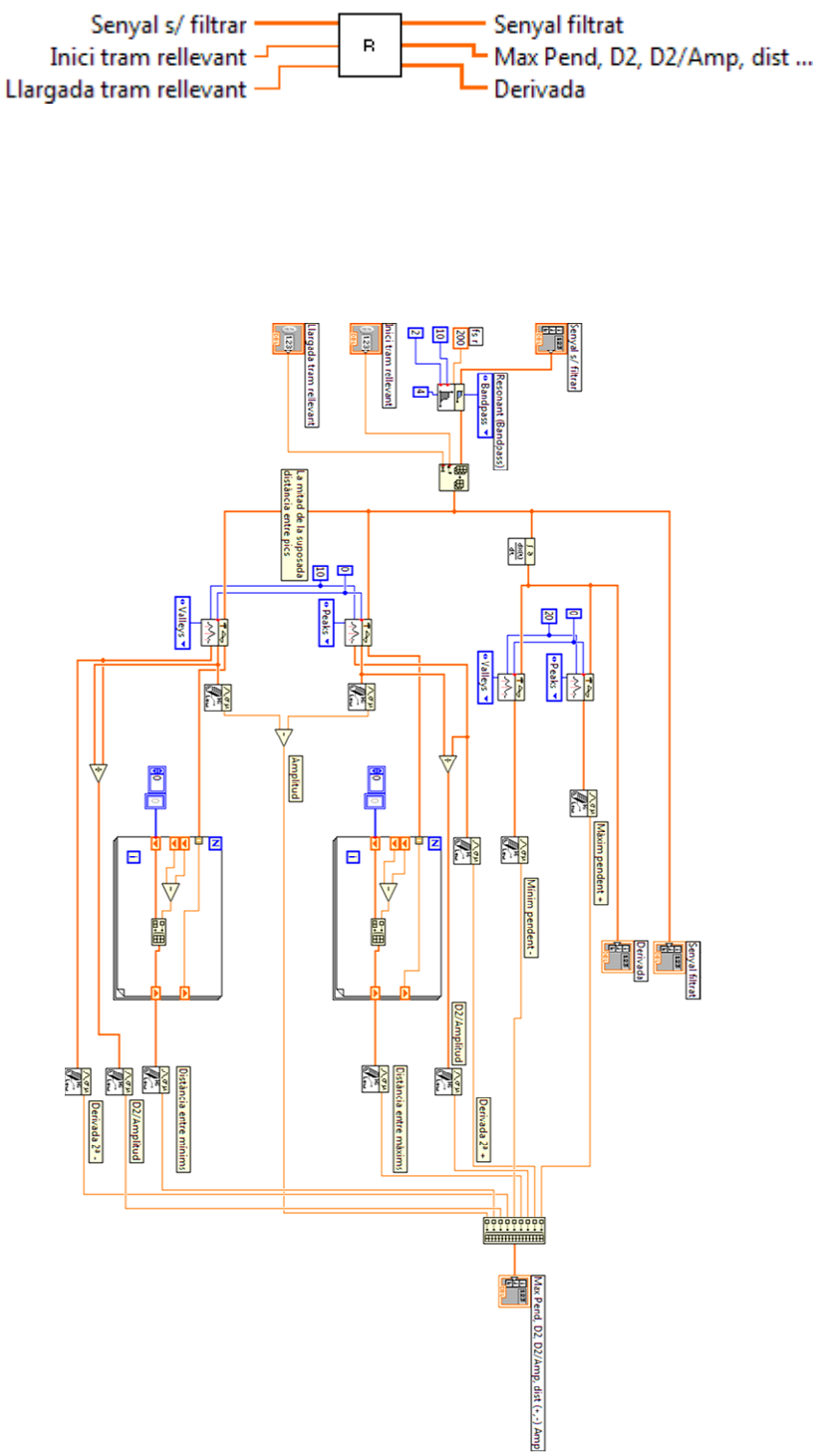


Figura A13 : programa "Ressonant.vi" on s'extreuen les característiques del senyal al pas de les verres per la plataforma per a diferents bandes de freqüència (2-10Hz, 10-20 Hz, 20-30 Hz). Aquest es troba inclòs en el programa "Ressona.vi".

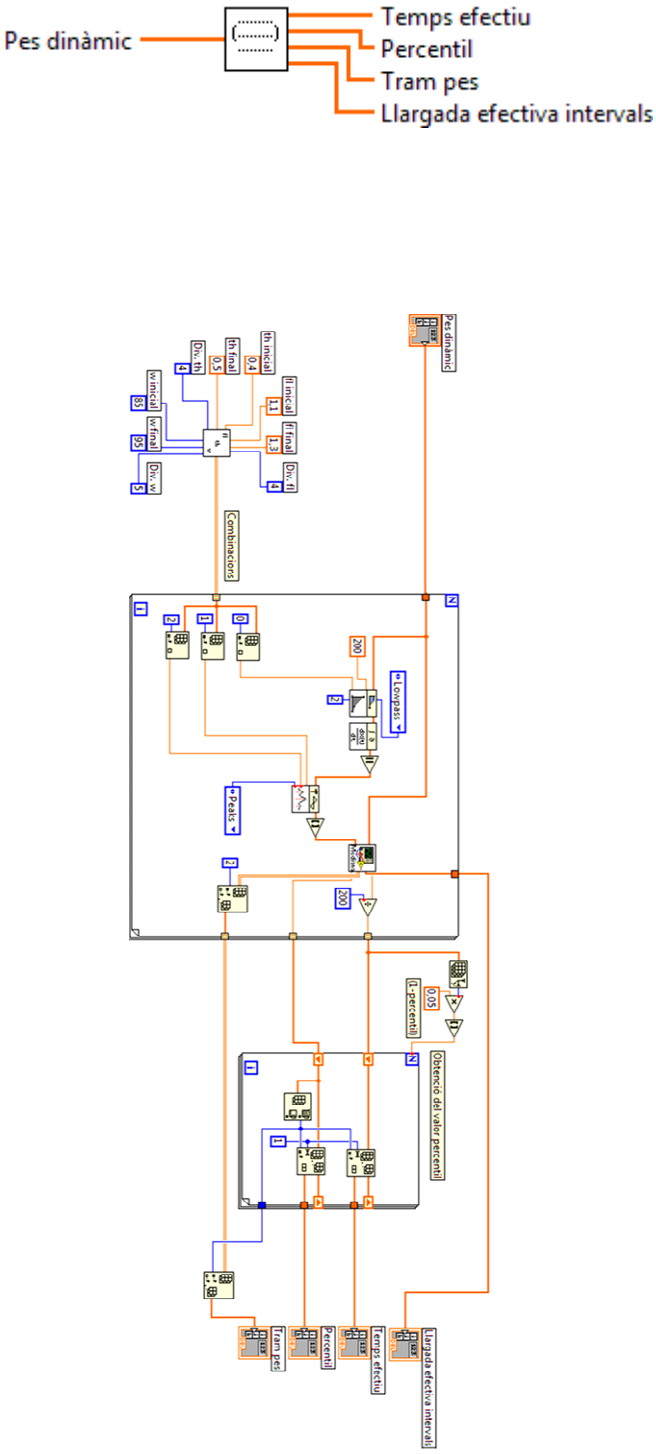


Figura A14 : Icona i programa "Percentiluna.vi" on es troba la combinació fl, th i w per al retall del tram rellevant del senyal . Aquest retall es duu a terme mitjançant el programa "Mediana.vi". El programa "Percentiluna.vi" es troba inclòs en "Ressona.vi"

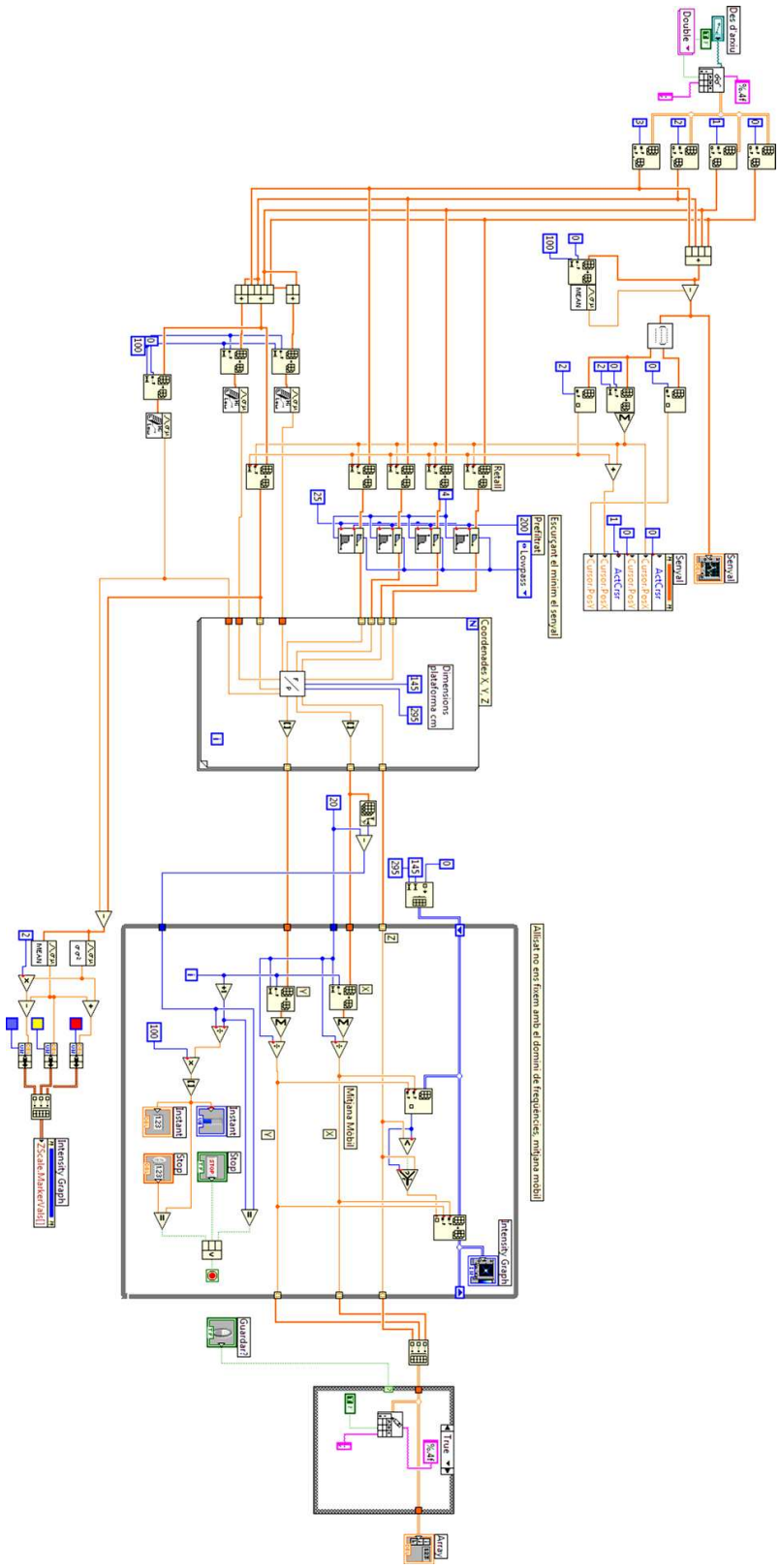


Figura A15 : Programa "Visualitza traj.vi" de prefiltrat del senyal i visualització del moviment del cdg de la verra sobre la plataforma i extracció de les variables de posició X, Y i força vertical en cada instant. Cada pas de verra es guarda en arxiu independent

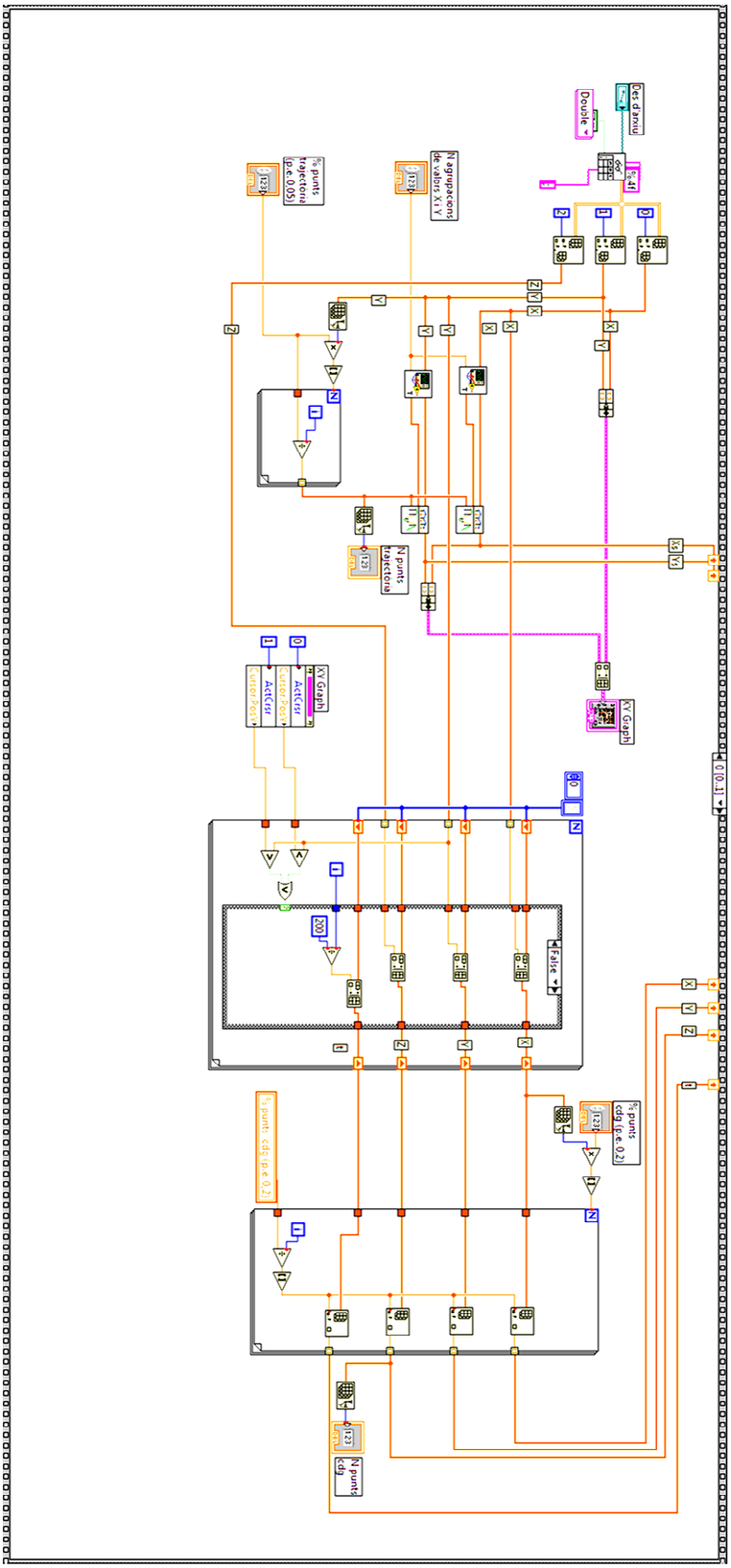


Figura A16 : 1ª seqüència del programa "Analitza traj.vi" on es construeix el "spline" de trajectòria de l'animal a partir de les dades obtingudes de "Visualitza traj.vi"

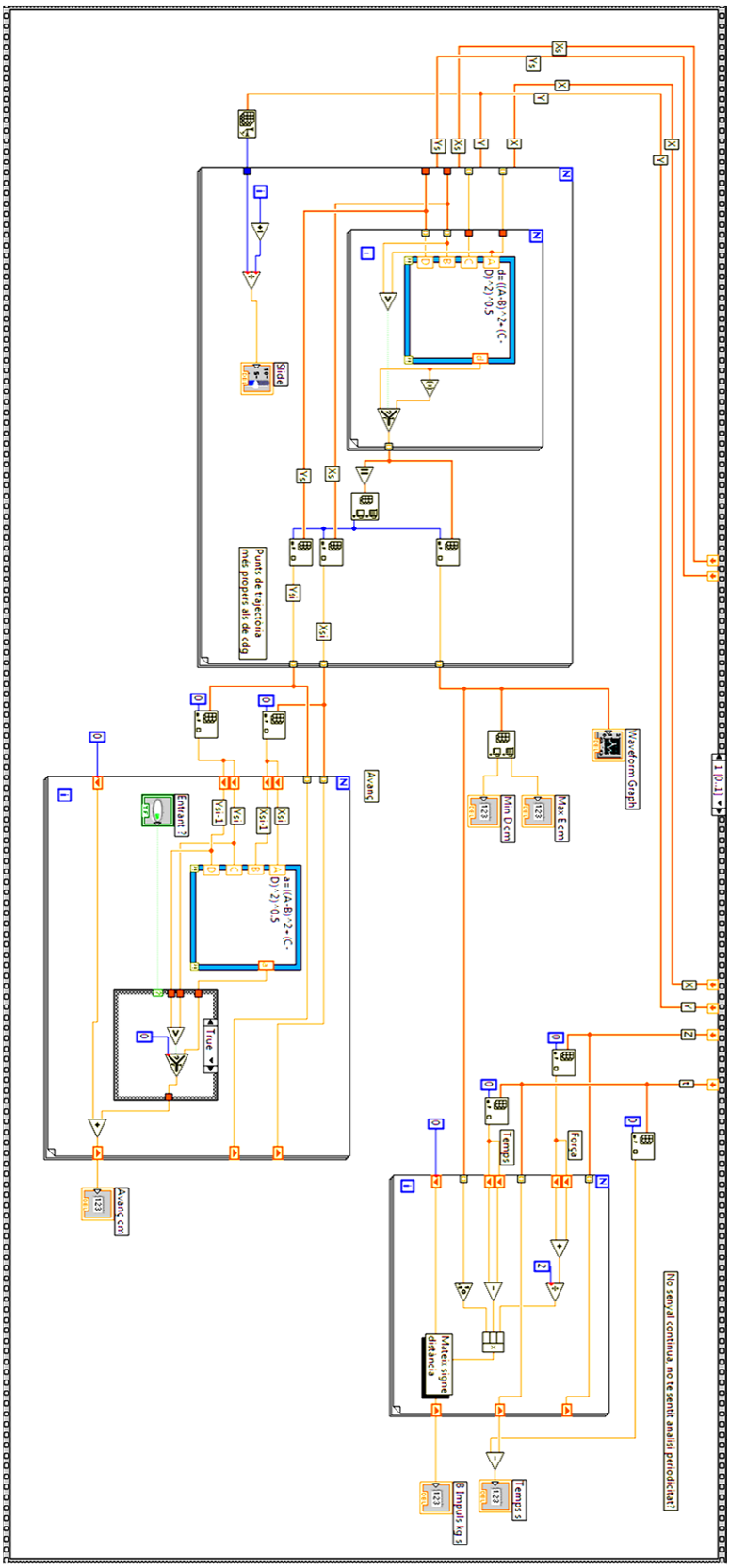


Figura A17 : 2ª seqüència del programa "Analitza traj.vi" on s'analitzen les variables d'anàlisi de la marxa comparant la posició del cdg amb la trajectòria de l'animal

B

Annex

Taules de suport per a la meta-anàlisi (§4.1.1) i la confecció de les taules 4.1 i 4.2. Descriuen els rangs de les variables estudiades en els articles i l'anàlisi de sensibilitat sobre l'estadístic d'homogeneïtat en l'eliminació de cadascun d'ells.

Taula B1 : Característiques generals dels articles seleccionats per a cada correlació Ingesta (ED i PB)-Condició Coporal (∆W i ∆GD) durant el període de gestació

Correlació	Variable	Mediana	N articles(*	Mínim	Màxim
ED/∆W	ED, MJ/d	38	2 de 5	20	83,5
	∆W, kg	34,6	3 de 5	-7,30	56,5
PB/∆W	PB, g/d	430,5	1 de 5	242	885
	∆W, kg	34,6	3 de 5	-7,30	56,5
ED/∆GD	ED, MJ/d	38	2 de 5	20	83,5
	∆BF, mm	3,45	2 de 5	-0,1	10
PB/∆GD	PB, g/d	430,5	1 de 5	242	885
	∆BF, mm	3,45	2 de 5	-0,1	10

(* Articles on la mediana del conjunt d'articles no es troba en llur rang

Taula B2 : Característiques de cadascun dels articles seleccionats per a cada correlació expressada en la taula B1 i anàlisi de sensibilitat sobre l'estadístic Q_T

Correlació	Article	N verres	Interval variables		Sensibilitat ED/iW(*	
			ED, MJ/d	**∆W, kg**	**Q_T**	**p**
ED/∆W	[34]	619	29,0÷38,6	38,3÷56,5	51,7	10^{-11}
	[38]	23	23,0÷55	0,83÷14	22,4	10^{-5}
	[53]	268	65,3÷83,5	35,3÷53,8	53,5	10^{-11}
	[60]	152	20÷38	-7,3÷41,5	43,3	10^{-9}
	[64]	173	31,4÷60,3	1,5÷35,8	52,6	10^{-11}
			PB, g/d	**∆W, kg**		
PB/∆W	[34]	619	297÷511	38,3÷56,5	15,0	0,0018
	[38]	23	252÷504	0,83÷14	18,1	0,0004
	[53]	268	699÷885	35,3÷53,8	20,1	0,0002
	[60]	152	242÷453	-7,3÷41,5	8,4	0,039
	[64]	173	306÷639	1,5÷35,8	14,9	0,0049
			ED, MJ/d	**∆GD, mm**		
ED/∆GD	[34]	619	29,0÷38,6	3,0÷6,6	10,4	0,015
	[38]	23	23,0÷55	0,7÷2,6	15,3	0,0016
	[53]	268	65,3÷83,5	6,4÷10,0	13,7	0,0034
	[60]	152	20÷38	-0,1÷6,2	14,1	0,0028
	[64]	173	31,4÷60,3	1,0÷5,0	14,3	0,0026
			PB, g/d	**∆GD, mm**		
PB/∆GD	[34]	619	297÷511	3,0÷6,6	4,79	0,19
	[38]	23	252÷504	0,7÷2,6	7,22	0,065
	[53]	268	699÷885	6,4÷10,0	7,22	0,065
	[60]	152	242÷453	-0,1÷6,2	5,34	0,15
	[64]	173	306÷639	1,0÷5,0	3,12	0,37

(* Eliminant l'article en qüestió per a valorar Q_T

Taula B3 : Característiques generals dels articles seleccionats per a les correlacions entorn a la Condició Corporal a l'inici d'alletament (Wi i GDi) amb el guany de pes dels garrins fins a final d'alletament (ΔWl)

Correlació	Variable	Mediana	N articles(*	Mínim	Màxim
Wi/ΔWl	Wi, kg	197,5	2 de 5	159,0	270,4
	ΔWl, kg	53,2	2 de 5	30,4	76,4
GDi/ΔWl	GDi, mm	20,8	2 de 10	10,3	35,4
	ΔWl, kg	51,9	6 de 10	30,4	82,3

(* Articles on la mediana del conjunt d'articles no es troba en llur rang

Taula B4 : Característiques de cadascun dels articles implicats en les correlacions plantejades en la taula B3 i anàlisi de sensibilitat sobre l'estadístic Q_T

Correlació	Article	N verres	Interval variables		Sensibilitat Wi/iWl(*	
			Wi, kg	ΔWl, kg	Q_T	p
Wi/ΔWl	[7]	35	241,2÷270,4	44,1÷65	4,89	0,18
	[12]	138	159÷219	55,2÷74,2	6,76	0,080
	[18]	501	180,6÷218,9	30,4÷36,6	6,02	0,11
	[52]	112	168,8÷218,9	31,8÷49,6	6,56	0,087
	[55]	64	210,4÷249,3	51,2÷76,4	4,51	0,21
			GDi, mm	**ΔWl, kg**		
GDi/ΔWl	[6]	42	16,9÷25,0	49,1÷76,6	11,37	0,18
	[7]	35	22,9÷26,0	44,1÷65	14,34	0,073
	[12]	138	13,8÷21,3	55,2÷74,2	15,14	0,057
	[18]	501	14,3÷21,9	30,4÷36,6	15,67	0,047
	[44]	40	18,2÷22,5	40,5÷59,0	13,65	0,091
	[47]	33	18,3÷22,8	60,3÷82,3	15,19	0,056
	[48]	60	18,3÷22,7	51,9÷66,7	12,48	0,13
	[52]	112	20,7÷35,4	31,8÷49,6	15,02	0,059
	[55]	64	20,0÷34,4	51,2÷76,4	12,88	0,12
	[68]	244	10,3÷12,9	42,9÷47,2	14,33	0,074

(* Eliminant l'article en qüestió per a valorar Q_T

Taula B5 : Característiques generals dels articles seleccionats per les correlacions entorn a la pèrdua de Condició Corporal durant l'alletament (∆W i iGD) amb el guany de pes dels garrins fins a final d'alletament (∆Wl)

Correlació	Variable	Mediana	N articles(*	Mínim	Màxim
∆W/∆Wl	∆W kg	-10,71	17 de 31	-46,0	22,3
	∆Wl kg	46,6	18 de 31	22,2	82,3
∆GD/∆Wl	∆GD mm	-2,7	16 de 31	-9,6	4,5
	∆Wl kg	46,4	17 de 31	22,2	82,3

(* Articles on la mediana del conjunt d'articles no es troba en llur rang

Taula B6 : Característiques de cadascun dels articles seleccionats per a la correlació ∆W/∆Wl i anàlisi de sensibilitat sobre l'estadístic Q_T

Article	N verres	Interval variables		Sensibilitat ∆W/∆Wl(*	
		∆W kg	∆Wl kg	Q_T	p
[4]	140	-35,8÷-18,3	44,0÷49,3	108,99	10^{-11}
[6]	42	-19,7÷-7,6	49,1÷76,6	107,59	10^{-11}
[7]	35	-17,0÷-5,0	44,1÷65	107,39	10^{-10}
[10]	153	-16,5÷-10,6	42,2÷44,3	108,90	10^{-11}
[12]	138	-14,8÷22,3	55,2÷74,2	107,36	10^{-10}
[13]	293	-2,3÷10,5	57,4÷63,4	108,92	10^{-11}
[15]	267	-16,1÷1,7	37,4÷47,5	96,01	10^{-9}
[18]	501	-6,4÷-1,2	30,4÷36,6	107,98	10^{-11}
[20]	35	-31,7÷-10,7	22,2÷42,3	108,33	10^{-11}
[22]	75	-11,9÷-2,8	40,1÷44,0	109,05	10^{-11}
[23]	43	-2÷ 4	37,4÷41,8	108,59	10^{-11}
[24]	198	-9÷ 6	44,9÷51,1	107,57	10^{-11}
[25]	171	-13÷ 7	39,7÷58,7	106,88	10^{-11}
[31]	306	-5,4÷-2,2	42,2÷45,2	108,54	10^{-11}
[34]	619	-22,5÷-11,3	37,9÷47,8	108,39	10^{-11}
[43]	63	-35,0÷-22,0	38,6÷49,8	104,94	10^{-10}
[44]	40	-35,0÷-23	40,5÷59,0	105,39	10^{-10}
[45]	42	-36,0÷-21,0	40,9÷51,4	99,12	10^{-9}
[46]	187	-37,0÷-29,0	70,1÷81,3	104,94	10^{-10}
[47]	33	-46,0÷-14,0	60,3÷82,3	98,46	10^{-9}
[48]	60	-38,0÷-13,0	51,9÷66,7	108,73	10^{-11}
[50]	203	-2,7÷ 1,0	60,6÷64	109,06	10^{-11}
[51]	202	-20,2÷-9,3	44,7÷50,1	102,55	10^{-10}
[52]	112	-25,7÷-9,7	31,8÷49,6	105,66	10^{-10}
[55]	64	-18,6÷-2,1	51,2÷76,4	96,67	10^{-9}
[57]	83	-13,4÷-3,2	40,3÷68,1	107,03	10^{-11}
[64]	173	-41,0÷-8,0	42,9÷52,1	107,92	10^{-11}
[66]	100	-10,5÷-7,2	34,9÷38,6	105,1	10^{-10}
[67]	38	-8,6÷-0,7	34,2÷40,7	109,08	10^{-11}
[68]	244	-3,3÷6,7	38,2÷47,2	85,95	10^{-7}
[70]	164	-12,8÷-7,5	41,3÷44,9	108,40	10^{-11}

(* Eliminant l'article en qüestió per a valorar Q_T

Taula B7 : Característiques de cadascun dels articles seleccionats per a la correlació iGD/iWl i anàlisi de sensibilitat sobre l'estadístic Q_T

Article	N verres	Interval variables		Sensibilitat ΔGD/ΔWl(*)	
		ΔGD mm	ΔWl kg	Q_T	p
[4]	140	-7,6÷-3,5	44,0÷49,3	99,21	10^{-9}
[6]	42	-7,8÷4,5	49,1÷76,6	92,50	10^{-8}
[7]	35	-5,0÷-2,6	44,1÷65	95,95	10^{-9}
[10]	153	-3,3÷-2,3	42,2÷44,3	99,13	10^{-9}
[12]	138	-2,4÷1,7	55,2÷74,2	100,23	10^{-10}
[13]	293	-0,6÷1,3	57,4÷63,4	100,62	10^{-10}
[15]	267	-3,5÷-2,2	37,4÷47,5	87,47	10^{-7}
[18]	501	-1,3÷0,9	30,4÷36,6	100,81	10^{-10}
[20]	35	-5,5÷-3,3	22,2÷42,3	100,01	10^{-10}
[22]	75	-2,4÷-1,5	40,1÷44,0	100,92	10^{-10}
[23]	43	-3,5÷-0,6	37,4÷41,8	84,37	10^{-7}
[24]	198	-1,2÷1,5	44,9÷51,1	100,72	10^{-10}
[25]	171	-2,8÷2,1	39,7÷58,7	99,95	10^{-10}
[31]	306	-2,1÷-0,7	42,2÷45,2	99,54	10^{-9}
[34]	619	-5,5÷-2,8	37,9÷47,8	100,85	10^{-10}
[43]	63	-3,5÷-1,9	38,6÷49,8	99,21	10^{-9}
[44]	40	-3,5÷-1,7	40,5÷59,0	98,07	10^{-9}
[45]	42	-3,5÷-2,2	40,9÷51,4	97,60	10^{-9}
[46]	187	-4,6÷-4,3	70,1÷81,3	94,32	10^{-9}
[47]	33	-4,8÷-1,6	60,3÷82,3	99,57	10^{-9}
[48]	60	-5,4÷-3,3	51,9÷66,7	98,81	10^{-9}
[50]	203	-1,7÷-1,3	60,6÷64	100,60	10^{-10}
[51]	202	-4,3÷-3,8	44,7÷50,1	100,81	10^{-10}
[52]	112	-9,6÷-4,8	31,8÷49,6	100,05	10^{-10}
[55]	64	-7,1÷-1	51,2÷76,4	90,15	10^{-8}
[57]	83	-4,8÷-2,0	40,3÷68,1	99,72	10^{-9}
[64]	173	-5,0÷-3,0	42,9÷52,1	98,17	10^{-9}
[66]	100	-3,3÷-2,9	34,9÷38,6	99,94	10^{-9}
[67]	38	-2,1÷0,4	34,2÷40,7	93,06	10^{-8}
[68]	244	-1,8÷0,8	38,2÷47,2	92,42	10^{-8}
[70]	164	-3,2÷-2,1	41,3÷44,9	100,92	10^{-10}

(* Eliminant l'article en qüestió per a valorar Q_T

Taula B8 : Característiques generals dels articles seleccionats per a la correlació ingesta (ED i PB)de les verres amb el guany de pes dels garrins fins a final d'alletament (ΔWl)

Correlació	Variable	Mediana	N articles(*	Mínim	Màxim
ED/ΔWl	ED MJ/d	72,1	7 de 23	36,1	117,6
	ΔWl kg	45,8	11 de 23	22,2	82,3
PB/ΔWl	PB g/d	893,6	7 de 24	175,6	1786,8
	ΔWl kg	46,5	10 de 24	22,2	82,3

(* Articles on la mediana del conjunt d'articles no es troba en llur rang

Taula B9 : Característiques de cadascun dels articles seleccionats per a la correlació ED/ΔWl i anàlisi de sensibilitat sobre l'estadístic Q_T

Article	N verres	Interval variables		Sensibilitat ED/ΔWl(*	
		ED MJ/d	ΔWl kg	Q_T	p
[3]	223	51,8÷69,9	26,4÷35,5	156,54	10^{-23}
[4]	140	42,6÷69,6	44,0÷49,3	157,94	10^{-23}
[6]	42	61,7÷85,1	49,1÷76,6	155,98	10^{-22}
[12]	138	77,0÷117,6	55,2÷74,2	155,70	10^{-22}
[15]	267	59,1÷92,1	37,4÷47,5	144,35	10^{-20}
[18]	501	66,8÷106,8	30,4÷36,6	158,21	10^{-23}
[20]	35	36,1÷63,8	22,2÷42,3	148,38	10^{-21}
[22]	75	64,6÷80,8	40,1÷44,0	158,02	10^{-23}
[24]	198	65,5÷99,5	44,9÷51,1	154,88	10^{-22}
[25]	171	60,6÷98,6	39,7÷58,7	152,38	10^{-22}
[34]	619	63,5÷78,6	37,9÷47,8	158,03	10^{-23}
[43]	63	44,7÷82,2	38,6÷49,8	150,32	10^{-21}
[44]	40	44,2÷86,3	40,5÷59,0	152,06	10^{-22}
[45]	42	44,0÷75,4	40,9÷51,4	144,81	10^{-20}
[46]	187	53,0÷81,4	70,1÷81,3	136,61	10^{-19}
[47]	33	48,5÷105,9	60,3÷82,3	142,89	10^{-20}
[48]	60	44,8÷69,8	51,9÷66,7	157,07	10^{-23}
[52]	112	47,5÷78,1	31,8÷49,6	145,50	10^{-20}
[55]	64	83,5÷102,8	51,2÷76,4	157,82	10^{-23}
[57]	83	68,2÷103,0	40,3÷68,1	140,91	10^{-20}
[64]	173	68,5÷80,8	42,9÷52,1	157,46	10^{-23}
[66]	100	57,4÷65,4	34,9÷38,6	148,45	10^{-21}
[68]	244	55,1÷82,1	38,2÷47,2	142,44	10^{-20}

(* Eliminant l'article en qüestió per a valorar Q_T

Taula B10 : Característiques de cadascun dels articles seleccionats per a la correlació PB/∆Wl i anàlisi de sensibilitat sobre l'estadístic Q_T

Article	N verres	Interval variables		Sensibilitat PB/∆Wl(*	
		PB g/d	∆Wl kg	Q_T	p
[3]	223	775,7÷1047,6	26,4÷35,5	163,85	10^{-23}
[4]	140	552,0÷901,6	44,0÷49,3	164,52	10^{-24}
[6]	42	877,4÷1133,4	49,1÷76,6	162,03	10^{-23}
[12]	138	907,5÷1444,8	55,2÷74,2	161,74	10^{-23}
[15]	267	582,3÷1062,6	37,4÷47,5	153,91	10^{-22}
[18]	501	655,5÷982,5	30,4÷36,6	164,88	10^{-24}
[20]	35	175,6÷630,3	22,2÷42,3	160,53	10^{-23}
[22]	75	872,9÷1092,5	40,1÷44,0	164,67	10^{-24}
[24]	198	722,3÷1097,4	44,9÷51,1	161,48	10^{-23}
[25]	171	705,2÷1148,0	39,7÷58,7	158,98	10^{-23}
[34]	619	840,0÷1058,0	37,9÷47,8	164,60	10^{-24}
[43]	63	480,5÷884,5	38,6÷49,8	156,91	10^{-22}
[44]	40	480,5÷937,8	40,5÷59,0	158,66	10^{-22}
[45]	42	477,4÷818,4	40,9÷51,4	151,38	10^{-21}
[46]	187	655,7÷953,1	70,1÷81,3	123,09	10^{-16}
[47]	33	532,5÷1114,1	60,3÷82,3	157,08	10^{-22}
[48]	60	569,5÷860,6	51,9÷66,7	163,22	10^{-23}
[51]	202	626,4÷982,0	44,7÷50,1	155,68	10^{-22}
[52]	112	456,0÷750,6	31,8÷49,6	152,40	10^{-21}
[55]	64	1036,8÷1276,0	51,2÷76,4	164,48	10^{-24}
[57]	83	987,0÷1491,0	40,3÷68,1	147,52	10^{-20}
[64]	173	860,0÷1014,8	42,9÷52,1	164,05	10^{-23}
[66]	100	677,5÷716,3	34,9÷38,6	153,45	10^{-21}
[68]	244	792,2÷1786,8	38,2÷47,2	158,54	10^{-22}

(* Eliminant l'article en qüestió per a valorar Q_T

Taula B11 : Característiques generals dels articles seleccionats per a la correlació entre condició corporal a l'inici de l'alletament amb l'interval IDDZ per a verres primípares

	Variable	Mediana	N articles(*	Mínim	Màxim
ΔW/IDDZ	ΔW kg	-3,3	5 de 8	-37,0	35,8
	IDDZ d	5,6	2 de 8	4,6	9,2
ΔGD/IDDZ	ΔGD	-1,8	4 de 7	-3,5	7,6
	IDDZ	5,6	1 de 7	4,7	9,2

(* Articles on la mediana del conjunt d'articles no es troba en llur rang

Taula B12 : Característiques de cadascun dels articles implicats en les correlacions de la taula B11 i anàlisi de sensibilitat sobre l'estadístic Q_T

Correlació	Article	N verres	Interval variables		Sensibilitat ΔW/IDDZ(*	
			ΔW, kg	IDDZ, d	Q_T	p
ΔW/IDDZ	[4]	140	18,3÷35,8	5,2÷7,7	6,01	0,42
	[13]	293	-2,3÷10,5	4,7÷6,4	13,32	0,038
	[15]	267	-16,1÷1,7	5,4÷5,7	13,87	0,031
	[22]	75	-11,9÷-2,8	5,3÷5,6	13,74	0,033
	[46]	187	-37,0÷-29	4,6÷5,0	11,03	0,088
	[66]	100	-10,5÷-7,2	5,0÷5,8	14,45	0,025
	[68]	244	-3,3÷1,7	5,3÷6,6	14,11	0,028
	[70]	164	-12,8÷-7,5	7,3÷9,2	14,01	0,030
			ΔGD, mm	**IDDZ, d**		
ΔGD/IDDZ	[4]	140	3,5÷7,6	5,2÷7,7	7,05	0,22
	[13]	293	-0,6÷1,3	4,7÷6,4	14,0	0,016
	[15]	267	-3,5÷-2,2	5,4÷5,7	14,98	0,010
	[22]	75	-2,4÷-1,5	5,3÷5,6	14,13	0,015
	[66]	100	-3,3÷-2,9	5,0÷5,8	14,30	0,014
	[68]	244	-1,8÷-0,6	5,3÷6,6	12,38	0,030
	[70]	164	-3,2÷-2,1	7,3÷9,2	15,50	0,0084

(* Eliminant l'article en qüestió per a valorar Q_T

Taula B13 : Característiques generals dels articles seleccionats per a la correlació GDf/IDDZ en verres mutípares

Variable	Mediana	N articles(*	Mínim	Màxim
GDf	15,7	1 de 5	9,9	22,5
IDDZ	4,9	1 de 5	3,9	6,6

(* Articles on la mediana del conjunt d'articles no es troba en llur rang

Taula B14 : Característiques de cadascun dels articles seleccionats per a la correlació GDf/IDDZ en verres multípares i anàlisi de sensibilitat sobre l'estadístic Q_T

Article	N verres	Interval variables		Sensibilitat GDf/IDDZ(*	
		GDf	IDDZ	Q_T	p
[7]	103	15,5÷22,5	4,4÷5,9	12,14	0,0069
[13]	293	12,9÷18,9	4,7÷6,4	7,97	0,047
[18]	501	14,0÷20,6	5,5÷6,6	12,98	0,0047
[47]	33	13,9÷18,5	4,0÷5,2	6,45	0,092
[68]	244	9,9÷12,3	3,9÷5,0	11,32	0,010

(* Eliminant l'article en qüestió per a valorar Q_T

Taula B15 . Característiques generals dels articles seleccionats per a les correlacions entorn a la pèrdua de Condició Corporal (∆W i ∆GD) de verres multípares durant l'alletament amb l'interval IDDZ

Correlació	Variable	Mediana	N articles(*	Mínim	Màxim
∆W/IDDZ	∆W kg	-2,6	4 de 7	-46,0	10,5
	IDDZ d	5,0	2 de 7	3,9	9,0
∆GD/IDDZ	∆GD	-1,3	4 de 6	-5	1,3
	IDDZ	4,9	1 de 6	3,9	6,6

(* Articles on la mediana del conjunt d'articles no es troba en llur rang

Taula B16 : Característiques de cadascun dels articles implicats en les correlacions plantejades en la taula B15 i anàlisi de sensibilitat sobre l'estadístic Q_T

Correlació	Article	N verres	Interval variables		Sensibilitat ∆W/IDDZ(*	
			∆W kg	IDDZ d	Q_T	p
∆W/IDDZ	[7]	103	-17,0÷-5,0	4,4÷5,9	6,28	0,28
	[13]	293	-2,3÷10,5	4,7÷6,4	6,69	0,24
	[18]	501	-6,4÷-1,2	5,5÷6,6	7,27	0,20
	[47]	33	-46,0÷-14	4,0÷5,2	5,89	0,32
	[50]	203	-2,65÷ 1,0	4,9÷5,2	6,03	0,30
	[63]	257	-16,3÷-10,6	5,6÷9,0	7,10	0,21
	[68]	244	-0,7÷ 6,7	3,9÷5,0	6,20	0,29
∆GD/IDDZ	[7]	103	-5,0÷-2,6	4,4÷5,9	5,84	0,21
	[13]	293	-0,6÷1,3	4,7÷6,4	5,08	0,28
	[18]	501	-1,3÷0,9	5,5÷6,6	6,44	0,17
	[47]	33	-4,8÷-1,6	4,0÷5,2	6,16	0,19
	[50]	203	-1,7÷-1,3	4,9÷5,2	4,57	0,33
	[68]	244	-1,1÷0,8	3,9÷5,0	2,77	0,60

(* Eliminant l'article en qüestió per a valorar Q_T

C

Annex

En les taules C1, C5, C9, C13, C17 i C21 es dóna la distribució de les variables extretes de l'efecte ressonant de la plataforma (§3.3.3.7.) i analitzades per a ser usades en xarxes neuronals i posterior anàlisi de sensibilitat i discriminant sobre les variables : gruix de greix dorsal (GD), increment de pes de la garrinada (ΔWl, 21 dies, 10 garrins) i l'interval desalletament-cubrició fèrtil (IDCF). S'estudia per a les tres bandes de freqüència estudiades (2-10 Hz, 10-20 Hz, 20-30 Hz), diferenciant les entrades i sortides a paridera. S'exposa, en cada cas, la seva correlació en les taules C2, C6, C10, C14, C18 i C22, els coeficients dels components principals en les taules C3, C7, C11, C15, C19 i C23, les variàncies corresponents a cada component en les taules C4, C8, C12, C16, C20 i C24 i el gràfic ROC per a un nombre diferent d'iteracions aplicat en les xarxes neuronals (figures C1 a C12) .

2-10 Hz entrant

Taula C1 : Valors de mediana i interquartils de les variables extretes de les passades (206 passades) d'entrada a parideres filtrades a una freqüència entre 2 i 10 Hz

	GD	W	Ng	Long	Pendp	D_2p	D_2p/Ampl	Distp	Pendn	D_2n	D_2n/Ampl	Distn	Ampl
M	20,50	247,58	11,00	1582,50	0,84	-0,17	-0,0227	45,88	-0,78	0,15	-0,0212	46,08	14,29
IQ	4,08	53,05	5,00	2324,75	0,90	0,19	0,0072	9,63	0,87	0,15	0,0064	8,95	15,28
%IQ/M	20	21	45	147	107	116	32	21	112	99	30	19	107

Taula C2 : Matriu de correlacions entre les variables extretes dels senyals filtrats amb un passabanda 2-10 Hz per al tram considerat rellevant de les passades (206 passades) d'entrada a parideres

	Long	Pendp	D_2p	D_2p/Ampl	Distp	Pendn	D_2n	D_2n/Ampl	Distn	Ampl	W	Ng	GD
Longitud	1,00	-0,69	0,68	0,30	0,26	0,71	-0,65	0,24	0,28	-0,72	0,09	0,05	-0,04
Pendp	-0,69	1,00	-0,89	-0,25	-0,25	-0,92	0,91	-0,35	-0,31	0,93	0,00	0,02	0,05
D_2p	0,68	-0,89	1,00	0,45	0,38	0,89	-0,90	0,49	0,44	-0,87	0,05	0,02	-0,03
D_2p/Ampl	0,30	-0,25	0,45	1,00	0,60	0,26	-0,34	0,74	0,64	-0,13	0,30	0,04	0,11
Distp	0,26	-0,25	0,38	0,60	1,00	0,31	-0,40	0,54	0,40	-0,20	0,33	0,08	0,05
Pendn	0,71	-0,92	0,89	0,26	0,31	1,00	-0,91	0,33	0,29	-0,94	0,03	-0,01	-0,06
D_2n	-0,65	0,91	-0,90	-0,34	-0,40	-0,91	1,00	-0,48	-0,39	0,88	-0,07	0,01	0,02
D_2n/Ampl	0,24	-0,35	0,49	0,74	0,54	0,33	-0,48	1,00	0,73	-0,20	0,22	0,00	0,06
Distn	0,28	-0,31	0,44	0,64	0,40	0,29	-0,39	0,73	1,00	-0,21	0,30	-0,02	0,14
Amplitud	-0,72	0,93	-0,87	-0,13	-0,20	-0,94	0,88	-0,20	-0,21	1,00	0,04	-0,01	0,08
W	0,09	0,00	0,05	0,30	0,33	0,03	-0,07	0,22	0,30	0,04	1,00	-0,09	0,47
Ng	0,05	0,02	0,02	0,04	0,08	-0,01	0,01	0,00	-0,02	-0,01	-0,09	1,00	-0,26
GD	-0,04	0,05	-0,03	0,11	0,05	-0,06	0,02	0,06	0,14	0,08	0,47	-0,26	1,00

Taula C3 : Matriu de coeficients dels components principals de les variables estandarditzades del senyal filtrat amb un passabanda de 2-10 Hz (entrada a parideres, 206 passades)

	Components Principals											
	1	2	3(*	4(*	5	6	7	8	9	10	11	12
Longitud	0,31	0,14	-0,03	0,20	0,15	0,82	-0,16	0,34	-0,05	0,07	-0,03	0,06
Pendp	-0,37	-0,22	-0,04	0,02	-0,04	0,15	-0,05	0,02	-0,67	-0,29	-0,38	-0,32
D_2p	0,39	0,09	-0,01	-0,06	0,00	-0,08	0,19	-0,23	-0,69	0,33	0,37	0,12
D_2p/Ampl	0,22	-0,46	-0,08	-0,13	-0,07	0,34	0,58	-0,43	0,21	-0,06	-0,16	-0,07
Distp	0,21	-0,35	-0,12	0,24	-0,76	-0,01	-0,41	-0,04	0,02	0,03	0,10	-0,01
Pendn	0,37	0,21	0,03	0,05	-0,04	-0,11	0,01	-0,08	-0,09	-0,79	-0,09	0,39
D_2n	-0,38	-0,12	-0,03	0,02	0,07	0,27	-0,03	-0,15	0,03	-0,34	0,79	-0,04
D_2n/Ampl	0,25	-0,41	-0,04	-0,34	0,05	-0,18	0,17	0,71	-0,03	-0,14	0,19	-0,12
Distn	0,23	-0,39	0,04	-0,25	0,50	-0,04	-0,61	-0,31	0,01	0,00	-0,05	0,02
Amplitud	-0,35	-0,30	-0,02	-0,07	-0,02	0,08	0,04	0,13	-0,10	0,16	-0,10	0,84
W	0,07	-0,34	0,32	0,79	0,29	-0,20	0,15	0,06	-0,02	0,00	0,04	-0,01
Ng	0,00	0,00	-0,93	0,25	0,22	-0,13	0,03	0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,02

(* Component amb significació en l'anàlisi de sensibilitat (taula….4.2.2.)

Taula C4 : Variabilitat descrita en cadascun dels components principals corresponents a les variables extretes del senyal filtrat amb un passabanda 2-10 Hz (entrada a parideres, 206 passades)

	Components Principals											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Variàncies	5,98	2,32	1,05	0,85	0,58	0,45	0,29	0,21	0,08	0,08	0,07	0,04
%	49,83	19,35	8,72	7,06	4,85	3,77	2,45	1,74	0,68	0,66	0,58	0,33

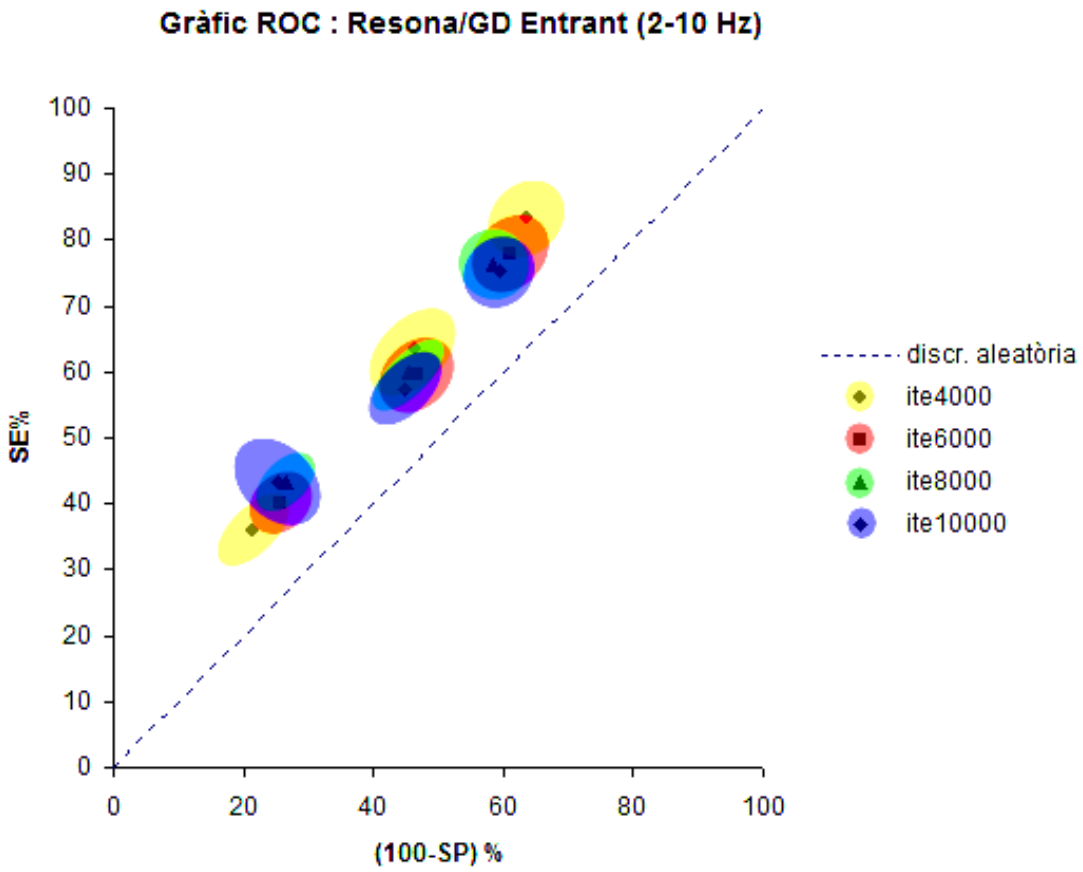


Figura C1 : Gràfic ROC de la discriminació de la variable greix dorsal (GD) a l'entrada a parideres per a diferent nombre d'iteracions de la xarxa neuronal a partir de les variables extretes del senyal en la banda 2-10Hz

2-10 sortint

Taula C5 : Valors de mediana i interquartils de les variables extretes de les passades (190 passades) de sortida de parideres filtrades a una freqüència entre 2 i 10 Hz

	GD	W	Llong	Pendp	D_2p	D_2p/Ampl	Distp	Pendn	D_2n	D_2n/Ampl	Distn	Ampl
M	17,00	199,21	1354,00	0,81	-0,17	-0,0241	43,48	-0,79	0,15	-0,0233	43,58	12,65
IQ	3,50	49,28	1989,25	1,03	0,19	0,0076	10,34	1,00	0,17	0,0073	10,41	15,68
%IQ/M	21	25	147	127	115	32	24	127	112	32	24	124

Taula C6 : Matriu de correlacions entre les variables extretes dels senyals filtrats amb un passabanda 2-10 Hz per al tram considerat rellevant de les passades (190 passades) de sortida de parideres

	Llong	Pendp	D_2p	D_2p/Ampl	Distp	Pendn	D_2n	D_2n/Ampl	Distn	Ampl	W	GD
Longitud	1,00	-0,67	0,63	0,08	0,20	0,66	-0,62	0,08	0,12	-0,66	-0,22	-0,05
Pendp	-0,67	1,00	-0,91	-0,04	-0,17	-0,95	0,82	-0,06	0,00	0,94	0,34	0,10
D_2p	0,63	-0,91	1,00	0,17	0,18	0,91	-0,80	0,07	0,10	-0,87	-0,26	-0,07
D_2p/Ampl	0,08	-0,04	0,17	1,00	0,57	0,03	-0,15	0,56	0,61	0,11	0,14	0,02
Distp	0,20	-0,17	0,18	0,57	1,00	0,08	-0,31	0,58	0,57	-0,03	0,09	0,10
Pendn	0,66	-0,95	0,91	0,03	0,08	1,00	-0,77	0,03	-0,04	-0,93	-0,35	-0,11
D_2n	-0,62	0,82	-0,80	-0,15	-0,31	-0,77	1,00	-0,20	-0,22	0,77	0,26	0,06
D_2n/Ampl	0,08	-0,06	0,07	0,56	0,58	0,03	-0,20	1,00	0,66	0,05	0,10	0,11
Distn	0,12	0,00	0,10	0,61	0,57	-0,04	-0,22	0,66	1,00	0,06	0,17	0,11
Amplitud	-0,66	0,94	-0,87	0,11	-0,03	-0,93	0,77	0,05	0,06	1,00	0,37	0,11
W	-0,22	0,34	-0,26	0,14	0,09	-0,35	0,26	0,10	0,17	0,37	1,00	0,56
GD	-0,05	0,10	-0,07	0,02	0,10	-0,11	0,06	0,11	0,11	0,11	0,56	1,00

Taula C7 : Matriu de coeficients dels components principals de les variables estandarditzades del senyal filtrat amb un passabanda de 2-10 Hz (sortida de parideres, 190 passades)

	Components Principals										
	1	2	3(*	4	5	6	7	8	9	10	11
Longitud	0,33	-0,01	-0,10	-0,70	-0,40	-0,41	-0,24	-0,06	-0,07	0,00	0,02
Pendp	-0,42	-0,07	0,07	-0,12	-0,05	-0,13	0,07	-0,16	-0,21	-0,18	-0,82
D_2p	0,41	0,02	-0,13	0,30	-0,01	-0,05	0,07	0,12	-0,81	-0,20	-0,03
D_2p/Ampl	0,06	-0,48	0,04	0,55	-0,47	-0,37	-0,14	-0,17	0,23	-0,10	0,01
Distp	0,11	-0,46	0,07	-0,18	-0,40	0,72	0,05	0,22	-0,03	0,00	-0,10
Pendn	0,41	0,10	-0,06	0,19	0,08	-0,02	-0,17	0,21	0,17	0,65	-0,50
D_2n	-0,39	0,06	0,04	0,05	-0,14	-0,18	-0,34	0,81	-0,07	-0,05	0,07
D_2n/Ampl	0,07	-0,48	0,17	-0,10	0,57	0,03	-0,61	-0,11	-0,10	-0,09	0,01
Distn	0,06	-0,50	0,05	-0,17	0,29	-0,35	0,62	0,32	0,04	0,12	0,03
Amplitud	-0,41	-0,15	0,06	-0,02	-0,15	-0,03	-0,03	-0,25	-0,44	0,69	0,25
W	-0,16	-0,18	-0,96	0,00	0,09	0,06	-0,07	-0,01	0,06	0,00	-0,01

(* Component amb significació en l'anàlisi de sensibilitat (taula….4.2.2.)

Taula C8 : Variabilitat descrita en cadascun dels components principals corresponents a les variables extretes del senyal filtrat amb un passabanda 2-10 Hz (sortida de parideres, 190 passades)

	Components Principals										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Variàncies	5,19	2,85	0,82	0,50	0,46	0,44	0,34	0,21	0,08	0,06	0,04
%	43,27	23,75	6,85	4,21	3,87	3,67	2,84	1,76	0,67	0,47	0,32

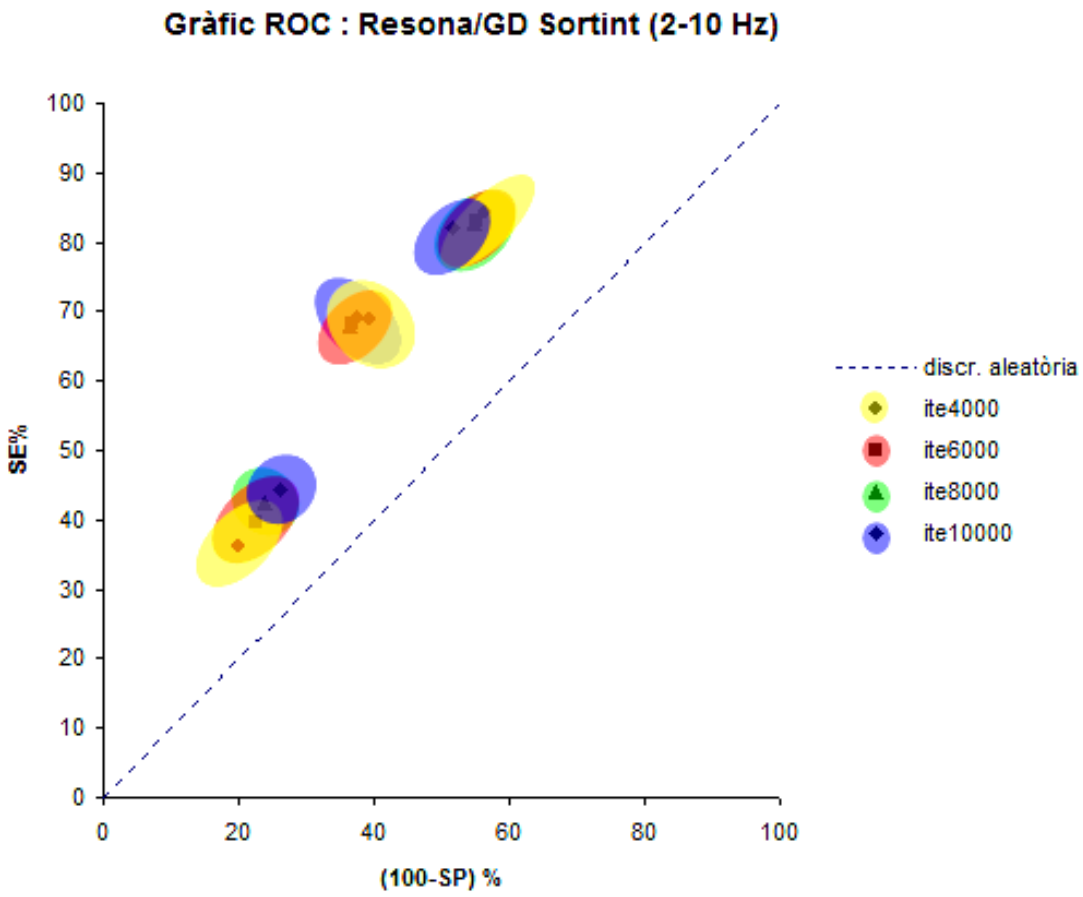


Figura C2 : Gràfic ROC de la discriminació de la variable greix dorsal (GD) a la sortida de parideres per a diferent nombre d'iteracions de la xarxa neuronal a partir de les variables extretes del senyal en la banda 2-10Hz

10-20 entrant

Taula C9 : Valors de mediana i interquartils de les variables extretes de les passades (208 passades) d'entrada a parideres filtrades a una freqüència entre 10 i 20 Hz

	GD	W	Ng	Llong	Pendp	D_2p	D_2p/Ampl	Distp	Pendn	D_2n	D_2n/Ampl	Distn	Ampl
M	20,50	247,06	11,00	1607	0,25	-0,54	-0,2082	13,08	-0,24	0,54	-0,2082	13,09	5,15
IQ	4,03	55,13	5,00	2327	0,34	0,66	0,0202	0,69	0,33	0,67	0,0189	0,74	6,54
%IQ/M	20	22	45	145	137	123	10	5	138	124	9	6	127

Taula C10 : Matriu de correlacions entre les variables extretes dels senyals filtrats amb un passabanda 10-20 Hz per al tram considerat rellevant de les passades (208 passades) d'entrada a parideres

	Llong	Pendp	D_2p	D_2p/Ampl	Distp	Pendn	D_2n	D_2n/Ampl	Distn	Ampl	W	Ng	GD
Longitud	1,00	-0,60	0,68	-0,35	-0,30	0,68	-0,69	-0,31	-0,30	-0,69	0,09	0,04	-0,02
Pendp	-0,60	1,00	-0,82	0,41	0,42	-0,92	0,83	0,41	0,35	0,88	-0,17	-0,06	0,03
D_2p	0,68	-0,82	1,00	-0,16	-0,16	0,87	-0,99	-0,15	-0,11	-0,98	0,09	0,00	-0,07
D_2p/Ampl	-0,35	0,41	-0,16	1,00	0,95	-0,45	0,16	0,95	0,96	0,25	-0,30	-0,03	-0,17
Distp	-0,30	0,42	-0,16	0,95	1,00	-0,44	0,16	0,96	0,96	0,25	-0,31	-0,01	-0,17
Pendn	0,68	-0,92	0,87	-0,45	-0,44	1,00	-0,88	-0,43	-0,41	-0,92	0,16	0,07	-0,04
D_2n	-0,69	0,83	-0,99	0,16	0,16	-0,88	1,00	0,15	0,11	0,99	-0,10	-0,01	0,06
D_2n/Ampl	-0,31	0,41	-0,15	0,95	0,96	-0,43	0,15	1,00	0,95	0,24	-0,30	-0,05	-0,16
Distn	-0,30	0,35	-0,11	0,96	0,96	-0,41	0,11	0,95	1,00	0,20	-0,31	-0,03	-0,16
Amplitud	-0,69	0,88	-0,98	0,25	0,25	-0,92	0,99	0,24	0,20	1,00	-0,13	-0,01	0,05
W	0,09	-0,17	0,09	-0,30	-0,31	0,16	-0,10	-0,30	-0,31	-0,13	1,00	-0,07	0,46
Ng	0,04	-0,06	0,00	-0,03	-0,01	0,07	-0,01	-0,05	-0,03	-0,01	-0,07	1,00	-0,25
GD	-0,02	0,03	-0,07	-0,17	-0,17	-0,04	0,06	-0,16	-0,16	0,05	0,46	-0,25	1,00

Taula C11 : Matriu de coeficients dels components principals de les variables estandarditzades del senyal filtrat amb un passabanda de 10-20 Hz (entrada a parideres, 208 passades)

	Components Principals											
	1(*	2(*	3(*	4	5	6	7	8	9	10	11(*	12
Longitud	0,30	-0,14	0,05	0,09	0,91	-0,22	0,05	0,07	0,02	0,00	0,00	-0,02
Pendp	-0,36	0,15	-0,03	0,02	0,33	0,72	-0,31	0,05	-0,28	-0,18	0,04	-0,10
D_2p	0,32	-0,32	-0,04	0,00	-0,06	0,40	0,08	-0,04	0,08	0,03	-0,77	0,15
D_2p/Ampl	-0,28	-0,39	-0,03	-0,09	-0,02	-0,02	0,02	0,82	0,00	0,30	0,01	-0,02
Distp	-0,28	-0,40	-0,01	-0,09	0,08	-0,07	-0,13	-0,52	-0,30	0,61	0,02	0,05
Pendn	0,38	-0,15	0,04	0,01	-0,16	-0,23	-0,73	0,14	-0,41	-0,18	-0,01	0,07
D_2n	-0,33	0,32	0,04	0,02	0,06	-0,37	-0,16	0,02	-0,02	0,04	-0,59	-0,53
D_2n/Ampl	-0,27	-0,40	-0,05	-0,08	0,05	-0,06	-0,40	-0,18	0,68	-0,31	0,04	-0,01
Distn	-0,26	-0,41	-0,03	-0,08	-0,02	-0,18	0,39	-0,08	-0,43	-0,61	-0,06	-0,04
Amplitud	-0,35	0,27	0,03	0,01	0,12	-0,21	-0,07	0,06	-0,03	-0,05	-0,23	0,82
W	0,11	0,15	-0,45	-0,87	0,09	-0,02	-0,01	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,00
Ng	0,02	0,00	0,89	-0,46	0,01	0,06	0,02	0,00	0,03	-0,02	-0,01	-0,01

(* Component amb significació en l'anàlisi de sensibilitat (taula….4.2.2.)

Taula C12 : Variabilitat descrita en cadascun dels components principals corresponents a les variables extretes del senyal filtrat amb un passabanda 10-20 Hz (entrada a parideres, 208 passades)

	Components Principals											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Variàncies	6,10	3,17	1,05	0,84	0,47	0,17	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	0,00
%	50,87	26,38	8,72	7,00	3,90	1,44	0,62	0,40	0,32	0,25	0,08	0,03

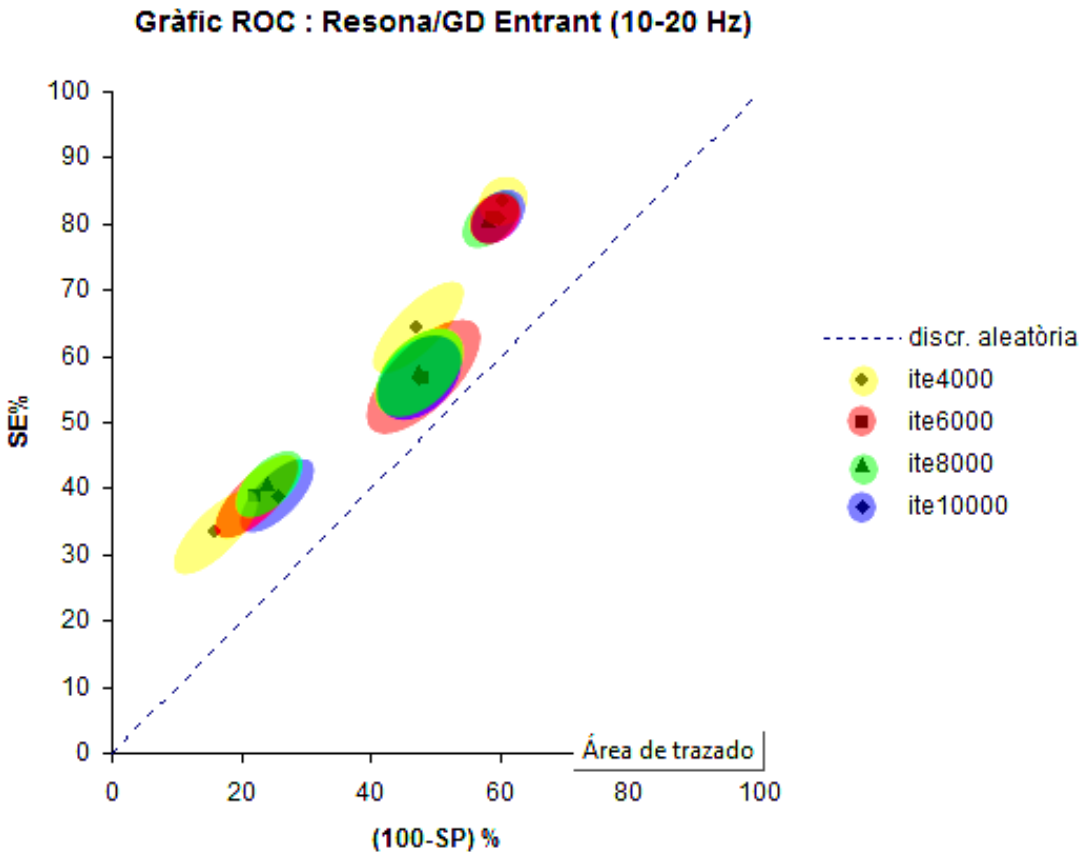


Figura C3 : Gràfic ROC de la discriminació de la variable greix dorsal (GD) a l'entrada a parideres per a diferent nombre d'iteracions de la xarxa neuronal a partir de les variables extretes del senyal en la banda 10-20Hz

10-20 sortint

Taula C13 : Valors de mediana i interquartils de les variables extretes de les passades (189 passades) de sortida de parideres filtrades a una freqüència entre 10 i 20 Hz

	GD	W	Long	Pendp	D_2p	D_2p/Ampl	Distp	Pendn	D_2n	D_2n/Ampl	Distn	Ampl
M	17,00	199,73	1364	0,30	-0,56	-0,1964	13,53	-0,28	0,54	-0,1963	13,53	5,28
IQ	3,50	49,41	1989	0,40	0,52	0,0268	1,21	0,38	0,55	0,0282	1,23	5,91
%IQ/M	21	25	146	133	93	14	9	138	103	14	9	112

Taula C14 : Matriu de correlacions entre les variables extretes dels senyals filtrats amb un passabanda 10-20 Hz per al tram considerat rellevant de les passades (189 passades) de sortida de parideres

	Llong	Pendp	D_2p	D_2p/Ampl	Distp	Pendn	D_2n	D_2n/Ampl	Distn	Ampl	W	GD
Longitud	1,00	-0,60	0,62	-0,27	-0,26	0,59	-0,63	-0,28	-0,26	-0,62	-0,23	-0,05
Pendp	-0,60	1,00	-0,82	0,46	0,48	-0,97	0,80	0,47	0,47	0,88	0,17	-0,06
D_2p	0,62	-0,82	1,00	-0,09	-0,10	0,81	-0,99	-0,09	-0,08	-0,98	-0,34	-0,11
D_2p/Ampl	-0,27	0,46	-0,09	1,00	0,96	-0,46	0,08	0,97	0,97	0,22	-0,27	-0,28
Distp	-0,26	0,48	-0,10	0,96	1,00	-0,47	0,09	0,96	0,98	0,22	-0,25	-0,25
Pendn	0,59	-0,97	0,81	-0,46	-0,47	1,00	-0,79	-0,46	-0,46	-0,87	-0,15	0,06
D_2n	-0,63	0,80	-0,99	0,08	0,09	-0,79	1,00	0,08	0,08	0,98	0,36	0,12
D_2n/Ampl	-0,28	0,47	-0,09	0,97	0,96	-0,46	0,08	1,00	0,96	0,21	-0,26	-0,27
Distn	-0,26	0,47	-0,08	0,97	0,98	-0,46	0,08	0,96	1,00	0,21	-0,26	-0,25
Amplitud	-0,62	0,88	-0,98	0,22	0,22	-0,87	0,98	0,21	0,21	1,00	0,28	0,05
W	-0,23	0,17	-0,34	-0,27	-0,25	-0,15	0,36	-0,26	-0,26	0,28	1,00	0,55
GD	-0,05	-0,06	-0,11	-0,28	-0,25	0,06	0,12	-0,27	-0,25	0,05	0,55	1,00

Taula C15 : Matriu de coeficients dels components principals de les variables estandarditzades del senyal filtrat amb un passabanda de 2-10 Hz (sortida de parideres, 189 passades)

	Components Principals										
	1	2	3(*	4	5	6	7(*	8	9	10(*	11(**
Longitud	0,28	-0,14	0,19	-0,92	-0,12	0,03	-0,01	-0,01	0,01	-0,02	-0,02
Pendp	-0,38	0,10	0,10	-0,17	0,52	-0,01	-0,27	-0,66	-0,08	0,04	-0,12
D_2p	0,32	-0,32	-0,13	0,07	0,34	0,02	0,06	-0,19	0,08	-0,41	0,66
D_2p/Ampl	-0,27	-0,39	-0,10	-0,02	-0,15	0,32	0,61	-0,21	-0,46	-0,02	-0,08
Distp	-0,28	-0,38	-0,12	-0,06	-0,10	-0,53	-0,40	0,23	-0,46	-0,21	0,03
Pendn	0,38	-0,10	-0,13	0,18	-0,57	-0,03	-0,30	-0,60	-0,09	0,15	-0,02
D_2n	-0,32	0,32	0,11	-0,05	-0,41	0,02	0,04	-0,15	0,20	-0,75	0,01
D_2n/Ampl	-0,27	-0,38	-0,11	-0,01	-0,09	0,65	-0,48	0,17	0,27	0,02	0,02
Distn	-0,27	-0,39	-0,11	-0,05	-0,11	-0,43	0,26	-0,15	0,66	0,20	-0,02
Amplitud	-0,35	0,26	0,15	-0,11	-0,25	0,00	0,00	0,00	-0,11	0,40	0,73
W	-0,04	0,31	-0,92	-0,25	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02

(* Component amb significació en l'anàlisi de sensibilitat (taula….4.2.2.)

Taula C16 : Variabilitat descrita en cadascun dels components principals corresponents a les variables extretes del senyal filtrat amb un passabanda 10-20 Hz (entrada a parideres, 189 passades)

	Components Principals										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Variancies	5,90	3,48	0,75	0,52	0,20	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
%	53,66	31,65	6,80	4,74	1,86	0,43	0,31	0,23	0,17	0,11	0,05

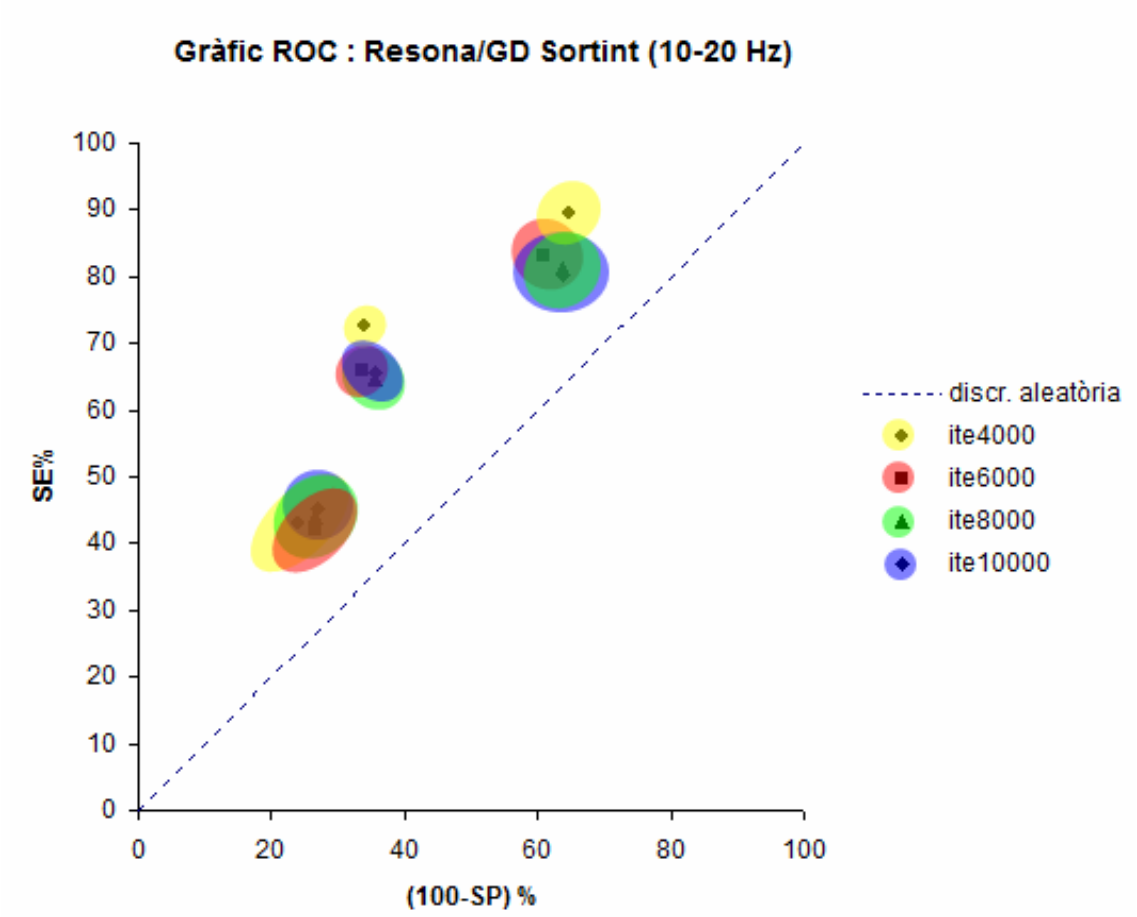


Figura C4 : Gràfic ROC de la discriminació de la variable greix dorsal (GD) a la sortida de parideres per a diferent nombre d'iteracions de la xarxa neuronal a partir de les variables extretes del senyal en la banda 10-20Hz

20-30 entrant

Taula C17 : Valors de mediana i interquartils de les variables extretes de les passades (205 passades) d'entrada a parideres filtrades a una freqüència entre 20 i 30 Hz

	GD	W	Ng	Llong	Pendp	D_2p	D_2p/Ampl	Distp	Pendn	D_2n	D_2n/Ampl	Distn	Ampl
M	20,50	246,54	11,00	1614	0,07	-0,31	-0,4975	8,64	-0,08	0,31	-0,4952	8,65	1,27
IQ	4,00	54,09	5,00	2328	0,11	0,39	0,0344	0,35	0,10	0,40	0,0362	0,34	1,58
%IQ/M	20	22	45	144	143	125	7	4	132	129	7	4	125

Taula C18 : Matriu de correlacions entre les variables extretes dels senyals filtrats amb un passabanda 20-30 Hz per al tram considerat rellevant de les passades (205 passades) d'entrada a parideres

	Llong	Pendp	D_2p	D_2p/Ampl	Distp	Pendn	D_2n	D_2n/Ampl	Distn	Ampl	W	Ng	GD
Longitud	1,00	-0,72	0,74	-0,15	-0,12	0,72	-0,75	-0,15	-0,12	-0,74	0,10	0,04	-0,02
Pendp	-0,72	1,00	-0,95	0,26	0,25	-0,98	0,95	0,26	0,24	0,97	-0,11	-0,06	0,05
D_2p	0,74	-0,95	1,00	-0,07	-0,07	0,96	-1,00	-0,08	-0,06	-0,99	0,17	0,01	0,00
D_2p/Ampl	-0,15	0,26	-0,07	1,00	0,97	-0,26	0,07	0,98	0,98	0,15	0,17	-0,02	0,20
Distp	-0,12	0,25	-0,07	0,97	1,00	-0,26	0,07	0,98	0,98	0,15	0,17	-0,02	0,21
Pendn	0,72	-0,98	0,96	-0,26	-0,26	1,00	-0,96	-0,26	-0,24	-0,98	0,12	0,04	-0,03
D_2n	-0,75	0,95	-1,00	0,07	0,07	-0,96	1,00	0,08	0,06	0,99	-0,16	-0,03	0,00
D_2n/Ampl	-0,15	0,26	-0,08	0,98	0,98	-0,26	0,08	1,00	0,97	0,16	0,16	-0,02	0,20
Distn	-0,12	0,24	-0,06	0,98	0,98	-0,24	0,06	0,97	1,00	0,14	0,17	-0,01	0,19
Amplitud	-0,74	0,97	-0,99	0,15	0,15	-0,98	0,99	0,16	0,14	1,00	-0,14	-0,03	0,02
W	0,10	-0,11	0,17	0,17	0,17	0,12	-0,16	0,16	0,17	-0,14	1,00	-0,08	0,47
Ng	0,04	-0,06	0,01	-0,02	-0,02	0,04	-0,03	-0,02	-0,01	-0,03	-0,08	1,00	-0,25
GD	-0,02	0,05	0,00	0,20	0,21	-0,03	0,00	0,20	0,19	0,02	0,47	-0,25	1,00

Taula C19 : Matriu de coeficients dels components principals de les variables estanderditzades del senyal filtrat amb un passabanda de 20-30 Hz (entrada a parideres, 205 passades)

	Components Principals											
	1	2	3(**	4	5	6	7	8	9	10(*	11	12
Longitud	0,32	-0,12	0,03	0,03	0,94	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01	-0,01	-0,01
Pendp	-0,40	0,10	-0,03	-0,02	0,19	-0,60	-0,11	0,13	-0,51	0,36	0,07	0,08
D_2p	0,38	-0,20	0,00	0,04	-0,14	-0,45	-0,11	0,03	0,06	-0,02	-0,76	0,06
D_2p/Ampl	-0,19	-0,46	0,04	0,05	-0,02	-0,14	0,58	0,50	-0,05	-0,37	0,06	-0,02
Distp	-0,19	-0,46	0,04	0,05	0,03	0,16	-0,56	-0,18	-0,39	-0,47	-0,01	-0,04
Pendn	0,40	-0,10	0,01	0,03	-0,18	0,43	0,12	0,23	-0,60	0,33	-0,04	0,28
D_2n	-0,38	0,20	-0,01	-0,04	0,12	0,38	0,08	0,17	-0,13	0,10	-0,55	-0,54
D_2n/Ampl	-0,19	-0,45	0,04	0,06	-0,02	0,03	0,40	-0,69	-0,02	0,34	-0,08	-0,04
Distn	-0,18	-0,46	0,05	0,05	0,00	0,14	-0,37	0,38	0,43	0,50	0,04	0,06
Amplitud	-0,39	0,16	-0,01	-0,04	0,15	0,20	0,06	-0,04	0,12	-0,14	-0,32	0,79
W	0,04	-0,16	-0,52	-0,84	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Ng	0,02	0,01	0,85	-0,53	-0,01	-0,03	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,01	0,00

(* Component amb significació en l'anàlisi de sensibilitat (taula….4.2.2.)

Taula C20 : Variabilitat descrita en cadascun dels components principals corresponents a les variables extretes del senyal filtrat amb un passabanda 20-30 Hz (entrada a parideres, 205 passades)

	Components Principals											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Variàncies	5,81	3,73	1,05	0,88	0,40	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00
%	48,41	31,05	8,73	7,30	3,35	0,39	0,26	0,20	0,13	0,11	0,04	0,03

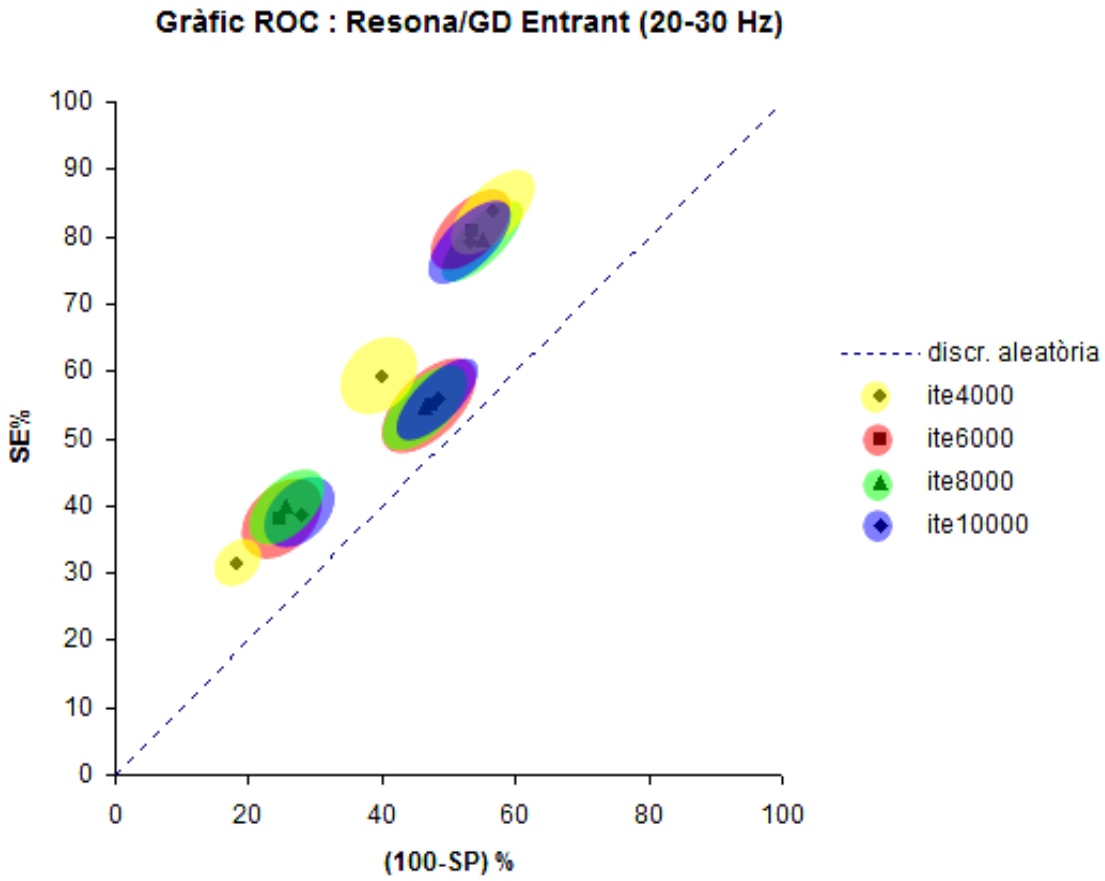


Figura C5 : Gràfic ROC de la discriminació de la variable greix dorsal (GD) a l'entrada a parideres per a diferent nombre d'iteracions de la xarxa neuronal a partir de les variables extretes del senyal en la banda 20-30Hz

20-30 sortint

Taula C21 : Valors de mediana i interquartils de les variables extretes de les passades (188 passades) de sortida de parideres filtrades a una freqüència entre 20 i 30 Hz

	GD	W	Llong	Pendp	D_2p	D_2p/Ampl	Distp	Pendn	D_2n	D_2n/Ampl	Distn	Ampl
M	17,00	199,21	1354	0,07	-0,34	-0,5174	8,43	-0,07	0,33	-0,5161	8,44	1,33
IQ	3,50	49,54	2004	0,09	0,40	0,0619	0,56	0,09	0,39	0,0618	0,55	1,65
%IQ/M	21	25	148	123	119	12	7	134	118	12	7	124

Taula C22 : Matriu de correlacions entre les variables extretes dels senyals filtrats amb un passabanda 20-30 Hz per al tram considerat rellevant de les passades (188 passades) de sortida de parideres

	Long	Pendp	D_2p	D_2p/Ampl	Distp	Pendn	D_2n	D_2n/Ampl	Distn	Ampl	W	GD
Longitud	1,00	-0,64	0,63	-0,40	-0,40	0,63	-0,62	-0,42	-0,40	-0,64	-0,22	-0,05
Pendp	-0,64	1,00	-0,93	0,43	0,43	-0,98	0,92	0,45	0,44	0,96	0,31	0,10
D_2p	0,63	-0,93	1,00	-0,21	-0,21	0,93	-0,99	-0,23	-0,22	-0,99	-0,34	-0,14
D_2p/Ampl	-0,40	0,43	-0,21	1,00	0,98	-0,41	0,20	0,98	0,98	0,28	0,15	0,02
Distp	-0,40	0,43	-0,21	0,98	1,00	-0,41	0,20	0,99	0,99	0,28	0,14	0,02
Pendn	0,63	-0,98	0,93	-0,41	-0,41	1,00	-0,93	-0,43	-0,42	-0,96	-0,30	-0,10
D_2n	-0,62	0,92	-0,99	0,20	0,20	-0,93	1,00	0,22	0,21	0,99	0,34	0,14
D_2n/Ampl	-0,42	0,45	-0,23	0,98	0,99	-0,43	0,22	1,00	0,98	0,30	0,14	0,04
Distn	-0,40	0,44	-0,22	0,98	0,99	-0,42	0,21	0,98	1,00	0,29	0,16	0,02
Amplitud	-0,64	0,96	-0,99	0,28	0,28	-0,96	0,99	0,30	0,29	1,00	0,35	0,14
W	-0,22	0,31	-0,34	0,15	0,14	-0,30	0,34	0,14	0,16	0,35	1,00	0,57
GD	-0,05	0,10	-0,14	0,02	0,02	-0,10	0,14	0,04	0,02	0,14	0,57	1,00

Taula C23 : Matriu de coeficients dels components principals de les variables estandarditzades del senyal filtrat amb un passabanda de 20-30 Hz (sortida de parideres, 188 passades)

	Components Principals										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Longitud	0,29	-0,06	0,11	0,95	0,08	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00
Pendp	-0,37	0,17	-0,08	0,17	-0,55	-0,27	-0,27	0,57	-0,08	-0,04	-0,15
D_2p	0,33	-0,30	0,05	-0,09	-0,41	-0,14	0,05	0,11	0,21	0,45	0,59
D_2p/Ampl	-0,27	-0,41	0,01	0,04	0,07	0,76	-0,30	0,24	-0,03	0,15	0,05
Distp	-0,27	-0,42	0,00	0,05	0,05	-0,34	-0,03	-0,27	-0,69	0,28	-0,01
Pendn	0,36	-0,18	0,10	-0,19	0,52	-0,29	-0,32	0,55	-0,13	-0,15	0,04
D_2n	-0,33	0,30	-0,04	0,08	0,45	-0,15	-0,02	0,10	0,30	0,68	-0,02
D_2n/Ampl	-0,28	-0,41	-0,01	0,04	0,11	-0,10	0,75	0,34	0,18	-0,16	-0,06
Distn	-0,27	-0,41	0,01	0,06	0,04	-0,32	-0,41	-0,32	0,55	-0,26	0,00
Amplitud	-0,35	0,26	-0,05	0,11	0,18	0,00	0,01	0,00	-0,16	-0,34	0,79
W	-0,14	0,09	0,98	-0,06	-0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	-0,01

(* Component amb significació en l'anàlisi de sensibilitat (taula….4.2.2.)

Taula C24 : Variabilitat descrita en cadascun dels components principals corresponents a les variables extretes del senyal filtrat amb un passabanda 20-30 Hz (sortida de parideres, 188 passades)

	Components Principals										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Variàncies	6,48	3,00	0,87	0,50	0,08	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
%	58,88	27,25	7,92	4,57	0,72	0,20	0,17	0,13	0,07	0,06	0,03

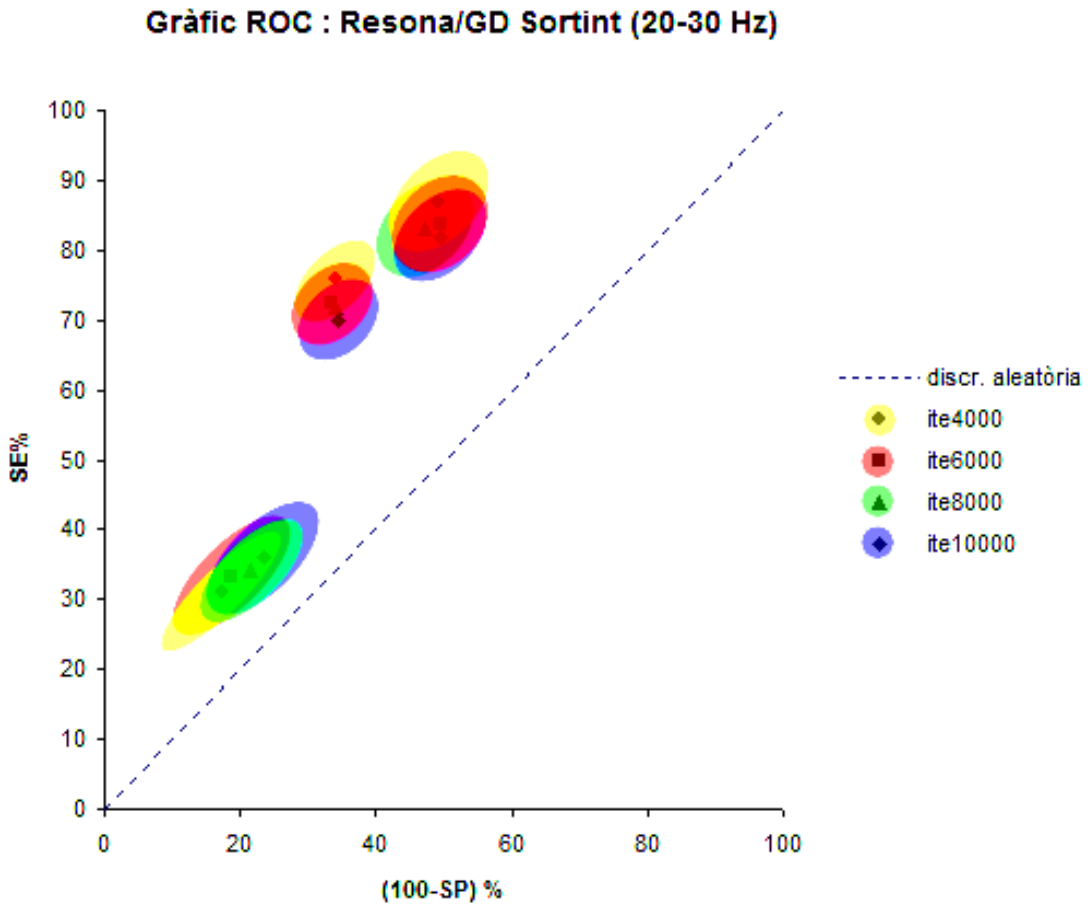


Figura C6 : Gràfic ROC de la discriminació de la variable greix dorsal (GD) a la sortida de parideres per a diferent nombre d'iteracions de la xarxa neuronal a partir de les variables extretes del senyal en la banda 20-30Hz

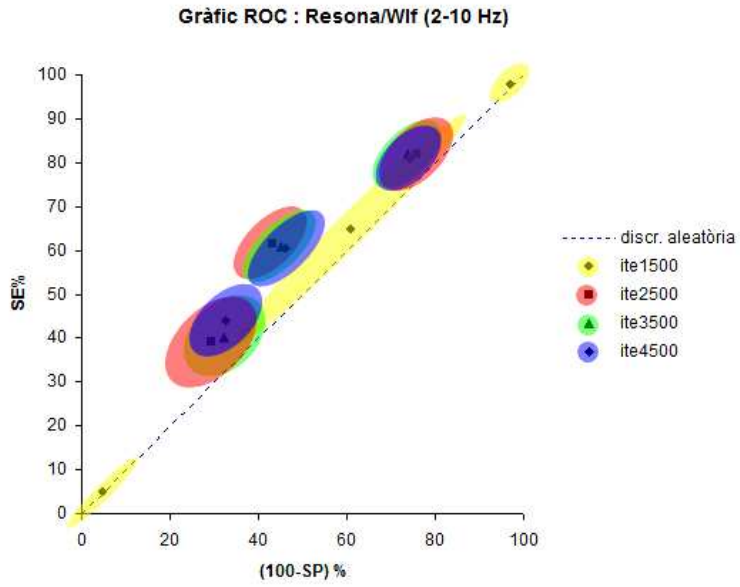


Figura C7 : Gràfic ROC de la discriminació de la variable d'increment de pes de la garrinada durant l'alletament Wlf (21 dies, 10 garrins) per a diferent nombre d'iteracions de la xarxa neuronal a partir de les variables extretes del senyal en la banda de freqüències 2-10 Hz.

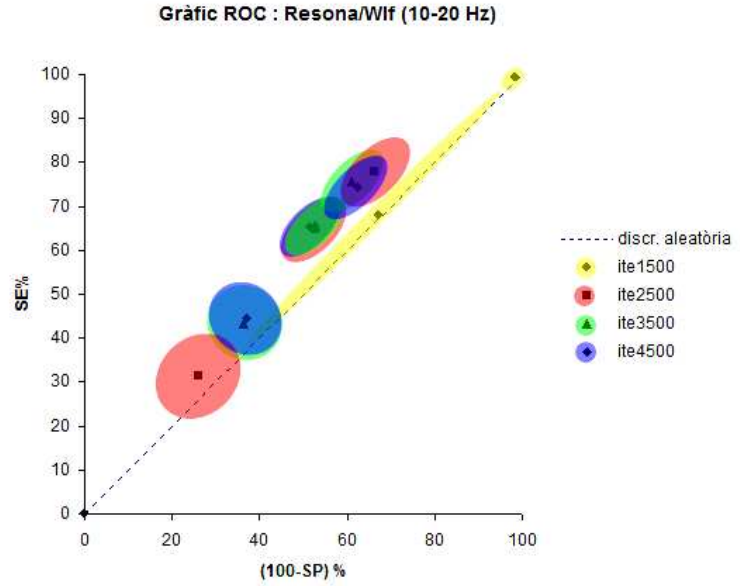


Figura C8 : Gràfic ROC de la discriminació de la variable d'increment de pes de la garrinada durant l'alletament Wlf (21 dies, 10 garrins) per a diferent nombre d'iteracions de la xarxa neuronal a partir de les variables extretes del senyal en la banda de freqüències 10-20 Hz

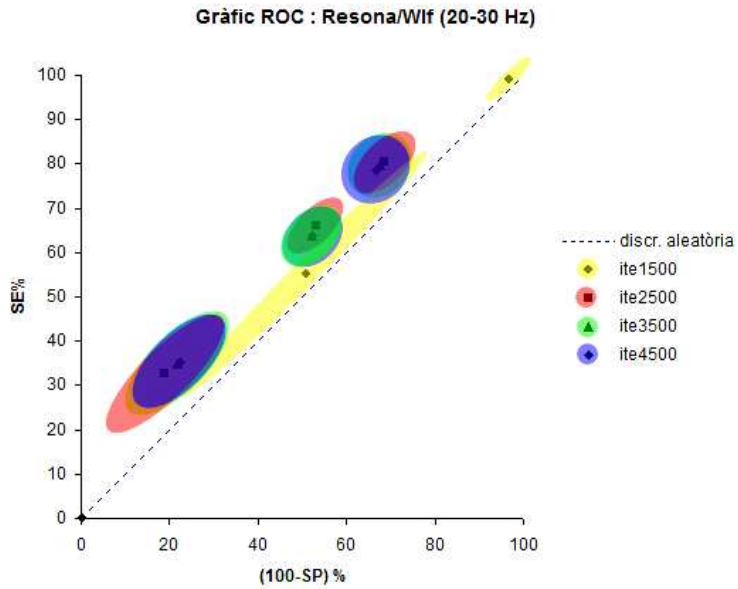


Figura C9 : Gràfic ROC de la discriminació de la variable d'increment de pes de la garrinada durant l'alletament Wlf (21 dies, 10 garrins) per a diferent nombre d'iteracions de la xarxa neuronal a partir de les variables extretes del senyal en la banda de freqüències 20-30Hz

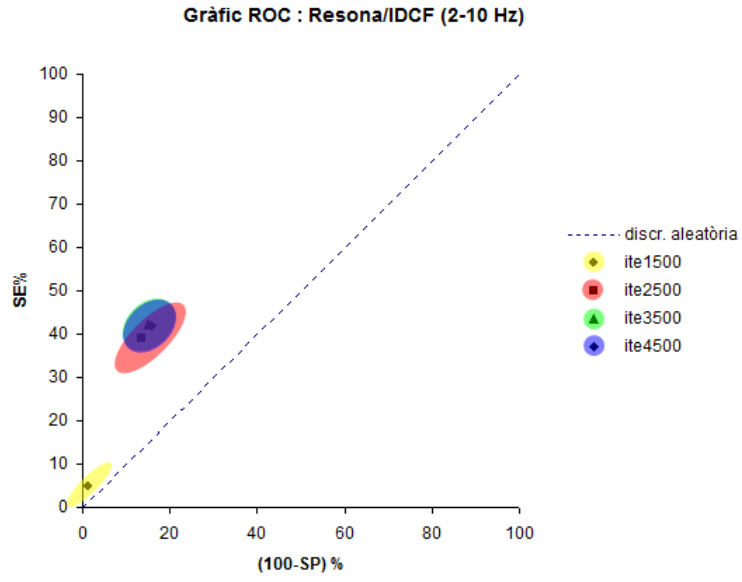


Figura C10 : Gràfic ROC de la discriminació de la variable d'interval desalletament-cubrició fecundant (IDCF) per a diferent nombre d'iteracions de la xarxa neuronal a partir de les variables extretes del senyal en la banda de freqüències 2-10 Hz.

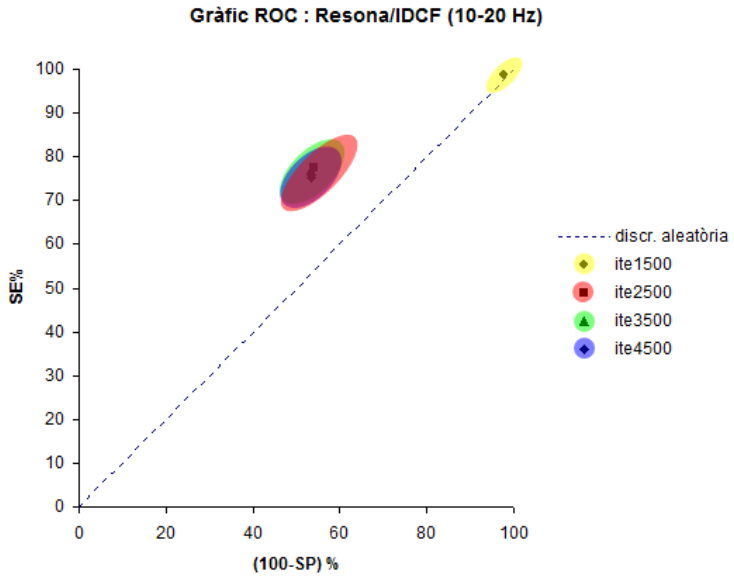


Figura C11 : Gràfic ROC de la discriminació de la variable d'interval desalletament-cubrició fecundant (IDCF) per a diferent nombre d'iteracions de la xarxa neuronal a partir de les variables extretes del senyal en la banda de freqüències 10-20 Hz

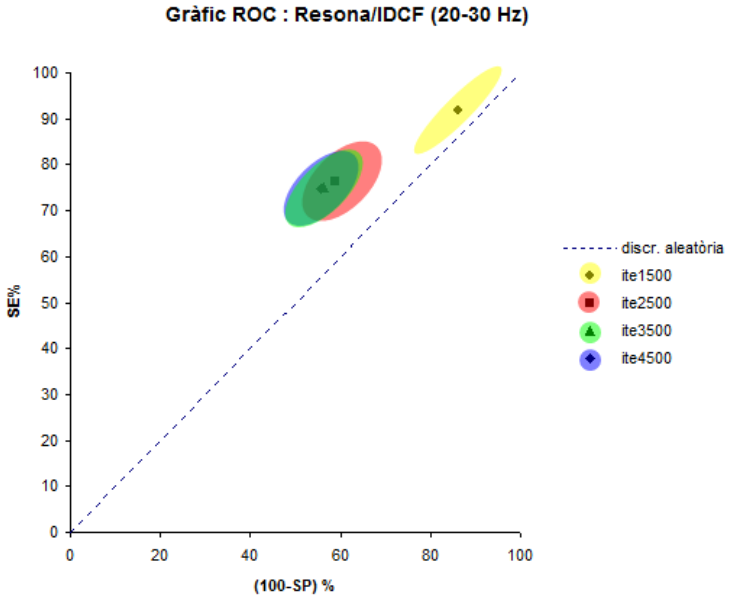


Figura C12 : Gràfic ROC de la discriminació de la variable d'interval desalletament-cubrició fecundant (IDCF) per a diferent nombre d'iteracions de la xarxa neuronal a partir de les variables extretes del senyal en la banda de freqüències 20-30Hz

D

Annex

La taula D1 correspon a les variables extretes de la posició del centre de gravetat (cdg) i de la trajectòria per al pas de les verres sobre la plataforma a l'entrada a parideres. La taula D2 correspon a la sortida de parideres. Les variables finalment usades per a l'anàlisi "clúster" són :

- AMPLADA : suma de les distàncies màximes observades a ambdós costats de la trajectòria per part del cdg. [cm]
- VELOCITAT : velocitat mitjana en el trajecte que s'analitza, és a dir, longitud de la trajectòria de l'animal entre el temps ocupat. [cm/s]
- AVANÇ/CICLE : trajecte mitjà recorregut per cada cicle d'oscil·lació del cdg entorn a la trajectòria. [cm/cm]
- B/P : Balanç de l'impuls observat a ambdós costats de la trajectòria en cicles complets entre el pes viu de l'animal. [kg·s/kg]

Finalment, s'analitzen els models d'ajust formats per l'agrupament ("clúster") sobre cadascuna de les variables. Es comprova la significació de la variabilitat mitjançant ANOVA (taules D5, D9, D13 i D17) i es separen les mitjanes (D6, D10, D14, D18).

Taula D1 : Referència dels animals a l'entrada de parideres, tractament de la trajectòria i variables per a l'anàlisi "clúster" o d'agrupació.

N lot	Id	Nº part	Pes Viu, kg	N trams "spline"	N cicles	Temps, s	Despl traject, cm	Max D, cm	Max E, cm	B Impluls, kgs	Velocitat, cm/s	Avanç/cicle, cm/cicle	B/P, kgs/kg	Amplada, cm
1.1	0187	6	287,1	4	2	2,8	144,3	-10,3	9,2	-199,0	51,5	72,1	-0,693	19,5
1.1	0256	6	291,3	5	2	3,1	157,2	-4,7	5,0	218,0	50,7	78,6	0,748	9,7
1.1	0818	1	167,0	3	2	3,0	149,9	-12,7	10,3	40,5	50,0	75,0	0,243	23,0
1.1	0819	1	200,8	4	2	2,6	134,5	-9,7	11,6	33,0	51,7	67,3	0,164	21,3
1.1	0820	1	200,2	4	2	1,9	134,4	-5,4	5,3	-42,2	70,7	67,2	-0,211	10,7
1.1	0825	1	215,3	2	1	1,2	60,9	-7,2	5,6	-24,5	50,8	60,9	-0,114	12,8
1.1	2923	1	222,6	4	2	2,1	126,2	-15,1	14,7	3,1	60,1	63,1	0,014	29,8
1.2	0270	6	304,8	4	2	3,8	203,0	-7,4	12,1	238,0	53,4	101,5	0,781	19,5
1.2	0341	5	228,9	3	2	2,6	154,2	-11,4	15,6	-38,3	59,3	77,1	-0,167	27,0
1.4	0334	5	288,1	3	1	1,1	108,6	-9,5	5,8	7,1	98,7	108,6	0,025	15,3
1.4	0725	2	236,1	4	1	0,5	102,7	-8,2	3,9	-12,4	197,5	102,7	-0,053	12,1
1.4	0829	1	204,4	3	1	0,8	111,2	-6,1	14,9	101,0	137,3	111,2	0,494	21,0
1.5	0432	5	268,4	3	1	0,9	99,0	-7,4	8,2	34,5	113,8	99,0	0,129	15,6
1.5	0531	4	266,3	3	1	0,7	69,3	-9,4	11,1	17,6	101,9	69,3	0,066	20,5
1.5	0632	3	250,7	3	1	1,3	60,0	-6,9	7,7	85,1	46,2	60,0	0,339	14,6
1.5	0662	4	259,0	4	2	1,8	162,7	-12,2	11,4	-32,8	90,4	81,3	-0,127	23,6
1.5	0681	3	247,6	2	2	3,3	163,9	-13,7	13,2	-66,0	49,7	82,0	-0,267	26,9
1.5	0701	3	258,0	4	2	1,8	104,3	-8,3	4,9	110,0	57,9	52,1	0,426	13,2
1.5	0738	2	271,5	3	1	1,1	79,6	-12,0	11,5	5,0	72,3	79,6	0,018	23,5
1.5	0767	2	246,5	5	2	1,7	141,2	-12,8	11,5	53,5	83,0	70,6	0,217	24,3
1.5	0770	2	237,2	4	2	2,3	115,7	-11,2	11,7	118,0	50,3	57,9	0,498	22,9
1.5	0771	2	215,3	5	1	1,5	72,7	-10,4	10,9	-37,8	48,5	72,7	-0,176	21,3
1.6	0082	8	303,8	4	2	2,3	133,7	-10,5	11,6	38,9	58,1	66,9	0,128	22,1
1.6	0145	7	290,2	3	1	3,9	82,6	-9,5	5,5	-453,0	21,2	82,6	-1,561	15,0
1.6	0163	7	304,8	5	2	2,5	155,7	-7,6	8,4	-23,4	62,3	77,9	-0,077	16,0
1.6	0294	6	273,6	3	2	2,5	136,3	-10,1	10,3	257,0	54,5	68,2	0,939	20,4
1.6	0439	5	271,5	5	3	2,1	148,7	-10,4	8,9	-55,8	70,8	49,6	-0,206	19,3
1.6	0672	3	249,7	5	3	7,7	152,8	-6,9	13,0	119,0	19,8	50,9	0,477	19,9
1.6	7005	1	241,3	4	2	2,4	140,8	-12,4	12,7	15,2	58,7	70,4	0,063	25,1
1.7	0175	6	265,3	3	2	3,0	133,4	-12,2	12,3	-27,0	44,5	66,7	-0,102	24,5
1.7	0193	7	298,6	3	2	2,8	137,0	-12,0	12,7	92,9	48,9	68,5	0,311	24,7
1.7	0335	6	294,4	3	2	2,7	111,3	-11,8	11,8	29,0	41,2	55,6	0,099	23,6
1.7	0477	4	251,7	4	1	0,7	52,9	-9,0	9,1	-33,9	73,4	52,9	-0,135	18,1
1.7	0492	5	274,6	5	2	2,2	128,9	-11,2	7,6	-0,9	58,6	64,5	-0,003	18,8
1.7	0675	3	265,3	4	1	1,6	66,8	-10,3	9,8	-26,9	41,7	66,8	-0,101	20,1
1.7	0806	1	196,1	4	3	2,6	225,0	-12,2	12,2	69,5	86,6	75,0	0,354	24,4
1.8	0166	7	291,3	4	2	2,4	142,6	-10,4	12,2	95,9	59,4	71,3	0,329	22,6
1.8	0191	6	270,5	4	2	4,0	152,9	-7,9	8,4	-415,0	38,2	76,4	-1,534	16,2
1.8	0403	5	236,1	3	1	0,7	62,8	-11,1	9,3	7,3	92,4	62,8	0,031	20,4
1.8	0642	3	258,0	4	1	1,7	70,2	-7,8	7,7	142,0	41,3	70,2	0,550	15,5
1.8	0699	2	238,2	3	1	1,5	101,2	-12,3	13,7	-12,5	67,4	101,2	-0,052	26,0
1.8	0740	2	261,1	3	2	3,2	144,3	-14,1	12,3	-63,2	45,1	72,1	-0,242	26,4
1.8	0792	3	259,0	5	2	3,3	143,6	-10,6	9,2	-44,0	43,5	71,8	-0,170	19,8
1.8	0807	1	217,4	5	3	5,6	222,2	-16,6	13,9	132,0	39,7	74,1	0,607	30,5
1.8	0818	1	212,2	4	2	2,1	138,6	-13,0	12,3	-64,5	66,0	69,3	-0,304	25,3

(continua)

Taula D1 (continuació)

N lot	Id	Nº part	Pes Viu, kg	N trams "spline"	N cicles	Temps, s	Despl traject, cm	Max D, cm	Max E, cm	B Impluls, kgs	Velocitat, cm/s	Avanç/cicle, cm/cicle	B/P, kgs/kg	Amplada, cm
1.8	0829	1	206,0	4	1	0,7	54,7	-10,3	3,5	-30,7	78,1	54,7	-0,149	13,8
1.8	0831	1	223,7	4	2	2,5	149,7	-7,0	7,2	38,1	59,9	74,8	0,170	14,2
1.8	0834	1	212,2	5	2	1,7	187,6	-19,4	11,6	66,8	110,4	93,8	0,315	31,0
1.8	0840	1	207,5	3	2	2,9	156,0	-9,1	12,1	20,7	53,8	78,0	0,100	21,2
1.8	0841	1	176,3	5	2	1,7	122,8	-8,1	9,2	-10,4	72,2	61,4	-0,059	17,2
1.8	0846	1	226,8	5	1	1,5	80,7	-11,9	11,6	-32,9	53,8	80,7	-0,145	23,5
1.8	1128	1	227,8	3	2	3,5	128,1	-6,8	9,0	68,1	36,6	64,1	0,299	15,8
1.8	1142	1	204,9	4	2	3,0	161,6	-10,0	10,3	-144,0	53,9	80,8	-0,703	20,3
1.8	1144	1	190,9	4	2	2,6	140,7	-11,2	13,1	-27,8	54,1	70,3	-0,146	24,3
1.8	1146	1	210,1	4	2	1,9	146,1	-9,9	8,8	-2,3	76,9	73,0	-0,011	18,6
1.8	1156	1	203,9	5	4	4,4	195,7	-11,5	10,4	-10,7	44,5	48,9	-0,052	21,9
1.8	1160	1	206,0	3	2	1,9	157,1	-10,8	12,9	48,3	82,7	78,6	0,235	23,7
1.8	2340	1	224,7	4	1	0,9	60,1	-12,5	12,7	-0,1	70,7	60,1	-0,001	25,2
1.8	3001	1	205,4	3	2	2,3	160,2	-13,3	13,9	-20,4	69,6	80,1	-0,099	27,2
1.8	3085	1	220,5	3	2	2,0	146,8	-9,6	11,2	99,9	73,4	73,4	0,453	20,8
1.8	3126	1	220,5	3	2	4,0	136,9	-7,5	7,8	-202,0	34,2	68,4	-0,916	15,3
1.8	3134	1	209,1	4	2	3,4	148,0	-10,3	9,7	128,0	43,5	74,0	0,612	20,0
2.1	0307	8	341,2	5	3	2,7	123,9	-10,2	9,9	-81,4	45,9	41,3	-0,239	20,1
2.1	0782	3	281,9	3	1	1,5	70,5	-16,3	16,7	32,0	47,0	70,5	0,114	33,0
2.1	1059	3	258,0	5	2	2,8	137,7	-10,1	9,4	-237,0	49,2	68,9	-0,919	19,5
2.1	1086	2	241,3	4	2	2,6	114,3	-12,3	7,4	-93,6	43,9	57,1	-0,388	19,7
2.1	1117	2	293,4	4	2	3,2	174,2	-13,1	14,2	2,2	54,4	87,1	0,007	27,3
2.1	1130	1	264,2	4	2	2,2	158,7	-10,5	11,1	-113,0	72,1	79,3	-0,428	21,6
2.1	1263	1	207,5	4	2	1,8	144,1	-14,7	11,0	-7,9	80,0	72,0	-0,038	25,7
2.1	1283	1	192,4	4	2	2,8	139,1	-8,2	8,4	-88,0	49,7	69,6	-0,457	16,6
2.1	1306	1	181,0	4	2	2,9	143,9	-15,5	7,6	-27,2	49,6	71,9	-0,150	23,1
2.2	0637	6	256,9	5	3	4,1	150,2	-14,2	15,3	-60,3	36,6	50,1	-0,235	29,5
2.2	0792	5	225,7	3	2	2,4	137,7	-11,5	11,3	3,7	57,4	68,8	0,016	22,8
2.2	1089	2	220,5	3	2	3,0	164,7	-8,7	9,4	-87,0	54,9	82,3	-0,394	18,1
2.2	1106	2	228,9	4	2	3,0	151,6	-10,4	8,7	65,4	50,5	75,8	0,286	19,1
2.2	1111	2	314,2	4	2	1,8	169,6	-13,4	11,9	-75,7	94,2	84,8	-0,241	25,3
2.2	1212	2	247,6	4	2	3,3	143,3	-7,1	12,8	80,4	43,4	71,7	0,325	19,9
2.2	1250	1	175,3	3	2	2,4	146,9	-12,9	11,8	-91,6	61,2	73,5	-0,523	24,7
2.2	1264	1	217,4	3	2	2,3	130,8	-9,6	9,5	135,0	56,9	65,4	0,621	19,1
2.2	1275	1	197,6	5	3	1,9	158,9	-9,0	6,5	-52,4	83,6	53,0	-0,265	15,5
2.2	1279	1	197,1	5	2	4,8	130,4	-19,9	11,6	-650,0	27,2	65,2	-3,297	31,5
2.2	1304	1	196,1	3	2	3,9	142,2	-10,4	9,4	152,0	36,5	71,1	0,775	19,8
2.2	2637	4	309,0	4	2	3,9	126,9	-7,5	9,4	-206,0	32,5	63,4	-0,667	16,9
2.3	0479	7	273,6	4	2	2,4	135,3	-11,7	9,3	-115,0	56,4	67,6	-0,420	21,0
2.3	0798	3	255,9	4	2	2,6	104,5	-10,7	10,9	2,0	40,2	52,2	0,008	21,6
2.3	1000		267,3	6	3	3,8	158,9	-10,2	9,3	77,4	41,8	53,0	0,290	19,5
2.3	1044	3	251,7	5	2	2,1	128,4	-6,7	7,6	90,7	61,1	64,2	0,360	14,3
2.3	1055	3	279,8	4	2	2,2	120,6	-11,5	11,8	-2,2	54,8	60,3	-0,008	23,3
2.3	1091	2	293,4	4	1	1,4	87,9	-14,2	10,4	-17,1	62,8	87,9	-0,058	24,6
2.3	1098	2	237,2	4	2	2,0	155,9	-9,9	9,0	-52,3	77,9	77,9	-0,221	18,9
2.3	1103	2	230,9	4	1	1,1	64,4	-8,7	8,7	-64,5	58,6	64,4	-0,279	17,3

(continua)

Taula D1 (Continuació)

N lot	Id	Nº part	Pes Viu, kg	N trams "spline"	N cicles	Temps, s	Despl traject, cm	Max D, cm	Max E, cm	B Impluls, kgs	Velocitat, cm/s	Avanç/cicle, cm/cicle	B/P, kgs/kg	Amplada, cm
2.3	1108	2	225,7	3	1	0,8	81,4	-17,1	7,5	-57,7	99,2	81,4	-0,256	24,6
2.3	1143	3	265,3	4	2	2,8	118,6	-6,8	9,5	-23,8	42,4	59,3	-0,090	16,3
2.3	1147	3	264,2	4	2	3,1	130,1	-6,5	9,5	-182,0	42,0	65,0	-0,689	16,0
2.3	1265	1	229,9	4	2	3,0	138,2	-13,9	11,2	26,0	46,1	69,1	0,113	25,1
2.3	1282	1	214,3	3	2	2,7	112,1	-14,7	16,1	23,7	41,5	56,1	0,111	30,8
2.3	1408	2	230,9	5	2	2,0	91,4	-5,2	7,5	31,1	45,7	45,7	0,135	12,7
2.3	2481	2	259,0	6	3	7,2	168,1	-9,3	5,6	-46,6	23,4	56,0	-0,180	14,9
2.3	3000	4	272,5	4	2	2,1	130,3	-11,4	12,2	-63,9	62,1	65,2	-0,234	23,6
2.4	0802	4	245,5	3	2	3,0	137,5	-12,1	13,1	60,8	45,8	68,8	0,248	25,2
2.4	1050	3	204,9	4	2	1,6	163,2	-7,9	9,2	-53,2	102,0	81,6	-0,260	17,1
2.4	1093	2	250,7	4	2	1,8	151,9	-7,6	7,6	106,0	84,4	75,9	0,423	15,2
2.4	1201	2	243,4	4	3	7,2	157,5	-6,5	5,6	-170,0	21,9	52,5	-0,698	12,1
2.4	1270	1	207,0	4	2	2,8	158,7	-6,6	7,1	-263,0	56,7	79,3	-1,270	13,8
2.4	1272	1	193,5	5	2	1,8	128,5	-11,6	10,9	53,4	71,4	64,3	0,276	22,5
2.5	0207	5	209,1	4	2	2,7	177,2	-10,9	11,0	89,8	65,6	88,6	0,429	21,9
2.5	0481	7	288,1	4	2	3,1	119,9	-10,1	9,2	-48,6	38,7	59,9	-0,169	19,3
2.5	0618	6	312,1	5	2	7,5	134,4	-7,9	12,4	1020,0	17,9	67,2	3,268	20,3
2.5	0736	4	303,8	5	2	2,9	110,2	-12,6	16,6	-36,8	38,0	55,1	-0,121	29,2
2.5	0846	3	305,8	5	2	3,2	107,7	-13,4	12,5	20,4	33,6	53,8	0,067	25,9
2.5	1052	3	248,6	5	2	2,8	139,0	-9,0	8,5	-131,0	49,6	69,5	-0,527	17,5
2.5	1095	2	264,2	5	1	1,3	67,3	-10,3	7,1	-119,0	51,8	67,3	-0,450	17,4
2.5	1121	2	254,9	6	3	4,4	202,6	-8,1	9,7	105,0	46,0	67,5	0,412	17,8
2.5	1164	2	202,8	4	3	2,5	189,7	-9,5	14,9	129,0	75,9	63,2	0,636	24,4
2.5	1165	2	248,6	4	2	2,7	140,0	-8,2	7,6	-61,2	51,9	70,0	-0,246	15,8
2.5	2619	4	293,4	4	1	1,6	79,1	-8,5	10,1	-30,0	49,4	79,1	-0,102	18,6
2.5	4158	2	252,8	4	3	2,8	169,2	-9,6	9,1	-161,0	60,4	56,4	-0,637	18,7
2.5	6081	2	215,3	5	2	2,9	130,0	-8,2	7,8	-84,5	44,8	65,0	-0,392	15,9
2.6	0816	4	290,2	5	2	2,8	132,2	-10,6	12,5	-118,0	47,2	66,1	-0,407	23,1
2.6	0831	2	266,3	4	1	1,1	94,7	-6,1	9,7	83,0	86,1	94,7	0,312	15,8
2.6	0832		262,1	5	2	3,2	139,1	-12,4	12,0	11,5	43,5	69,5	0,044	24,4
2.6	1081	2	244,5	5	2	2,6	129,5	-10,6	10,3	31,9	49,8	64,7	0,130	20,9
2.6	1084	1	233,0	7	5	6,6	216,0	-7,6	9,4	-126,0	32,7	43,2	-0,541	16,9
2.6	1096	2	242,4	4	2	2,9	133,5	-9,4	7,4	-64,6	46,0	66,8	-0,267	16,8
2.6	1168	2	262,1	5	2	2,5	104,6	-8,4	8,6	4,7	41,8	52,3	0,018	17,0
2.6	1171	1	245,5	5	2	2,7	118,4	-6,7	7,1	-32,7	43,9	59,2	-0,133	13,8
2.6	1246	1	211,2	4	1	1,0	116,8	-13,9	9,5	-5,0	116,8	116,8	-0,023	23,4
2.6	1249	1	188,3	2	1	1,2	70,0	-8,7	9,4	-25,8	58,3	70,0	-0,137	18,0
2.6	1251	1	209,1	4	2	2,1	164,9	-13,1	11,6	-12,1	78,5	82,4	-0,058	24,7
2.6	1254	1	220,5	5	3	3,3	180,9	-8,7	13,3	-137,0	54,8	60,3	-0,621	22,0
2.6	1256	1	229,9	3	2	2,3	132,0	-11,8	11,8	-57,3	57,4	66,0	-0,249	23,6
2.6	1257	1	226,8	5	3	3,7	168,6	-11,9	13,7	-70,4	45,6	56,2	-0,310	25,6
2.6	1268	1	229,9	6	2	2,9	149,6	-13,2	9,8	-40,2	51,6	74,8	-0,175	23,0
2.6	1274	1	199,2	4	1	0,8	70,2	-9,0	7,4	-94,3	91,2	70,2	-0,473	16,4
2.6	1284	1	224,7	4	3	4,1	170,8	-9,7	12,7	-59,0	41,6	56,9	-0,263	22,4
2.6	1287	1	204,9	3	1	0,9	74,2	-13,6	10,4	-11,8	86,3	74,2	-0,058	24,0
2.6	1296	1	210,1	4	2	3,1	101,5	-12,8	11,2	53,2	32,7	50,7	0,253	24,0

(continua)

Taula D1 (continuació)

N lot	Id	Nº part	Pes Viu, kg	N trams "spline"	N cicles	Temps, s	Despl traject, cm	Max D, cm	Max E, cm	B Impluls, kgs	Velocitat, cm/s	Avanç/cicle, cm/cicle	B/P, kgs/kg	Amplada, cm
2.6	1300	1	177,4	3	2	1,6	144,1	-9,0	9,0	115,0	90,1	72,0	0,648	18,0
2.6	3177	3	285,0	3	2	2,7	129,1	-9,9	9,6	142,0	47,8	64,5	0,498	19,5
2.7	1038	3	223,7	3	1	0,9	76,6	-8,7	7,5	37,4	84,2	76,6	0,167	16,2
2.7	1048	3	272,5	5	2	6,2	119,2	-12,2	9,0	91,8	19,2	59,6	0,337	21,2
2.7	1054	3	305,8	3	2	2,2	140,4	-12,1	12,1	17,1	63,8	70,2	0,056	24,2
2.7	1087	1	246,5	4	2	2,5	128,0	-8,7	5,3	-125,0	51,2	64,0	-0,507	13,9
2.7	1088	2	251,7	8	5	7,5	181,4	-9,5	8,9	237,0	24,2	36,3	0,941	18,4
2.7	1124	2	246,5	8	4	2,9	168,8	-7,2	7,3	57,4	58,2	42,2	0,233	14,4
2.7	1248	1	208,1	4	2	2,5	122,8	-12,4	7,5	-279,0	49,1	61,4	-1,341	19,9
2.7	1333	1	188,8	4	2	2,5	125,0	-10,3	10,7	96,8	50,0	62,5	0,513	21,0
2.7	1388	1	195,0	3	2	2,6	144,5	-11,7	9,9	186,0	55,6	72,3	0,954	21,6
2.8	0684	6	303,8	3	2	2,1	162,4	-12,1	11,8	-252,0	77,3	81,2	-0,830	23,9
2.8	0776	5	302,7	4	2	2,3	120,6	-10,1	10,3	1,1	52,4	60,3	0,004	20,4
2.8	0833	4	281,9	5	2	5,3	120,4	-6,9	6,3	507,0	22,7	60,2	1,798	13,2
2.8	1036	3	272,5	4	2	2,2	138,2	-8,3	12,3	71,2	62,8	69,1	0,261	20,6
2.8	1285	1	221,6	5	2	3,7	117,1	-13,6	13,0	130,0	31,7	58,6	0,587	26,6
2.8	2321	4	264,2	5	3	4,4	143,6	-15,1	9,6	-68,0	32,6	47,9	-0,257	24,7
2.8	2663	4	264,2	5	2	2,8	137,2	-8,7	7,5	74,2	49,0	68,6	0,281	16,2

Taula D2 : Referència dels animals a la sortida de parideres, tractament de la trajectòria i variables per a l'anàlisi "clúster" o d'agrupació.

N lot	Id	Nº part	Pes Viu, kg	N trams "spline"	N cicles	Temps, s	Despl traject, cm	Max D, cm	Max E, cm	B Impluls, kgs	Velocitat, cm/s	Avanç/cicle, cm/cicle	B/P, kgs/kg	Amplada, cm
1.1	0299	6	228,9	4	2	3,1	132,62	-9,56	11,7	-42,4	42,8	66,3	-0,185	21,3
1.1	0673	2	223,7	6	4	3,9	172,98	-8,44	8,45	-57	44,4	43,2	-0,255	16,9
1.2	0269	6	236,1	4	1	1,3	90,24	-7,89	5,5	-59,1	69,4	90,2	-0,250	13,4
1.2	0341	5	200,8	5	2	2,7	131,4	-10	10,2	27,5	48,7	65,7	0,137	20,2
1.2	0353	5	258,0	4	2	3	164,25	-8,08	9,56	-3,07	54,8	82,1	-0,012	17,6
1.2	0423	5	204,4	6	2	2,9	125,68	-8,41	7,28	16,8	43,3	62,8	0,082	15,7
1.2	0487	4	203,9	5	2	2,8	131,64	-14,1	11,2	-47,4	47,0	65,8	-0,232	25,3
1.2	0663	3	230,9	5	2	2,2	134,45	-10,7	9,25	22,6	61,1	67,2	0,098	20,0
1.2	0679	3	191,4	5	2	2,9	170,03	-14,6	14,1	-0,732	58,6	85,0	-0,004	28,7
1.3	0295	5	268,4	7	2	2,4	102,19	-7,28	8,64	-47,6	42,6	51,1	-0,177	15,9
1.3	0366	5	259,0	5	1	1,2	72,21	-8,71	10,4	8,58	60,2	72,2	0,033	19,1
1.3	0754	2	171,6	8	5	7,9	207,92	-7,28	7,41	263	26,3	41,6	1,532	14,7
1.3	0825	1	161,2	5	2	2,9	145,85	-9,93	6,91	9,66	50,3	72,9	0,060	16,8
1.4	0334	5	247,6	7	3	6,7	202,74	-7,85	10	-284	30,3	67,6	-1,147	17,9
1.4	0620	3	237,2	7	4	6	187,3	-9,72	10,9	-48,5	31,2	46,8	-0,204	20,6
1.4	0725	2	191,4	5	3	4,5	235,96	-12,1	15,3	136	52,4	78,7	0,711	27,4
1.4	0737	2	208,1	4	2	2,6	136,77	-9,93	10,9	72,7	52,6	68,4	0,349	20,8
1.4	0749	2	178,9	5	2	2,7	129,05	-11	10	131	47,8	64,5	0,732	21,0
1.4	0828	1	171,6	5	2	2,5	141,97	-7,25	7,59	-66,7	56,8	71,0	-0,389	14,8
1.4	0829	1	164,4	3	1	1,7	83,32	-8,94	9,5	31,8	49,0	83,3	0,193	18,4
1.5	0307	6	270,5	5	2	2,9	130	-9,49	12,5	201	44,8	65,0	0,743	22,0
1.5	0432	5	229,9	5	2	1,6	163,96	-7,48	9,46	119	102,5	82,0	0,518	16,9
1.5	0531	4	209,1	3	1	1,1	107,66	-6,61	7,73	-3,96	97,9	107,7	-0,019	14,3
1.5	0621	3	265,3	5	2	3,1	155,32	-9,15	10	-134	50,1	77,7	-0,505	19,2
1.5	0632	3	197,1	5	2	2,4	143,41	-9,66	10,7	-47,2	59,8	71,7	-0,239	20,4
1.5	0662	4	218,5	6	2	2,2	169,84	-8,93	11	-58	77,2	84,9	-0,266	19,9
1.5	0681	3	204,9	4	2	1,9	127,8	-8,96	8,17	103	67,3	63,9	0,503	17,1
1.5	0701	3	195,0	3	2	3,1	125,25	-7,84	7,63	108	40,4	62,6	0,554	15,5
1.5	0742	2	204,4	5	3	5,2	133,92	-10,4	6,96	-42,6	25,8	44,6	-0,208	17,4
1.5	0770	2	184,1	4	2	2,3	133,95	-9,44	7,28	60,4	58,2	67,0	0,328	16,7
1.5	0781	2	174,2	5	1	0,89	66,26	-8,33	9,11	7,05	74,4	66,3	0,040	17,4
1.6	0082	8	249,7	4	2	2,2	142,2	-7,98	7,1	93,9	64,6	71,1	0,376	15,1
1.6	0145	7	237,2	5	3	5,7	188,23	-7,25	6,69	-302	33,0	62,7	-1,273	13,9
1.6	0163	7	251,7	3	1	1,6	98,24	-11,1	12,6	32,1	61,4	98,2	0,128	23,7
1.6	0294	6	225,7	2	2	5	112,06	-5,4	9,69	-509	22,4	56,0	-2,255	15,1
1.6	0439	5	230,9	3	2	1,8	163,66	-12,4	11,1	26,1	90,9	81,8	0,113	23,5
1.6	0672	3	209,1	4	2	2,8	123,58	-8,31	8,66	-54,5	44,1	61,8	-0,261	17,0
1.7	0084	8	253,8	3	1	1,5	85,11	-8,02	9,54	50,1	56,7	85,1	0,197	17,6
1.7	0175	6	209,1	3	1	1,5	85,31	-9,2	9,41	16,4	56,9	85,3	0,078	18,6
1.7	0193	7	262,1	4	2	3,2	156	-10,6	10,6	-79,2	48,8	78,0	-0,302	21,2
1.7	0335	6	240,3	4	2	2,7	123,62	-6,2	7,71	88,6	45,8	61,8	0,369	13,9
1.7	0477	4	227,8	4	2	2,3	142,77	-14,8	15,4	160	62,1	71,4	0,702	30,2
1.7	1024	1	233,0	4	2	2,3	146,53	-10,7	11,1	3,6	63,7	73,3	0,015	21,8
1.7	1025		256,9	4	2	2,4	128,13	-8,48	8,62	30,9	53,4	64,1	0,120	17,1
1.8	0191	6	237,2	5	2	2,5	156,85	-8,42	9,06	-159	62,7	78,4	-0,670	17,5

(continua)

Taula D2 (continuació)

N lot	Id	Nº part	Pes Viu, kg	N trams "spline"	N cicles	Temps, s	Despl traject, cm	Max D, cm	Max E, cm	B Impluls, kgs	Velocitat, cm/s	Avanç/cicle, cm/cicle	B/P, kgs/kg	Amplada, cm
1.8	0642	3	214,3	7	2	2,3	149,31	-5,91	5,32	2,66	64,9	74,7	0,012	11,2
1.8	0740	2	211,2	3	3	11	159,69	-7,57	9,2	-131	14,5	53,2	-0,620	16,8
1.8	0818	1	152,9	5	2	2,8	109,78	-9,49	7,15	-69,6	39,2	54,9	-0,455	16,6
1.8	0829	1	159,7	5	2	2,8	102,15	-4,75	6,42	-18,3	36,5	51,1	-0,115	11,2
1.8	0831	1	186,7	3	2	2,6	147,51	-5,73	6,4	82,7	56,7	73,8	0,443	12,1
1.8	0834	1	180,0	6	3	6,8	175,48	-9,73	9,16	-329	25,8	58,5	-1,828	18,9
1.8	0838	1	159,7	6	3	3	143,93	-13,7	13,4	-3,51	48,0	48,0	-0,022	27,1
1.8	0841	1	137,8	5	2	2,5	139,38	-12,7	9,31	23	55,8	69,7	0,167	22,0
1.8	1128	1	208,1	4	2	3,2	151,64	-11,6	10,2	-32,8	47,4	75,8	-0,158	21,8
1.8	1142	1	177,4	2	2	8	188,91	-13,4	7,77	236	23,6	94,5	1,331	21,2
1.8	1144	1	151,9	3	4	8,4	156,24	-5,69	8,94	-173	18,6	39,1	-1,139	14,6
1.8	1156	1	176,3	2	2	2,7	112,89	-13	11,7	-109	41,8	56,4	-0,618	24,7
1.8	1158	1	184,1	4	2	2,5	134	-9,28	9,46	25,9	53,6	67,0	0,141	18,7
1.8	3126	1	191,9	3	2	3,3	163,92	-9,03	7,99	2	49,7	82,0	0,010	17,0
2.1	1086	2	184,1	3	2	2,5	116,96	-7,67	5,26	-153	46,8	58,5	-0,831	12,9
2.1	1107	2	187,8	4	2	2,6	139,99	-8,18	9,65	-42,1	53,8	70,0	-0,224	17,8
2.1	1117	2	220,5	3	1	1,4	97,32	-9,78	9,53	-104	69,5	97,3	-0,472	19,3
2.1	1263	1	145,6	4	2	2,8	144,47	-9,45	9,38	102	51,6	72,2	0,700	18,8
2.2	0637	6	200,2	4	2	2,2	121,21	-11,7	10,8	43,8	55,1	60,6	0,219	22,5
2.2	2637	4	250,7	3	2	1,9	179,57	-14,3	12,7	41,7	94,5	89,8	0,166	27,0
2.3	0571	6	269,4	6	2	3,4	132,89	-5,76	8,06	-256	39,1	66,4	-0,950	13,8
2.3	0798	3	202,3	3	2	2,2	158,7	-10,6	9,76	87	72,1	79,4	0,430	20,4
2.3	1000		230,9	5	3	3,3	196,52	-11,8	11,9	66,3	59,6	65,5	0,287	23,7
2.3	1044	3	212,2	4	2	2,4	154,88	-5,83	7,87	-101	64,5	77,4	-0,476	13,7
2.3	1091	2	225,7	4	3	4,1	174,06	-8,73	9,13	-120	42,5	58,0	-0,532	17,9
2.3	1098	2	186,2	4	2	2,3	166,4	-7,9	7,87	-22	72,3	83,2	-0,118	15,8
2.3	1099	2	200,2	5	2	2,5	154,24	-9,72	5,73	-33,7	61,7	77,1	-0,168	15,5
2.3	1131	2	220,5	6	3	4,1	173,85	-10,3	9,03	-15,2	42,4	58,0	-0,069	19,3
2.3	1232	1	141,5	5	3	4,2	165,01	-6,01	9,5	-47,5	39,3	55,0	-0,336	15,5
2.3	1408	2	195,6	6	3	4,6	165,04	-8,37	9,2	-55,7	35,9	55,0	-0,285	17,6
2.3	1413	2	190,4	3	1	1,5	103,3	-10,3	5,12	64,3	68,9	103,3	0,338	15,4
2.3	2481	2	213,3	4	3	7	192,56	-7,88	8,92	-23,9	27,5	64,2	-0,112	16,8
2.3	3000	4	219,5	4	2	2,1	131,05	-9,58	12,8	-27,3	62,4	65,5	-0,124	22,4
2.4	0740	4	255,9	4	2	2,8	154,6	-10,3	9,83	41,8	55,2	77,3	0,163	20,1
2.4	0802	4	184,6	4	2	1,2	221,61	-6,74	8,13	20,9	184,7	110,8	0,113	14,9
2.4	1049	3	183,1	4	1	1,4	81,81	-8,7	8,47	-24,6	58,4	81,8	-0,134	17,2
2.4	1050	3	167,5	4	2	2	157,99	-10,8	9,76	14	79,0	79,0	0,084	20,6
2.4	1064	2	158,6	5	3	3,6	210,79	-6,29	8,03	-3,38	58,6	70,3	-0,021	14,3
2.4	1201	2	174,8	4	2	2,6	125,37	-3,53	6,43	21,3	48,2	62,7	0,122	10,0
2.4	1270	1	170,6	5	2	3,5	124,5	-4,83	5,72	101	35,6	62,3	0,592	10,6
2.4	1272	1	154,0	5	2	4,7	125,91	-7,79	11,1	53	26,8	63,0	0,344	18,9
2.5	0207	5	167,0	5	2	1,8	143,93	-7,52	8,22	65,1	80,0	72,0	0,390	15,7
2.5	0481	7	242,4	4	2	2,8	153,06	-9,58	10,8	55,6	54,7	76,5	0,229	20,4
2.5	0618	6	253,8	3	1	0,84	87,82	-11,6	11,9	17,3	104,5	87,8	0,068	23,5
2.5	0736	4	219,5	5	3	3,6	173,85	-9,18	9,57	-75,1	48,3	58,0	-0,342	18,8

(continua)

Taula D2 (continuació)

N lot	Id	Nº part	Pes Viu, kg	N trams "spline"	N cicles	Temps, s	Despl traject, cm	Max D, cm	Max E, cm	B Impluls, kgs	Velocitat, cm/s	Avanç/cicle, cm/cicle	B/P, kgs/kg	Amplada, cm
2.5	1052	3	207,0	3	2	2,2	152,83	-9,59	10,1	-17,2	69,5	76,4	-0,083	19,7
2.5	1095	2	207,0	5	2	2,9	111,28	-6,76	7,92	7,17	38,4	55,6	0,035	14,7
2.5	1113	2	240,3	4	2	2,4	144,1	-8,1	11,8	0,0	60,0	72,0	0,000	19,9
2.5	1144	3	173,2	3	1	1,4	87,64	-11,1	8,41	-14,4	62,6	87,6	-0,083	19,5
2.5	1150	2	169,6	5	3	8,7	302,06	-13,6	12	-547	34,7	100,7	-3,226	25,6
2.5	1164	2	154,5	3	2	2	157,68	-8,04	8,96	-47,1	78,8	78,8	-0,305	17,0
2.5	2619	4	230,9	4	2	2,5	153,98	-7	7,04	-202	61,6	77,0	-0,875	14,0
2.5	4158	2	196,6	5	3	4,6	179,93	-10,2	8,73	-149	39,1	60,0	-0,758	18,9
2.5	6081	2	180,0	4	2	2,1	149,54	-6,64	5,75	4,47	71,2	74,8	0,025	12,4
2.6	0565	6	271,5	4	2	3,8	114,04	-7,27	8,22	-235	30,0	57,0	-0,866	15,5
2.6	0816	4	232,0	6	2	2,8	132,89	-10,9	10,7	-14,9	47,5	66,4	-0,064	21,6
2.6	0831	2	216,4	5	2	2,2	151,84	-4,99	4,95	234	69,0	75,9	1,081	9,9
2.6	0832		204,9	4	1	1,3	54,89	-7,8	7,36	0,68	42,2	54,9	0,003	15,2
2.6	1037	3	203,9	3	1	1	90,41	-8,88	11,8	-2,88	90,4	90,4	-0,014	20,7
2.6	1067	3	183,6	5	2	2,5	151,33	-6,33	8,56	-55,9	60,5	75,7	-0,304	14,9
2.6	1081	2	177,9	5	3	4,2	204,8	-8,25	8,2	15,8	48,8	68,3	0,089	16,5
2.6	1096	2	183,6	5	3	6,8	230,53	-9,47	10,2	572	33,9	76,8	3,115	19,7
2.6	1168	2	185,7	4	2	2,4	134,95	-7,36	8,68	108	56,2	67,5	0,582	16,0
2.6	1254	1	178,9	4	2	1,7	126,29	-4,36	3,07	125	74,3	63,1	0,699	7,4
2.6	1256	1	171,6	4	1	1,3	68,2	-10,1	10,3	37,2	52,5	68,2	0,217	20,4
2.6	1257	1	185,7	3	2	3	147,09	-9,67	8,93	51,6	49,0	73,5	0,278	18,6
2.6	1296	1	145,6	2	2	2	172,65	-4,06	7,42	4,47	86,3	86,3	0,031	11,5
2.6	2881	4	228,9	5	2	2,7	106,44	-10,2	11,5	288	39,4	53,2	1,258	21,7
2.7	1038	3	163,8	5	2	2,6	167,28	-6,71	10,4	95,4	64,3	83,6	0,582	17,1
2.7	1048	3	202,8	4	2	2,2	143,31	-13,5	10,2	-38,8	65,1	71,7	-0,191	23,7
2.7	1053	3	206,5	3	2	2,5	104,33	-12	12,4	-22	41,7	52,2	-0,107	24,4
2.7	1088	2	188,3	3	2	2,2	153,09	-11,9	9,53	-127	69,6	76,5	-0,675	21,4
2.7	1124	2	181,5	3	2	2,1	148,29	-8,5	7,26	10,4	70,6	74,1	0,057	15,8
2.7	1162	2	196,6	4	3	3,1	163,52	-12,5	10,1	87,1	52,7	54,5	0,443	22,6
2.7	1388	1	158,1	5	2	2,4	187,13	-7,58	7,28	44,4	78,0	93,6	0,281	14,9
2.8	0622	6	281,9	3	1	1,4	59,08	-8,37	8,05	217	42,2	59,1	0,770	16,4
2.8	0773	5	244,5	4	1	1,7	65,68	-9,08	9,09	-11,4	38,6	65,7	-0,047	18,2
2.8	0811		239,3	4	2	4,2	148,09	-6,16	11,3	-53,3	35,3	74,0	-0,223	17,5
2.8	0811		298,6	3	2	3,8	112,1	-11,9	12,4	1,2	29,5	56,0	0,004	24,3
2.8	0833	4	226,8	5	2	2,3	141,18	-12,3	11,2	-76,1	61,4	70,6	-0,336	23,5
2.8	1051	3	274,6	4	2	3,3	122,15	-15,8	12,9	65,4	37,0	61,1	0,238	28,7
2.8	2321	4	201,8	4	1	1,2	59,42	-5,12	4,26	24,9	49,5	59,4	0,123	9,4

Anàlisi de "Quatre" ("Clúster" a quatre grups) sobre la variable AMPLADA

Taula D3 : Distribució dels residus

Min	1Q	Mediana	3Q	Max
-8,96736	-2,01457	-0,04457	1,67264	10,55093

Taula D4 : Coeficients del model linial resultant del cluster a 4 grups sobre la variable AMPLADA

	Estimate	Std Error	t value	Pr(>|t|)
(Intercept)	23,6446	0,3298	71,686	2,00E-16***
Quatre[T,3]	-4,9572	0,5456	-9,086	2,00E-16***
Quatre[T,4]	-8,0624	0,4652	-17,331	2,00E-16***
Quatre[T,1]	-3,1955	0,5844	-5,468	1,02E-07***

Residual standard error :	3,164	on 277 DF
Multiple R-squared :	0,5263	
Adjusted R-squared	0,5212	
F-statistic:	102,6	on 3 and 277 DF
p-value:	2,20E-16	

Taula D5 : ANOVA (Error Tipus II) del "clúster" sobre La variable AMPLADA

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Quatre	3080,8	3	102,6	2,20E-16***
Residus	2772,4	277		

Taula D6 : Separació de mitjanes de la variable AMPLADA mitjançant contrast de Tukey

Quatre/Amplada	Estimate	Std Error	t value	p value
3/2	-4,9572	0,5456	-9,086	2,00E-16***
4/2	-8,0624	0,4652	-17,331	2,00E-16***
1/2	-3,1955	0,5844	-5,468	1,02E-07***
4/3	-3,1052	0,5445	-5,703	3,02E-08***
1/3	1,7617	0,6493	2,713	0,00708**
1/4	4,8669	0,5834	8,342	3,55E-15***

*Significació : 0,001***, 0,01**, 0,05**

Anàlisi de "Quatre" ("Clúster" a quatre grups) sobre la variable VELO

Taula D7 : Distribució de residus

Min	1Q	Mediana	3Q	Max
-36,041	-8,83	-1,271	9,127	105,023

Taula D8 : Coeficients del model lineal resultant del "clúster" a 4 grups sobre la variable VELO

	Estimate	Std error	t value	Pr(>|t|)
(Intercept)	49,938	1,698	29,41	2e-16***
Quatre[T,3]	4,027	2,809	1,434	0,153
Quatre[T,4]	-2,276	2,395	-0,951	0,343
Quatre[T,1]	42,539	3,009	14,139	2e-16***

Residual standard error :	16,29	on 277 DF
Multiple R-squared :	0,4778	
Adjusted R-squared	0,4721	
F-statistic:	84,48	on 3 and 277 DF
p-value:	2,20E-16	

Taula D9 : ANOVA (Error Tipus II) del "clúster" sobre la variable VELO

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Quatre	67224	3	84,477	2,20E-16***
Residus	73476	277		

Taula D10 : Separació de mitjanes de la variable VELO mitjançant contrast de Tukey

Quatre/Velo	Estimate	Std Error	t value	p value
3/2	4,027	2,809	1,434	0,1527
4/2	-2,276	2,395	-0,951	0,3427
1/2	42,539	3,009	14,139	2e-16***
4/3	-6,303	2,803	-2,249	0,0253*
1/3	38,512	3,343	11,521	2e-16***
1/4	44,816	3,003	14,921	2e-16***

*Significació : 0,001***, 0,01**, 0,05**

Anàlisi de "Quatre" (« Clúster » a quatre grups) sobre la variable AVANÇ/CICLE

Taula D11 : Distribució de residus

Min	1Q	Mediana	3Q	Max
-29,7459	-6,4761	0,4607	5,8648	37,4441

Taula D12 : Coeficients del model lineal resultant del "clúster" a 4 grups sobre la variable AVANÇ/CICLE

	Estimate	Std Error	t value	Pr(>|t|)
(Intercept)	64,326	1,088	59,103	2,00E-16***
Quatre[T,3]	18,394	1,8	10,218	2,00E-16***
Quatre[T,4]	-1,357	1,535	-0,884	0,378
Quatre[T,1]	14,99	1,928	7,773	1,51E-13***

Residual standard error :	10,44	on 277 DF
Multiple R-squared :	0,3965	
Adjusted R-squared	0,3899	
F-statistic:	60,65	on 3 and 277 DF
p-value:	2,20E-16	

Taula D13 : ANOVA (Error Tipus II) del "clúster" sobre la variable AVANÇ/CICLE

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Quatre	19830	3	60,653	2,20E-16***
Residus	30188	277		

Taula D14 : Separació de mitjanes de la variable AVANÇ/CICLE mitjançant contrast de Tukey

Quatre/(Avanç/Cicle)	Estimate	Std Error	t value	p value
3/2	18,394	1,8	10,218	2,00E-16***
4/2	-1,357	1,535	-0,884	0,378
1/2	14,99	1,928	7,773	1,51E-13***
4/3	-19,751	1,797	-10,993	2,00E-16***
1/3	-3,404	2,143	-1,589	0,113
1/4	16,347	1,925	8,491	1,33E-15***

*Significació : 0,001***, 0,01**, 0,05**

Anàlisi de "Quatre" (« Clúster » a quatre grups) sobre la variable B/P

Taula D15 : Distribució de residus

Min	1Q	Mediana	3Q	Max
-3,42963	-0,261939	-0,009528	0,261553	3,064798

Taula D16 : Coeficients del model lineal resultant del "clúster" a 4 grups sobre la variable B/P

	Estimate	Std Error	t value	Pr(>|t|)
(Intercept)	0,06296	0,06327	0,995	0,32054
Quatre[T,3]	0,14069	0,10465	1,344	0,17993
Quatre[T,4]	-0,29968	0,08923	-3,358	0,000894***
Quatre[T,1]	-0,06428	0,1121	-0,573	0,566824

Residual standard error :	0,6069	On 277 DF
Multiple R-squared :	0,0699,	
Adjusted R-squared	0,05983	
F-statistic:	6,94	On 3 and 277 DF
p-value:	0,0001611	

Taula D17 : ANOVA (Error Tipus II) del "clúster" sobre la variable B/P

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Quatre	7,667	3	6,9395	0,0001611***
Residuals	102,01	277		

Taula D18 : Separació de mitjanes de la variable B/P mitjançant contrast de Tukey

Quatre/(B/P)	Estimate	Std. Error	T value	p value
3/2	0,14069	0,10465	1,344	0,17993
4/2	-0,29968	0,08923	-3,358	0,000894***
1/2	-0,06428	0,1121	-0,573	0,566824
4/3	-0,44036	0,10444	-4,216	3,37E-05***
1/3	-0,20497	0,12455	-1,646	0,100966
1/4	0,23539	0,11191	2,103	0,036335*

*Significació : 0,001***, 0,01**, 0,05**